Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics

Online ISSN: 2345-427X
Print ISSN: 2345-4288

The Effect of different levels of galactooligosaccharide prebiotic on growth performance, survival, and some blood biochemical parameters of Binni (*Mesopotamichthys sharpeyi*)

Mostafa Torfi Sabih Zade[1] | Hamid Mohammadiazarm[*2] | Nasim Zanque[3] | Milad Maniat[4]

1. M.Sc. Student, Dept. of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Khuzestan, Iran. E-mail: mostafa_torfi7264@yahoo.com
2. Corresponding Author, Associate Prof., Dept. of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Khuzestan, Iran. E-mail: azarmhamid@gmail.com
3. Assistant Prof., Dept. of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Khuzestan, Iran. E-mail: n_zanguee@yahoo.com
4. Iranian Fisheries Organization, Khorramshahr, Khuzestan, Iran. E-mail: maniatmilad@gmail.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 09.30.2021
Revised: 10.28.2021
Accepted: 11.02.2021

Keywords:
Blood,
Galactooligosaccharide,
Growth,
Mesopotamicgthys sharpeyi,
Prebiotic

ABSTRACT

In this study, the effects of different levels of galactooligasaccharide prebiotics on growth performance, survival, and some blood biochemical parameters of Binni fish, *Mesopotamichthys sharpeyi* was investigated. 240 fish with weight of 12.11 ± 0.1 g were fed in four treatments with three replications including: control group, T1 (1% prebiotic), T2 (2% prebiotic), T3 (3% prebiotic) for 56 days. The results showed that the final weight of fish in T2 was significantly increased compared to the control and the other treatments ($P<0.05$). The feed conversion ratio (FCR) in treatments with prebiotics was significantly improved compared to the control ($P<0.05$). The feed efficiency (FE) increased considerably in the treatments with prebiotics compared to the control group ($P<0.05$). The protein content of fish body in T1 and T2 treatments was significantly higher than the control ($P<0.05$). Also, the lipid content of fish body in T2 was significantly lower than the control group ($P<0.05$). The amounts of protein and albumin in fish plasma increased compared to the control group. Conversely, the amounts of triglyceride, cholesterol, LDL showed significantly reduction in T2 treatment compared to the control group ($P<0.05$). Further, the amount of HDL significantly increased ($P<0.05$). This study showed that the use of galactooligosaccharide up to 20 g per kg diet leads to the improvement of the assayed biological indices.

Cite this article: Torfi Sabih Zade, Mostafa, Mohammadiazarm, Hamid, Zanque, Nasim, Maniat, Milad. 2022. The Effect of different levels of galactooligosaccharide prebiotic on growth performance, survival, and some blood biochemical parameters of Binni (*Mesopotamichthys sharpeyi*). *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 10 (4), 55-68.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/japu.2021.19532.1610
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان

شاپا آنلاین: ۲۳٤٥-٤۲۷X
شاپا چاپی: ۲۳٤٥-٤۲۸۸

اثر سطوح مختلف پری‌بیوتیک گالاکتوالیگوساکارید بر عملکرد رشد، بازماندگی و برخی شاخص‌های بیوشیمیایی خون ماهی بنی (*Mesopotamichthys sharpeyi*)

مصطفی طرفی صبیح‌زاده[۱] | حمید محمدی آذرم*[۲] | نسیم زنگوئی[۳] | میلاد منیعات[٤]

۱. دانشجوی کارشناسی‌ارشد گروه تکثیر و پرورش شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، خوزستان، ایران. رایانامه: mostafa_torfi7264@yahoo.com

۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه تکثیر و پرورش شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، خوزستان، ایران. رایانامه: azarmhamid@gmail.com

۳. استادیار گروه تکثیر و پرورش شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، خوزستان، ایران. رایانامه: n_zanguee@yahoo.com

٤. اداره شیلات و آبزیان خرمشهر، اداره کل شیلات خوزستان. رایانامه: maniatmilad@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۰/۰۷/۰۸
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۰/۰۸/۰٦
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۰۸/۱۱

واژه‌های کلیدی:
بچه‌ماهی بنی،
پری‌بیوتیک،
خون،
رشد،
گالاکتوالیگوساکارید

چکیده

در این مطالعه اثر سطوح مختلف پری‌بیوتیک گالاکتوالیگوساکارید بر عملکرد رشد، بازماندگی و برخی شاخص‌های بیوشیمیایی خون ماهی بنی مورد ارزیابی قرار گرفت. به این منظور تعداد ۲٤۰ قطعه ماهی بنی با میانگین وزن ۰/۱±۱۲/۱۱ در ٤ تیمار با ۳ تکرار شامل شاهد: تغذیه شده با جیره پایه، تیمار ۱: حاوی ده گرم پری‌بیوتیک، تیمار ۲: بیست گرم پری‌بیوتیک، تیمار ۳: سی گرم پری‌بیوتیک در کیلوگرم غذا به مدت ٥٦ روز تغذیه شدند. نتایج نشان داد که وزن نهایی ماهیان در تیمار ۲ به‌صورت معنی‌داری نسبت گروه شاهد و سایر تیمارها افزایش داشت (P<۰/۰٥). ضریب تبدیل غذایی نیز در تیمارهای حاوی پری‌بیوتیک به‌صورت معنی‌داری نسبت به سایر گروه شاهد کاهش یافت (P<۰/۰٥). مقدار کارایی پروتئین در تمامی تیمارهای پری‌بیوتیک نسبت به گروه شاهد افزایش پیدا کرد (P<۰/۰٥). میزان پروتئین لاشه در تیمارهای ۱ و ۲ به‌طور معنی‌داری نسبت به گروه شاهد بیش‌تر بود (P<۰/۰٥). هم‌چنین میزان چربی لاشه در تیمار ۲ به‌طور معنی‌داری نسبت به گروه شاهد کم‌تر بود (P<۰/۰٥). میزان پروتئین، آلبومین و گلوبولین پلاسما در تیمارهای حاوی پری‌بیوتیک نسبت به گروه شاهد افزایش داشت (P<۰/۰٥). از طرفی میزان گلوکز، کلسترول، تری‌گلیسرید و LDL در تیمار ۲ به‌صورت معنی‌داری نسبت به گروه شاهد کاهش پیدا نمود (P<۰/۰٥). در حالی‌که میزان HDL افزایش پیدا کرد (P<۰/۰٥). نتایج این پژوهش نشان داد استفاده از گالاکتوالیگوساکارید تا سطح ۲۰ گرم در کیلوگرم غذا منجر به بهبود شاخص‌های مورد سنجش می‌گردد.

استناد: طرفی صبیح‌زاده، مصطفی، محمدی آذرم، حمید، زنگوئی، نسیم، منیعات، میلاد (۱۴۰۰). اثر سطوح مختلف پری‌بیوتیک گالاکتوالیگوساکارید بر عملکرد رشد، بازماندگی و برخی شاخص‌های بیوشیمیایی خون ماهی بنی (*Mesopotamichthys sharpeyi*). *نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان*، ۱۰ (۴)، ۶۸-۵۵.

DOI: 10.22069/japu.2021.19532.1610

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

© نویسندگان.

مقدمه

پس از معرفی ایده پروبیوتیک که به باکتری‌های پروبیوتیکی یا زیست‌یار به مکمل‌های غذایی میکروبی زنده‌ای گفته می‌شود که تأثیرات سودمندی را بر روی جانور میزبان از طریق ایجاد تغییرات میکروبی در روده ایفا می‌کنند (ورتز، ۲۰۲۱) و مشخص شدن وجود باکتری‌های مفید در دستگاه گوارش، پژوهش‌های بسیاری در این زمینه انجام شده و هم اکنون نیز این روند ادامه دارد (سیس و همکاران، ۲۰۱۸). اما وجود مشکلات و تردیدهای زیادی در این زمینه مانند: غیرقابل تضمین بودن زنده‌مانی پروبیوتیک اضافه شده در دستگاه گوارش و توانایی تحمل شرایط حاکم بر آن و هم‌چنین الزام رقابت پروبیوتیک معرفی شده با میکروفلور موجود در روده و توانایی تثبیت و تشکیل کلنی مؤثر (فوکس و همکاران، ۱۹۹۹؛ ماهیوس، ۲۰۰۵؛ ماهیوس و الویر، ۲۰۰۵) سبب شد تا پژوهش‌گران به فکر ارائه ایده‌های جدید از جمله ایده پری‌بیوتیک در این راستا برآیند.

در این ایده رشد گزینشی باکتری‌های بومی روده همانند باکتری‌های اسید لاکتیک از طریق جیره غذایی مدنظر است (حسینی‌فر و همکاران، ۲۰۱۳؛ علی و همکاران، ۲۰۱۸). پری‌بیوتیک‌ها باعث بهبود و تعادل میکروفلور روده و افزایش مکانیسم دفاعی میزبان می‌شوند (رینگو، ۲۰۱٤). بنابراین اینولین، الیگوفروکتوز، گالاکتوالیگوساکارید و لاکتوز را می‌توان به عنوان پری‌بیوتیک استفاده کرد (محمدیان و همکاران، ۲۰۱۵).

گالاکتوالیگوساکاریدها ترکیبات غیر قابل هضم بر پایه کربوهیدرات می‌باشند و در غلظت کم در شیر انسان و گاو و ماست وجود دارند و نیز از طریق بیوسنتز از لاکتوز به‌دست می‌آیند (یاماشیتا و کوباتا، ۱۹۷٤؛ سایتو و همکاران، ۱۹۷۸). این پری‌بیوتیک‌ها به طور تجاری برای استفاده به عنوان مکمل در صنایع غذایی تولید می‌شود. هم‌چنین این ماده در ارتباط با فلور روده به طور انتخابی عمل می‌کند که می‌تواند جمعیت‌های باکتری‌های اسید لاکتیک را در روده افزایش دهد (حسینی‌فر و روفچایی، ۲۰۱۵) و در نهایت افزایش عملکرد دستگاه گوارش در مقابل غذا می‌شود (رینگو و همکاران، ۲۰۱٤؛ فوکس و گیبسون، ۲۰۰۲). علاوه بر این مهم‌ترین محصول حاصل از متابولیسم پری‌بیوتیک‌ها، اسیدهای چرب زنجیره کوتاه (SCFA) هستند که به عنوان یک منبع انرژی مهم برای میزبان تلقی می‌شوند (دیوید و همکاران، ۱۹۹۹؛ ماهیوس و الویر، ۲۰۰۵). همچنین تولید اسیدهای چرب زنجیره کوتاه مانند استات، پروپیونات و بوتیرات و اسید لاکتیک ناشی از تخمیر پری‌بیوتیک، منجر به کاهش pH روده می‌شود که شرایط مناسب برای رشد باکتری‌های اسید لاکتیک را فراهم می‌کند (شلی، ۲۰۰۲).

در این راستا برخی مطالعات نشان داده است که استفاده از پری‌بیوتیک گالاکتوالیگوساکارید در برخی گونه‌های آبزیان منجر به بهبود پاسخ ایمنی، مقاومت در برابر استرس، فعالیت آنزیم‌های گوارشی و عملکرد رشد می‌گردد (مختاری و همکاران، ۲۰۱٦؛ علی و همکاران، ۲۰۱٦؛ حسینی‌فر و همکاران، ۲۰۱٦). اما به‌طورکلی مطالعات بسیار کمی از عملکرد گالاکتوالیگوساکارید در موجودات آبزی در دسترس است (مختاری و همکاران، ۲۰۱٦؛ حسینی‌فر و همکاران، ۲۰۱۳؛ گریسدیل هلند و همکاران، ۲۰۰۸).

هم‌چنین ماهی بنی با نام علمی (Gunther, 1874) *Mesopotamichthys sharpeyi* از خانواده کپورماهیان و جنس باربوس ماهیان می‌باشد (کاد، ۱۹۹٦). محل زیست ماهی بنی در کشورهای سوریه، عراق، حوزه آبریز دجله، ترکیه، ایران، رودخانه نیل و دریاچه ویکتوریا و آلبرت و دریاچه ناصر در کشور مصر گزارش شده است (هاشم و ال-آگامی، ۱۹۷۷). در ایران در منابع آبی غرب و جنوب غرب ایران به ویژه

در آب‌های استان خوزستان وجود دارد که از ارزش اقتصادی بالایی برای پرورش در بین ماهیان بومی و هم‌چنین صادرات برخوردار است (بساک کاهکش و همکاران، ۲۰۱۰). اما عدم دسترسی به جیره‌های غذایی اختصاصی جهت پرورش این گونه منجر به کاهش سرعت رشد در این گونه ماهی شده است. بنابراین از آن‌جایی که تاکنون پژوهشی در زمینه استفاده از پری‌بیوتیک گالاکتوالیگوساکارید بر بچه‌ماهی بنی صورت نگرفته است هدف از این مطالعه یافتن مقدار بهینه پری‌بیوتیک گالاکتوالیگوساکارید به جهت بهبود رشد، تغذیه و ارتقا سلامتی ماهی از طریق ارزیابی شاخص‌های بیوشیمیایی خون بچه‌ماهی بنی بوده است.

مواد و روش‌ها

تهیه بچه‌ماهی و نحوه انجام آزمایش: به منظور انجام آزمایش بچه‌ماهیان بنی از شرکت پرورش ماهی شلمچه خرمشهر واقع در مجتمع فاز یک پرورش ماهیان گرمابی شهید احمدیان خریداری شده و با استفاده از مخزن مخصوص حمل و نقل ماهی به محل انجام پژوهش منتقل شدند. در ابتدا ماهیان از لحاظ وضعیت ظاهری مورد بررسی قرار گرفته و پس از حمام در آب نمک، به مدت دو هفته جهت استرس‌های ناشی از حمل و نقل و ایجاد شرایط سازگاری با محیط جدید، در آکواریوم‌های ۱۵۰ لیتری نگهداری شدند. در این مدت ماهیان روزانه در دو نوبت (ساعات ۸:۳۰ و ۱۵:۳۰) تا حد سیری تغذیه شدند.

پس از سازگاری با شرایط آزمایشگاهی تعداد ۲٤۰ قطعه ماهی با وزن تقریبی یکسان ۰/۱±۱۲/۱۱ به‌طور کاملاً تصادفی در ۱۲ عدد آکواریوم با حجم آبگیری تقریبی ۱۵۰ لیتر (۲۰ قطعه ماهی به ازای هر آکواریوم) تقسیم شدند. آکواریوم ها قبل از آبگیری به‌وسیله هیپوکلریت سدیم ضدعفونی و سپس با استفاده از آب شیرین شست‌وشو شدند. هم‌چنین برای آبگیری آکواریوم‌ها در طول دوره آزمایش از آب شهری کلرزدایی شده با حداقل ۲٤ ساعت ماندگاری و هوادهی مستمر استفاده شد. به منظور تأمین اکسیژن مورد نیاز ماهیان، درون هر آکواریوم یک عدد سنگ هوا متصل به هوادهی مرکزی قرار داده شد. پمپ هواده و سنگ هوا جهت هوادهی مطلوب در حد اشباع در تمام مدت دوره به طور مستمر فعال بود.

تیمارهای مورد استفاده در پژوهش حاضر شامل ٤ جیره غذایی تجاری با سه تکرار برای هر تیمار در طی یک دوره ۸ هفته‌ای به شرح زیر بودند.

تیماراول (شاهد): جیره غذایی پایه بدون افزودن پری‌بیوتیک

تیمار دوم: جیره غذایی پایه حاوی ۱۰ گرم پری‌بیوتیک گالاکتوالیگوساکارید به ازای کیلوگرم غذا

تیمار سوم: جیره غذایی پایه حاوی ۲۰ گرم پری‌بیوتیک گالاکتوالیگوساکارید به ازای کیلوگرم غذا

تیمار چهارم: جیره غذایی پایه حاوی ۳۰ گرم پری‌بیوتیک گالاکتوالیگوساکارید به ازای کیلوگرم غذا

تهیه جیره غذایی: در این مطالعه از غذای تجاری شرکت فرادانه (شهرکرد، ایران) به عنوان جیره پایه حاوی ۳۸-۳۵ درصد پروتئین، ۸-٤ درصد چربی، ۱۱-۵ درصد رطوبت و ۱۱-۷ درصد خاکستر می‌باشد. در این پژوهش اضافه کردن پری‌بیوتیک به روش اسپری کردن در سطح غذا انجام شد (مختاری و همکاران، ۲۰۱٦). به این منظور پس از افزودن ۲ گرم پودر ژلاتین به ۱۰۰ سی‌سی آب ولرم و حل شدن کامل ژلاتین در آب، پس از سرد شدن آب، مقادیر مورد نیاز پری‌بیوتیک که از قبل توزین و آماده شده بود، به محلول آب و پودر ژلاتین اضافه گردید و در نهایت این محلول بر سطح غذای تجاری اسپری شد. جیره‌های غذایی تهیه شده در دمای معمولی

آزمایشگاه به مدت ۲٤ ساعت خشک و سپس در کیسه‌های پلاستیکی بسته‌بندی و در یخچال ٤ درجه سانتی‌گراد تا زمان مصرف نگهداری گردید. به‌صورت روزانه غذای مورد نیاز از یخچال خارج می‌گردید.

در طول دوره آزمایش، تغذیه ماهیان براساس روش سیری و به صورت دستی در دو نوبت صبح و بعد از ظهر (ساعات ۸:۳۰ و ۱۵:۳۰) انجام شد. در طول مدت غذادهی، به منظور توزیع یکسان غذا، کاهش تلاطم آب و افزایش ماندگاری غذا در آب، هوادهی در آکواریوم‌ها قطع می‌گردید. سپس میزان غذای هر وعده برای هر آکواریوم با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شده و در هر آکواریوم توزیع می‌شد. پس از گذشت زمان ۳۰ دقیقه بعد از هر وعده غذادهی، مقدار غذای باقی‌مانده با روش سیفون کردن خارج، محاسبه و ثبت می‌گردید. بر این اساس پیش از غذادهی، میانگین وزن قطعات غذا محاسبه شده و تعداد قطعاتی که پس از غذادهی در مخزن باقی می‌ماند و توسط ماهی خورده نمی‌شد، شمارش شده و در میانگین وزن قطعات ضرب و مقدار غذای باقی‌مانده محاسبه گردید.

پارامترهای آب شامل درجه حرارت، اکسیژن محلول و pH به صورت روزانه اندازه‌گیری و ثبت می‌شد. در طول دوره آزمایش، میانگین دمای آب ۲٦/۲۲±۰/٦۸ درجه سانتی‌گراد، میانگین pH ۷/۱۱±۰/۳۱ و میانگین اکسیژن محلول ۷/٦۵±۰/٤۱ میلی‌گرم در لیتر ثبت گردید.

در پایان دوره آزمایش تمامی ماهیان هر تکرار تیمار پس از بیهوشی کامل با محلول پودر گل میخک (۲۰۰ میلی‌گرم به ازای هر یک لیتر آب) وزن شدند. در ادامه شاخص‌های رشد و تغذیه شامل افزایش وزن، درصد افزایش وزن، ضریب رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی، کارایی غذا، غذای دریافتی روزانه، پروتئین دریافتی روزانه، نرخ بازده پروتئین و میزان بازماندگی بر اساس رابطه‌های زیر محاسبه شدند (ژو و همکاران، ۲۰۱۰):

	عنوان معادله	فرمول
۱	درصد افزایش وزن بدن = WG %	۱۰۰× وزن اولیه / (وزن اولیه – وزن نهایی)
۲	ضریب رشد ویژه= SGR	۱۰۰× دوره پرورش به روز / (وزن اولیه Ln – وزن نهایی Ln)
۳	ضریب تبدیل غذایی=FCR	افزایش وزن بدن(گرم)/ مقدار غذای خورده شده(گرم)
٤	کارایی غذا= FE	۱۰۰×کل غذای خورده شده بر اساس وزن خشک / وزن تر به‌دست آمده
۵	غذا یا پروتئین دریافتی روزانه=DFI or DPI	دوره پرورش به روز× [۲/(وزن اولیه ماهیان+وزن نهایی ماهیان+ وزن ماهیان مرده گرم)]/[۱۰۰×مقدار غذا یا پروتئین خورده شده(گرم)]
٦	نرخ بازده پروتئین= PER	پروتئین مصرفی (گرم) / وزن تر به دست آمده ماهیان (گرم)
۷	درصد بازماندگی	۱۰۰× تعداد اولیه ماهیان/ تعداد ماهیان باقی مانده = بازماندگی

سنجش ترکیب بیوشیمیایی بدن: در پایان دوره آزمایشی جهت ارزیابی ترکیبات بیوشمیایی بدن، تعداد ۵ قطعه ماهی از هر تکرار (۱۵ قطعه ماهی از هر تیمار) به طور تصادفی از آکواریوم‌ها خارج و تا زمان انجام آنالیزها در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. آنالیز تقریبی ترکیبات بیوشیمیایی نهایی بدن با استفاده از روش‌های استاندارد (AOAC، ۱۹۹۵) انجام شد.

بنابراین مقدار رطوبت درون نمونه‌ها با استفاده از آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲٤ ساعت مورد سنجش قرار گرفت. میزان پروتئین بدن ماهیان براساس روش کجلدال و با استفاده از دستگاه کجلدال اتوماتیک (مدل TM2300، شرکت Foss، سوئد) تعیین گردید. هم‌چنین میزان چربی نمونه‌های ماهی، با استفاده از دستگاه سوکسله (مدل TM8000، شرکت Foss، سوئد) مورد سنجش قرار گرفت. در ادامه به‌منظور سنجش مقدار خاکستر، نمونه‌ها به مدت ٦ ساعت در یک کوره الکتریکی با دمای تقریبی ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد سوزانده شدند.

نمونه‌گیری خونی: در پایان دوره آزمایش، به منظور ارزیابی فاکتورهای خونی، تعداد ۹ قطعه ماهی از هر تیمار به صورت کاملاً تصادفی انتخاب شده و به‌وسیله محلول پودر گل میخک بیهوش شدند. در ادامه خون‌گیری از طریق ساقه دمی و با استفاده از سرنگ‌های هپارینه انجام گردید. برای بررسی پارامترهای بیوشیمیایی خون را سانتریفیوژ کرده و پلاسمای آن از سلول‌های خونی جدا گشت. سپس پلاسما در دمای منفی ۲۰ درجه سانتی‌گراد جهت آزمایش‌های بیوشیمیایی خون نگهداری شد.

سنجش پارامترهای بیوشیمیایی پلاسما: پارامترهای بیوشیمیایی پلاسما خون در این مطالعه شامل گلوکز، کلسترول، تری‌گلیسرید، پروتئین، آلبومین، لیپوپروتئین پرچگالی[1]، لیپوپروتئین کم چگالی[2] به وسیله دستگاه بیوشیمی اتوآنالایزر با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی پارس آزمون (کرج، ایران) به شرح روش‌های ذکر شده در دستورالعمل کیت‌های آزمایشی شامل گلوکز اکسیداز به روش آنزیمی برای گلوکز، روش کلسترول اکسیداز به روش آنزیمی برای کلسترول، گلیسروفسفات دهیدروژناز به روش آنزیمی برای تری‌گلیسیرید مورد سنجش قرار گرفت. هم‌چنین پروتئین تام به روش بیوره (گورنال، ۱۹۹٤) و آلبومین به روش اتصال به رنگ با استفاده از رنگ برم کرزول سبز مورد سنجش قرار گرفت (رازقی منصور و همکاران، ۲۰۱۲). قبل از اندازه‌گیری فاکتورهای مورد نظر به منظور بالابردن دقت و صحت نتایج، دستگاه اتوآنالایزر به وسیله کالیبراتور TruCal U و سپس با استفاده از کنترل‌های TruLab P و TruLab N ساخت شرکت پارس آزمون قبل از انجام آزمایش و در طول انجام آزمایش کنترل گردید. برای به دست آوردن میزان گلوبولین نیز، مقادیر آلبومین از پروتئین کسر گردید.

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها: از روش آنالیز واریانس یک طرفه و پس آزمون دانکن جهت مقایسه بین تیمارها استفاده شد. نرمال بودن داده‌ها به وسیله آزمون Shapiro-Wilk مورد بررسی قرار گرفت. هم‌چنین همگن بودن واریانس‌ها نیز با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف بررسی گردید. آزمون‌ها در محیط نرم‌افزار SPSS V19 انجام گردید. نتایج به‌صورت میانگین ± خطای استاندارد (Mean ± S.E) بیان گردید.

نتایج

نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای در جدول ۱ آمده است. نتایج حاصل از این

1- High Density Lipoprotein (HDL)
2- Low Density Lipoprotein (LDL)

مطالعه نشان داد که وزن نهایی ماهیان در تیمار ۲ درصد به صورت معنی‌داری نسبت گروه شاهد و سایر گروه‌های آزمایشی افزایش داشت که به دنبال آن میزان افزایش وزن (درصد) و ضریب رشد ویژه نیز در این تیمار به‌صورت معنی‌دار افزایش داشت (P<۰/۰۵). هم‌چنین وزن نهایی، افزایش وزن (درصد) و ضریب رشد ویژه در تیمارهای ۱ و ۳ درصد نیز نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری داشتند (P<۰/۰۵) اما میزان آن‌ها از تیمار ۲ درصد به‌صورت معنی‌داری کم‌تر بود (P<۰/۰۵). ضریب تبدیل غذایی نیز در تیمارهای حاوی پری‌بیوتیک به‌صورت معنی‌داری نسبت به سایر گروه شاهد کاهش معنی‌داری نشان داد (P<۰/۰۵). کارایی غذا در تیمار ۲ درصد نسبت به گروه شاهد افزایش معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵). هم‌چنین میزان غذای روزانه دریافتی و پروتئین روزانه دریافتی در تیمار ۲ درصد که دارای بیش‌ترین درصد افزایش وزن بود به‌صورت معنی‌داری نسبت به گروه شاهد بیش‌تر شد (P<۰/۰۵). میزان کارایی پروتئین در تمامی جیره‌های غذایی حاوی پری‌بیوتیک نسبت به گروه شاهد افزایش پیدا کرد که در تیمار ۲ درصد نسبت به گروه شاهد افزایش معنی‌داری داشت (P<۰/۰۵). هم‌چنین میزان بازماندگی تفاوت معنی‌داری در بین تیمارهای مختلف آزمایشی نداشت (P>۰/۰۵).

جدول ۱- شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای در بچه‌ماهیان بنی تغذیه شده با سطوح مختلف پری‌بیوتیک پس از ۸ هفته.

شاخص	تیمارهای آزمایشی			
	شاهد	۱	۲	۳
وزن نهایی (گرم)	۱۷/۱۵±۰/۲۲^{a}	۲۰/۰۶±۰/۷۹^{b}	۲۲/۸۹±۰/۶۳^{c}	۱۹/۸۰±۰/۶۸^{b}
افزایش وزن بدن (درصد)	٤۱/٦۳±۰/۸۰^{a}	٦٥/۳۰±٥/٥۳^{b}	۸۹/۱۳±۳/۹۷^{c}	٦۳/۱۰±٤/٦٦^{b}
ضریب رشد ویژه (SGR)	۰/٦۲±۰/۰۱^{a}	۰/۸۹±۰/۰٦^{b}	۱/۱۳±۰/۰۳^{c}	۰/۸۷±۰/۰٥^{b}
ضریب تبدیل غذایی (FCR)	۲/۰۸±۰/۳۳^{b}	۱/۷۹±۰/۱۹^{a}	۱/٦٥±۰/۱۳^{a}	۱/٦۱±۰/۰۸^{a}
کارایی غذا (FE)	٤۸/۷۳±۷/۷۱^{a}	٥٦/۳۳±٦/٤٥^{ab}	٦۰/۹۰±٤/۸٤^{b}	٦۲/۱۳±۳/۲۸^{ab}
غذای روزانه دریافتی (DFI)	۱/۰۷±۰/۰٤^{a}	۱/۳٤±۰/۱۰^{ab}	۱/۷۰±۰/۰٦^{b}	۱/۲۸±۰/۰۸^{a}
پروتئین روزانه دریافتی (DPI)	۰/۳۷±۰/۰۲^{a}	۰/٤۷±۰/۰۳^{b}	۰/٥۹±۰/۰٥^{c}	۰/٤٥±۰/۰۲^{b}
کارایی پروتئین (PER)	۱/۳۹±۰/۲۱^{a}	۱/٦۱±۰/۱۸^{ab}	۱/۷٤±۰/۱۳^{b}	۱/۷۱±۰/۰۹^{b}
بازماندگی (درصد)	۹٥/۰۰±٥/۰۰^{ns}	۹۳/۳۳±٥/۷۷	۹٦/٦٦±٥/۷۷	۹٦/٦٦±۲/۸۸

حروف انگلیسی کوچک غیرمشابه در هر ردیف، بیانگر اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ است. (میانگین±خطای استاندارد).

ترکیبات بیوشیمیایی بدن: ارزیابی ترکیبات بیوشیمیایی بدن ماهیان تغذیه شده با پری‌بیوتیک در جدول ۲ آمده است. همان‌طور که مشاهده شده بود میزان پروتئین در تیمارهای ۱ و ۲ نسبت به گروه شاهد و تیمار ۳ به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد (P<۰/۰۵). هم‌چنین میزان چربی لاشه در تیمار ۲ و ۳ به طور معنی‌داری نسبت به گروه شاهد کاهش پیدا نمود (P<۰/۰۵). هم‌چنین در بین گروه‌های آزمایشی اختلاف معنی‌داری از نظر میزان رطوبت و خاکستر مشاهده نشد (P>۰/۰۵).

جدول ۲- آنالیز ترکیبات بیوشیمیایی بدن بچه‌ماهیان بنی تغذیه شده با سطوح مختلف پری‌بیوتیک پس از ۸ هفته (درصد وزن تر).

شاخص	تیمارهای آزمایشی			
	شاهد	۱	۲	۳
پروتئین	۱٤/٥٦±۰/۲٥^{a}	۱٥/۲۲±۰/۱۱^{b}	۱٥/٤۱±۰/۱٦^{b}	۱٤/۷۰±۰/۱۸^{a}
رطوبت	۷۲/۲۷±۱/۲۹$^{n.s}$	۷۱/٥٥±۲/۸۷	۷۱/۳۱±۲/۱۰	۷۱/٤۳±۳/۸۷
چربی	۸/٦۸±۰/۲۱^{bc}	۸/۱۳±۰/۱۱^{ab}	۸/۰۱±۰/۱۰^{a}	۸/۸۱±۰/۳۱^{c}
خاکستر	۳/٦۹±۰/۳۰$^{n.s}$	۳/۷٤±۰/۲٥	۳/٦۸±۰/۲۱	۳/۷۸±۰/۲٤

حروف انگلیسی کوچک غیرمشابه در هر ردیف، بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰٥ است (میانگین ± خطای استاندارد).

شاخص‌های بیوشیمیایی پلاسما خون: نتایج حاصل از ارزیابی فاکتورهای بیوشیمیایی پلاسما خون ماهیان بنی در این مطالعه در جدول ۳ آمده است. میزان پروتئین و آلبومین در تیمار حاوی پری‌بیوتیک نسبت به گروه شاهد افزایش داشت (P<۰/۰٥). در تیمار ۱ و ۲ این افزایش معنی‌دار بوده، اما در تیمار ۳ اختلاف معنی‌داری با گروه شاهد مشاهده نگردید (P>۰/۰٥). مقدار گلوبولین در تیمار ۲ به طور معنی‌داری بیش‌تر از گروه شاهد بود (P<۰/۰٥). نتایج ارزیابی گلوکز بیانگر کاهش معنی‌دار میزان گلوکز در تیمار ۲ نسبت به گروه شاهد و سایر گروه‌های آزمایشی بود (P<۰/۰٥). میزان کلسترول در تیمار ۲ به صورت معنی‌داری نسبت به گروه شاهد کاهش پیدا نمود (P<۰/۰٥). هم‌چنین میزان تری‌گلیسرید نیز در تیمارهای ۱ و ۲ نسبت به گروه شاهد کاهش پیدا کرد (P<۰/۰٥). میزان HDL نیز در تیمارهای حاوی پری‌بیوتیک به‌صورت معنی‌داری نسبت به گروه شاهد افزایش پیدا کرد (P<۰/۰٥). اما میزان LDL در تیمارهای حاوی پری‌بیوتیک به گروه شاهد کاهش معنی‌داری یافت (P<۰/۰٥).

جدول ۳- فاکتورهای بیوشیمیایی پلاسما خون بچه‌ماهیان بنی تغذیه شده با سطوح مختلف پری‌بیوتیک پس از ۸ هفته.

شاخص	تیمارهای آزمایشی			
	شاهد	۱	۲	۳
پروتئین (g/dl)	٤/۲٥±۰/۱۰^{a}	٤/٤٥±۰/۱٦^{b}	٤/٦۹±۰/۱۸^{b}	٤/۳۳±۰/۲٤^{ab}
آلبومین (g/dl)	۱/۱۳±۰/۰۹^{a}	۱/۲۳±۰/۰۸^{b}	۱/۳٦±۰/۱٤^{b}	۱/۱٥±۰/۱۱^{ab}
گلوبولین (g/dl)	۳/۱۲±۰/۰۸^{a}	۳/۲۱±۰/۰۷^{ab}	۳/۳۲±۰/۱۰^{b}	۳/۱۸±۰/۱۲^{ab}
گلوکز (mg/dl)	۷۳/۷۳±۱/۱۹^{c}	۷۰/٤۳±۱/٦۱^{bc}	٦۸/۱٦±۰/۹۸^{a}	۷۲/۷۹±۲/٤۷^{c}
کلسترول (mg/dl)	۱۱۸/٥±۸/۲٥^{b}	۱۰۷/۱±۷/۱۲^{b}	۱۰٤/٦±٦/۱۱^{a}	۱۱۱/٦±٤/۹۸^{ab}
تری‌گلیسرید (mg/dl)	۲۰٤/۸±۷/۳٦^{b}	۱۷۹/۸±۱۰/٥۰^{a}	۱۷٦/۳±۱۱/٥٦^{a}	۱۸۷/۳±۱٤/۲۷^{ab}
HDL (mg/dl)	۲۸/۸٦±۰/٥٤^{a}	۳۱/۱٦±۰/۸٦^{bc}	۳۱/۷٦±۰/٦۱^{c}	۳۰/٥۰±۰/۱۷^{b}
LDL (mg/dl)	٤٤/٦٦±۰/۲۳^{c}	۳۷/۱٦±۰/۱٥^{a}	۳۷/۰۱±۰/۳۰^{a}	٤۰/٤٦±۰/۱٥^{b}

حروف انگلیسی کوچک غیرمشابه در هر ردیف، بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح ۰/۰٥ است (میانگین ± خطای استاندارد).

بحث و نتیجه‌گیری

در مطالعه حاضر افزودن گالاکتوالیگوساکارید به جیره غذایی بچه‌ماهی بنی در سطح ۲۰ گرم در کیلوگرم غذا تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای داشت. برخی مطالعات در تطابق با آزمایش مربوطه نشان‌دهنده تأثیر مثبت پری‌بیوتیک گالاکتوالیگوساکارید بر برخی گونه‌های ماهیان بوده است. برای مثال مختاری و همکاران (۲۰۱٦) بیان کردند که استفاده از پری‌بیوتیک گالاکتوالیگوساکارید در جیره غذایی ماهی گورامی سه خال (*Trichogaster trichopterus*) می‌تواند منجر به افزایش معنی‌دار شاخص‌های رشد و تغذیه گردد. در مطالعه صحرایی و همکاران (۲۰۱۹) بیان شده است پری‌بیوتیک گالاکتوالیگوساکارید می‌تواند به عنوان یک محرک رشد و تغذیه در جیره غذایی ماهی قرمز (*Carassius auratus gibelio*) استفاده شود.

هم‌چنین در ارتباط با مقدار بهینه گالاکتوالیگوساکارید مصرفی در جیره غذایی نتایج این آزمایش در تطابق با مطالعه علی و همکاران (۲۰۱٦) بوده که بیان شده لارو قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه‌شده با گالاکتوالیگوساکارید به مقدار ۲۰ در کیلوگرم جیره غذایی، دارای شاخص‌های رشد (وزن نهایی، افزایش وزن به‌دست آمده، ضریب رشد ویژه) و شاخص‌های تغذیه‌ای (ضریب تبدیل غذایی و نسبت بازده پروتئین) بهتری نسبت به گروه شاهد بودند. علاوه بر این حسینی‌فر و همکاران (۲۰۱٦) نشان دادند که استفاده از سطوح متفاوت گالاکتوالیگوساکارید از ۱۰ تا ۳۰ گرم در کیلوگرم جیره غذایی ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) منجر به بهبود شاخص‌های رشد و تغذیه می‌گردد.

در این ارتباط بیان شده است که افزایش رشد احتمالاً به دلیل نقش پری‌بیوتیک در تقویت رشد باکتری‌های پروبیوتیکی درون‌زاد همانند لاکتوباسیل‌ها و ممانعت از تشکیل کلنی باکتری‌های بیماری‌زا می‌باشد (حسینی‌فر و روفچایی، ۲۰۱٤) به گونه‌ای که باکتری‌های ساکن روده قادرند به‌طور انتخابی پری‌بیوتیک‌ها را تخمیر کنند، در نتیجه تخمیر قندهای موجود در روده سبب افزایش انرژی و رشد این باکتری‌ها می‌شود. در این خصوص در مطالعات انجام شده توسط حسینی‌فر و همکاران (۲۰۱۳) مشاهده گردیده است که گالاکتوالیگوساکارید با افزایش باکتری‌های لاکتیک اسید باعث افزایش رشد و افزایش تحمل استرس و تعدیل میکروبیوت رودهای در نوزاد ماهی کلمه (*Rutilus rutilus*) می‌شود.

هم‌چنین افزایش در شاخص‌های رشد را نیز می‌توان به کاهش pH روده در نتیجه تخمیر پری‌بیوتیک و تولید اسید دانست که از فعالیت باکتری‌های بیماری‌زا و مضر در میزبان ممانعت کرده و نیز سبب جذب مواد معدنی می‌شود (رینگو و همکاران، ۲۰۱۰). علاوه بر این بیان شده است که در نتیجه تخمیر پری‌بیوتیک‌ها، اسیدهای چرب کوتاه زنجیر تولید می‌شود که متابولیسم چربی را بهبود بخشیده و استفاده بهتر از جیره را سبب می‌شود (یوسفی و همکاران، ۲۰۱۷). هم‌چنین صحرایی و همکاران، در سال ۲۰۱۹ بیان کرده‌اند که استفاده از پری‌بیوتیک گالاکتوالیگوساکارید در جیره غذایی ماهی قرمز منجر به افزایش سطح جذب روده و افزایش نسبی شاخص‌های رشد می‌شود.

نتایج پژوهش حاضر نشان داد، که میزان پروتئین و چربی بدن ماهیان در نتیجه استفاده از پری‌بیوتیک گالاکتوالیگوساکارید در تیمارهای آزمایشی در مقایسه با شاهد بهبود می‌یابند. در این راستا بیان شده است که پری‌بیوتیک‌ها احتمالا با تأثیر بر باکتری‌های مفید روده باعث افزایش حجم باکتری‌های مفید روده شده و در نهایت با افزایش قابلیت هضم‌پذیری برخی از ترکیبات مفید بر ترکیبات بدن نیز تأثیرگذار خواهند بود (صابریان جویباری و همکاران، ۲۰۱۷).

در مطالعه گریسدیل- هلند و همکاران (۲۰۰۸)، با افزودن سه نوع پری‌بیوتیک مانان‌الیگوساکارید، فروکتوالیگوساکارید و گالاکتوالیگوساکارید به میزان ۱۰ گرم در هر کیلوگرم جیره غذایی آزادماهی اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) اختلاف معنی‌داری را در میزان پروتئین و چربی لاشه مشاهده نکردند که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی نداشت. به طور کلی در ارتباط با اثرات پری‌بیوتیک‌ها در جیره غذایی ماهیان پژوهش‌های متفاوتی صورت گرفته که نتایج مختلف و متضادی دارند. بعضی از مطالعات نشان می‌دهند که استفاده از پری‌بیوتیک‌ها موجب افزایش میزان پروتئین بدن بوده (ییلماز و همکاران، ۲۰۰۷) و در مواردی دیگر بی‌اثر می‌باشند (اکرمی و همکاران، ۲۰۰۹). بنابراین علت اختلاف در نتایج را می‌توان به نوع، اندازه و سن گونه پرورشی و هم‌چنین طول دوره پرورشی، شرایط محیطی و بهداشتی، رفتارشناسی تغذیه‌ای، خصوصیات فیزیولوژیک موجود، نوع مواد تشکیل‌دهنده جیره غذایی و کمیت و کیفیت آن‌ها، ترکیب جیره غذایی، نوع پری‌بیوتیک مورد استفاده، میزان درجه خلوص و سطح مورد استفاده آن در جیره غذایی، نحوه افزودن پری‌بیوتیک به جیره غذایی و حتی فلور میکروبی روده ماهی که قادر به استفاده از آن به عنوان سوبسترا هستند، نسبت داد (جویباری و همکاران، ۲۰۱۷) که از بین عوامل ذکر شده نوع گونه پرورشی دارای اهمیت می‌باشد.

بررسی اثر سطوح مختلف گالاکتوالیگوساکارید بر شاخص‌های بیوشیمیایی سرم خون نشان‌دهنده افزایش معنی‌داری در مقدار پروتئین کل در تیمارهای ۱ و ۲ در مقایسه با تیمار شاهد بود. هم‌چنین در مطالعه حاضر بیش‌ترین افزایش معنی‌دار گلوبولین و آلبومین در تیمار ۲ در مقایسه با گروه شاهد مشاهده شد.

در این راستا، مطالعات یوسفی و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد که استفاده از ۲ درصد پربیوتیک گالاکتوالیگوساکارید در جیره غذایی ماهی دانیو گورخری (*Danio rerio*) منجر به افزایش میزان پروتئین کل می‌شود. علاوه بر این علی و همکاران (۲۰۱٦) بیان کردند که استفاده از ۲۰ تا ۳۰ گرم گالاکتوالیگوساکارید در جیره غذایی لارو قزل‌آلای رنگین‌کمان منجر به افزایش معنی‌دار پروتئین کل، گلوبولین و آلبومین می‌شود.

در مطالعه لطفان و همکاران (۲۰۱۰) که به بررسی اثر سطوح مختلف پری‌بیوتیک فرمکتو و ایمونووال بر متابولیت‌های خونی همانند پروتئین، آلبومین و خاکستر استخوان در تغذیه جوجه‌های گوشتی پرداختند، بیان شده است که پری‌بیوتیک‌ها با افزایش باکتری‌های مفید روده، می‌تواند موجب افزایش جذب پروتئین از روده و هم‌چنین مواد معدنی به خصوص کلسیم و فسفر می‌شود که به دنبال آن مقدار آلبومین افزایش می‌یابد. علاوه بر این بیان شده است پروتئین کل و آلبومین خون می‌تواند وضعیت تغذیه‌ای و سلامت ماهیان را به تصویر بکشد (مختاری و همکارن، ۲۰۱٦).

هم‌چنین مختاری و همکاران (۲۰۱٦) بیان داشتند که سطح بالای پروتئین و گلوبولین خون نشان‌دهنده بالا بودن ایمنی در آبزی باشد. افزایش سطح گلوبولین می‌تواند ناشی از تحریک لکوسیت‌ها به‌ویژه لنفوسیت‌ها و ترشح ایمونوگلوبولین‌ها باشد که بیش‌ترین میزان گلوبولین‌های خون را به خود اختصاص می‌دهند.

در مطالعه حاضر مشاهده شد که سطوح مختلف پری‌بیوتیک گالاکتوالیگوساکارید به‌طور معنی‌داری منجر به کاهش مقدار تری‌گلیسرید، کلسترول، گلوکز و LDL در سرم خون ماهیان تغذیه شده در مقایسه با شاهد شده است. اما مقدار HDL افزایش معنی‌داری را پیدا کرده است. در تطابق با نتایج این آزمایش، نتایج سایر پژوهش‌ها نشان می‌دهد که اضافه کردن پری‌بیوتیک‌ها به جیره جاندران منجر به کاهش

کلسترول، تری‌گلیسرید و لیپوپروتئین‌های کم چگال و هم‌چنین افزایش لیپوپروتئین‌های پر چگال می‌شود (گرگری و همکاران، ۲۰۱۳).

در خصوص کاهش کلسترول توسط پری‌بیوتیک‌ها، مکانیسم‌های متفاوتی پیشنهاد شده است. برای مثال بیان شده است که اثرات مفید پری‌بیوتیک‌ها بر روی الگوی لیپیدی سرم از طریق اسیدهای چرب کوتاه زنجیره می‌باشد که طی تخمیر توسط پری‌بیوتیک‌ها در دستگاه گوارش تولید می‌شوند. بوتیرات از سنتز کلسترول در کبد جلوگیری می‌کند و منبع خوبی از انرژی، برای سلول‌های پوششی روده را فراهم می‌کند (دمینی و همکاران، ۱۹۹۵). هم‌چنین پروپیونات احتمالاً با کاهش استفاده از استات به عنوان پیش‌ساز جهت سنتز کلسترول، سرعت سنتز کلسترول در کبد کاهش می‌دهد (دلزن و کوک، ۱۹۹۹).

علاوه بر این بیان شده است که که مصرف پری‌بیوتیک‌ها سبب افزایش رشد باکتری‌های اسید لاکتیک در دستگاه گوارش می‌گردند (حسینی‌فر و روفچایی، ۲۰۱۵). این میکروارگانیسم‌ها با غیر مزدوج ساختن نمک‌های صفراوی، قابلیت جذب آن‌ها را در روده کاهش می‌دهند. در نتیجه بخش زیادی از نمک‌های صفراوی به شکل مدفوع از بدن خارج می‌شوند. به دنبال این فرایند با افزایش نیاز تبدیل کلسترول به اسیدهای صفراوی در کبد از غلظت کلسترول سرم خون کاسته می‌شود (اوویی و لیونگ، ۲۰۱۰). هم‌چنین گزارش شده است که کاهش سنتز داخلی کلسترول سبب افزایش تظاهر گیرنده‌های LDL در سلول‌های کبدی و در نتیجه افزایش جذب آن در کبد و متعاقب آن کاهش غلظت LDL در خون می‌گردد (فوکوشیما و ناکانو، ۱۹۹۶).

یکی دیگر از مکانیسم‌های پیشنهادی، کاهش قابلیت جذب روده‌ای کلسترول با افزایش ضخامت لایه‌های پوششی- جدار روده است. هم‌چنین افزایش بیان ژنی آنزیم ۳ هیدروکسی-۳- متیل گلوتاریل کوآنزیم آ ردوکتاز و افزایش در پروتئین‌های عناصر پیوندی کنترل استرول نیز از مکانیسم‌های دیگر کاهش کلسترول توسط پری‌بیوتیک‌هاست (گرگری و همکاران، ۲۰۱۳).

در خصوص کاهش تری‌گلیسرید سرم، احتمالاً مکانیسم اصلی کاهش فعالیت‌های لیپوژنیک در کبد می‌باشد. کاهش بیان ژنی آنزیم‌های لیپوژنیک مانند استیل کوآ- کربوکسیلاز، آنزیم مالیک، سیترات لیاز، گلوکز ٦ فسفات دهیدروژناز و اسید چرب سنتاز، کاتابولیسم لیپوپروتئین‌های غنی از تری‌گلیسرید را افزایش می‌دهد (بیلوت ۲۰۰۵). هم‌چنین گلوکز نیز محرک اصلی لیپوژنزاست و کاهش سطح گلوکز خون می‌تواند لیپوژنز را کاهش دهد (گرگری و همکاران، ۲۰۱۳).

هم‌چنین در خصوص کاهش گلوکز بیان شده است که فیبرهای پری‌بیوتیکی منجر به بهبود و تعدیل سطح گلوکز خون و کاهش ترشح انسولین به واسطه داشتن اندیس گلیسمی پایین می‌شوند (ویکرت و همکاران، ۲۰۰٦).

در پایان لازم به ذکر است که استفاده از مقدار ۳۰ گرم پری‌بیوتیک گالاکتوالگیوساکارید در کیلوگرم جیره غذایی اثر مثبتی بر بهبود شاخص‌های مورد بررسی ماهیان نداشت. در این خصوص پژوهش‌های انجام شده نشان داده است که پری‌بیوتیک‌های مختلف اثر مختلفی بر سطوح مختلف باکتری‌های اسید لاکتیک داشته است و حتی در مواردی استفاده از پری‌بیوتیک‌ها با درجه پلیمرازیسیون بالا به اثر سو بر تعداد کل باکتری‌ها و سطوح باکتری‌های اسید لاکتیک در میکروبیوتای روده‌ای و به تبع آن اثر زیابار بر میزبان منجر شده است (حسینی‌فر و روفچایی، ۲۰۱۵؛ حسینی‌فر و همکاران، ۲۰۱۱؛ رضا و همکاران، ۲۰۰۹).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان بیان نمود، استفاده از پری‌بیوتیک گالاکتوالیگوساکارید منجر به بهبود عملکرد رشد و تغذیه‌ای، ترکیب بدن و شاخص‌های بیوشیمیایی سرم خون ماهی بنی می‌گردد. با توجه به ارزیابی اثرات این پری‌بیوتیک در سه سطح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ گرم پری‌بیوتیک در کیلوگرم جیره غذایی بچه‌ماهی بنی، می‌توان بیان نمود که امکان استفاده از گالاکتوالیگوساکارید در سطح ۲۰ گرم در کیلوگرم جیره غذایی منجر به بهبود شاخص‌های مورد سنجش در این پژوهش می‌گردد.

تشکر و قدردانی

از مسئولین دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر به جهت حمایت از پژوهش حاضر به عنوان پایان‌نامه کارشناسی ارشد کمال تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

Akrami, R., Ghelichi, A., and Manuchehri, H. 2009. Effect of dietary inulin as prebiotic on growth performance and survival of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Journal of Marine Science and Technology Research, Islamic Azad University, Tehran Shomal Branch, 4: 1-9.

Ali, M., Akbary, P., Soltanian, S., and Gholamhosseini, A. 2018. Effect of galactooligosaccharide prebiotic on growth performance, survival and several of innate immunity parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) larvae. Iranian Scientific Fisheries Journal, 27 (3): 31-39.

Ali, R., Ambasankar, K., Nandakumar, S., Praveena, E., and Syamadayal, J. 2016. Effects of dietary prebiotic inulin on growth, body composition and gut microbiota of Asian seabass. Anim. Feed Sci. Technol. 217: 87-94.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1995. Official Methods of Analysis, 16th edition. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia, USA.

Basak Kahkesh, F., Salehi, H., Amiri, F. and Nikpey, M. 2010. Integrated of benni (*Barbus sharpeyi*) with chines carp and economic comparison with custom cultivation way. Journal of Fisheries Islamic Azad University, Azadshahr Branch, 4(3): 73-85.

Beylot M. 2005. Effects of inulin-type fructans on lipid metabolism in man and in animal models. Br. J. Nutr. 93 (1): 163-8.

Coad, B.W. 1996. Zoogeography of the fishes of the Tigris-Euphrates basin. Zool. Middle Eas. 13: 51-70.

David, J.A., Jenkiss, C.W.C., and Vladimir, V. 1999. Inulin, oligofructose and intestinal function. J. Nutr. 129: 1431-1433.

Delzenne, N.M., and Kok, N.N. 1999. Biochemical basis of oligofructose-induced hypolipidemia in animal models. J. Nutr. 129 (7): 1467-70.

Demigne, C., Morand, C., Levrat, M.A., Besson, C., Moundras, C., and Remesy, C. 1995. Effect of propionate on fatty acid and cholesterol synthesis and on acetate metabolism in isolated rat hepatocytes. Br J. Nutr. 74(2): 209-19.

Fukushima, M., and Nakano, M. 1996. Effects of a mixture of organisms, *Lactobacillus acidophilus* or *Streptococcus faecalis* on cholesterol metabolism in rats fed on a fat- and cholesterol-enriched diet. Br. J. Nutr. 76: 857-867.

Fooks, L.J., Fuller, R., and Gibson G.R., 1999. Prebiotics, probiotics and human gut microbiology. Int. Dairy J. 9: 53-61.

Fooks, L.J., and Gibson, G.R. 2002. Probiotic as a modulator of the gut flora. Br. J. Nutr. 88(1): 39-49.

Gargari, B.P., Dehghan, P., Mirtaheri, E., and Aliasgarzadeh, A. 2013. Effects of inulin on lipid profile, inflammation and blood pressure in women with type 2 diabetes: A randomized controlled trial, Journal of Ardabil University of Medical Sciences, 13 (4): 359-370.

Grisdale-Helland, B., Helland, S.J., and Gatlin, D.M. 2008. The effects of dietary supplementation with mannanoligosaccharide, fructooligosaccharide or galactooligosaccharide on the growth and feed utilization of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture, 283: 163-167.

Gornall, A.S., Bardawill, C.J., and David, M.M. 1994. Determination of serum proteins by means of biuret reaction. J. Biol. Chem. 177(2): 751-766.

Hashem, M.T., and El-AGAMY, A. 1977. Effect of fishing and maturation on *Barbus bynni* population of Nozha Hydrodrom. Bull. INST. Ocean and fish. 137p.

Hoseinifar, S.H., Khalili, M., khoshbavar Rostami, H., and Esteban, M.A. 2013. Dietary galactoolisaccharide effects intestinal microbiota, stress resistance, and performance of Caspian roach (*Rutilus rutilus*) fry. Fish shellfish Immunol. 35: 1416-1420.

Hoseinifar, S.H., Mirvaghefi, A., Mojazi Amiri, B., and Merrifield, D.L. 2011. The effects of oligofructose on growth performance, survival and autochthonous intestinal microbiota of beluga (*Huso huso*) juveniles. Aquacult Nutr. 17 (5): 498-504.

Hoseinifar, S.H., and Rufcahei, R. 2015. Comparative study of Caspian roach (*Rutilus rutilus caspicus*) fry gut microbiota modulation following administration of galacto- and fructooligosaccharide prebiotics, Biological Journal of Microorganism, 15: 135-144.

Hoseinifar, H., Zoheiri, F., Dadar, M., and Rufchaei, R. 2016. Dietary galactooligosaccharide elicits positive effects on non-specific immune parameters and growth performance in Caspian white fish fry. Fish shellfish immunol. 56: 467-472.

Karami Nasab, M., Hosseinnia, Z., Kolangi Miandare, H., and Shabany, A. 2015. Genetic diversity of Barbus grypus in the Karkheh River in Khuzestan Province and cultured fish studied using a microsatellite marker. Genetic Engineering and Biosafety Journal, 3 (2): 114-123.

Lotfan, M., Ebrahim Nezhad, Y., Nazer Adl, K., and Moghaddam, M. 2010. The Effects of different sources and levels of prebiotic on blood metabolites, toe ash and gut morphology of broiler chicks. journal of animal science research, 4(1): 31-44.

Mohammadian, T., Mesbah, M., Rohanizade, S., Alishahi, M., Alizade, P., and Abdi, E. 2015. Studying the effect of Immunogen on microflora of intestine and carcass composition of *Barbus Grypus*. Veterinary researches and biological products. 28 (1): 2-9.

Mahious, A.S., and Ollevier, F. 2005. Probiotics and prebiotics in Aquaculture: Review. P 17-26. 1st Regional Workshop on Techniques for Enrichment of Live Food for Use in Larviculture, Urmia, Iran.

Mahious, A.S., Gatesoupe, F.J., Hervi, M., Metailler, R., and Ollevier, F. 2005. Effect of dietary inulin and oligosaccharides as prebiotics for weaning Turbot (*Psetta maxima*). Aquac. Int. 14: 219-229.

Mokhtari, M., Imanpour, M.R., Hajimoradloo, A.M., and Hosseinifar, H.S. 2016. Effects of probiotic Bactocel and prebiotic galactooligosaccharide on growth, survival, blood parameters and resistance against salt stress in *Trichogaster trichopterus*. Journal of Animal Environment, 3: 199-206.

Ooi, L.G., and Liong, M.T. 2010. Cholesterol-lowering effects of probiotics and prebiotics: a review of in vivo and in vitro findings. Int. J. Mol. Sci. 11: 2499-2522.

Razeghi Mansour, M., Akrami, R., Ghobadi, S.H., Amani Denji, K., and Shoael, R. 2012. Effect of various levels of dietary prebiotic mannan oligosaccharide on hematological and some blood serum biochemical parameters of young cultured juvenile great sturgeon (*Huso huso* Linnaeus, 1754) Scientific Research Iranian Veterinary Journal. 2 (34): 12-21.

Reza, A., Abdolmajid, H., Abbas, M., and Abdolmohammad, A.K. 2009. Effect of dietary prebiotic inulin on growth performance, intestinal microflora, body composition and hematological parameters of juvenile beluga, *Huso huso* (linnaeus, 1758). J World Aquac Soc. 40 (6): 771-9.

Ringo, E., Dimitroglou, A., Hoseinifar, S.H., and Davies S.J. 2014. Prebiotics in finfish: An update. In: Aquaculture Nutrition: Gut Health, Probiotics and Prebiotics. Ringo, E., Merrifield, D. (eds.). John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK. pp. 360-400.

Ringo, E., Olsen, R.E., Gifstad, T.O., Dalmo, R.A., Amlund, H., Hemre, G.I., Bakke, A.M. 2010. Prebiotics in aquaculture: a review. Aquac. Nutr. 16: 117-136.

Saberian Juybari M.S., Ghobadi S., and Vatandoust, S. 2017. Effect of different levels of prebiotic A-MAX on growth performance, survival rate and body composition of common carp (*Cyprinus carpio*) Juvenile. Journal of aquaculture development, 11 (1): 63-75.

Sahraei, H., Pirali, A., Ayatollahi, F., Farvardin, S., and Hedayati, A.A. 2019. The Prebiotic Effects of Diet Galactooligosaccharide on the Growth Performance and Intestinal Morphology of *Carassius auratus* gibelio, Journal of Animal Biology, 11 (3): 33-43.

Saito, T., Itoh, T., and Adachi, S. 1987. Chemical structure of three neutral tisaccharides isolated in free form from bovine colostrum, Carbohydr. Res. 165 (1): 43-51.

Sayes, C., Leyton, Y., and Riquelme, C. 2017. Probiotic Bacteria as an Healthy Alternative for Fish Aquaculture. In: Antibiotic Use in Animals. Sara, S., (eds.).InTech, Rijeka, Croatia. pp. 115-131.

Schley, P.D., and Field, C.J. 2002. The immune-enhancing effects of dietary fibres and prebiotics. Br. J. Nutr. 87, 221-230.

Weickert, M.O., Mohlig, M., Schofl, C., Arafat, A.M., Otto, B., and Viehoff, H., et al. 2006. Cereal fiber improves whole-body insulin sensitivity in overweight and obese women. Diabetes Care. 29(4):775-80.

Wuertz, S., Schroeder, A., and Wanka, K.M. 2021. Probiotics in Fish Nutrition Long Standing Household Remedy or Native Nutraceuticals? Water. 13: 1348.

Yamashita, K., and Kobata, A. 1974. Oligosaccharides of human milk. Arch. Biochem. Biophys. 161: 164-170.

Yilmaz, E., Gence, M.A., and Gence, E. 2007. Effect of dietary mannan oligosaccharides on growth, body composition, intestine and liver histology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). The Journal of Aquaculture (Bamidgeh), 59: 182-188.

Yousefi, S., Hoseinifar, S.H., Hajimoradloo, A., and Kolangi Miandare, H. 2017. The effects of different levels of dietary prebiotic on growth performance and some non-specific immune parameters in zebra fish (*Danio rerio*). J. Aqu. Eco. 7 (2): 49-58.

Zhou, X., Tian, Z., Wang, Y., and Li, W. 2010. Effect of treatment with probiotics as water additives on tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth performance and immune response. Fish Physiol. Biochem. 36: 501-509.