University of Guilan with collaboration of Iranian Aquaculture Society

Aquatic Animals Nutrition

Vol. 8, No. 4, 2023, pages: 19-30
DOI: 10.22124/janb.2023.24121.1195

Effects of different levels of galactooligosaccharide on growth, biochemical body composition, and blood indices in juvenile common carp, *Cyprinus carpio*

Foad Pour, Nasim Zanguee, Hamid Mohammadiazarm*
Department of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Khuzestan, Iran

Received 12 October 2022 Revised 17 December 2022 Accepted 20 December 2022

KEYWORDS
Common carp
Prebiotic
Growth
Biochemical body composition
Blood

ABSTRACT

In this study, in order to use prebiotics as one of the best solutions to maintain the health of farmed aquatic animals and increase their resistance against pathogens instead of antibiotics, the effects of different levels of galatooligosaccharide (GOS) prebiotics on growth performance, biochemical body composition, and some blood serum indices were investigated. Therefore, two hundred and forty fish were randomly distributed into 12 tanks with capacity of 100 L in four treatments with three replicates. Experimental treatments included control (no GOS added), T_1: 1% dietary GOS added, T_2: 2% dietary GOS, and T_3: 4% dietary GOS. The fish were fed *ad libitum* two times daily for 8 weeks. The results showed that GOS improved growth and nutritional performance, body biochemical composition, and some blood serum indices in common carp. T_2 exhibited the highest performance in terms of final weight (32.58 ± 1.08 g), food conversion ratio (1.57 ± 0.09), protein content of the body (14.78 ± 3.77%), serum total protein (4.66 ± 0.18 g/dL), globulin (3.34 ± 0.15 g/dL), and some other biochemical parameters of blood. Therefore, 2% dietary GOS had beneficial effects on performance of juveniles common carp.

*Corresponding author: azarmhamid@gmail.com

دانشگاه گیلان با مشارکت انجمن آبزی‌پروری ایران

تغذیه آبزیان

سال هشتم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۱، صفحات ۳۰-۱۹

DOI: 10.22124/janb.2023.24121.1195

"مقاله پژوهشی"

اثرات سطوح مختلف پری بیوتیک گالاکتوالیگوساکارید بر عملکرد رشد، ترکیب بیوشیمیایی بدن و برخی شاخص‌های بیوشیمیایی خون ماهی جوان کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)

فواد پور، نسیم زنگویی، حمید محمدی آذرم*

گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، خوزستان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۰ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۹/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۹/۲۹

چکیده

در این مطالعه برای استفاده از پری‌بیوتیک‌ها به عنوان یکی از بهترین راهکارها برای حفظ سلامت آبزیان پرورشی و افزایش مقاومت آنها در برابر عوامل بیماریزا، اثرات سطوح مختلف پری‌بیوتیک گالاکتوالیگوساکارید بر عملکرد رشد، ترکیب بدن و برخی شاخص‌های بیوشیمیایی خون ماهیان جوان کپور معمولی بررسی شد. به این منظور، تعداد ۲۴۰ عدد ماهی در ۱۲ مخزن با حجم آبگیری ۱۰۰ لیتر در ۴ تیمار با ۳ تکرار به صورت تصادفی تقسیم شدند. تیمارهای آزمایشی به شرح تیمار شاهد: جیره غذایی پایه بدون گالاکتوالیگوساکارید، تیمار اول: ۱٪ گالاکتوالیگوساکارید، تیمار دوم: ۲٪ گالاکتوالیگوساکارید، تیمار سوم: ۴٪ گالاکتوالیگوساکارید بودند. ماهیان دو بار در روز در حد سیری به مدت ۵۶ روز تغذیه شدند. نتایج نشان داد که گالاکتوالیگوساکارید استفاده شده منجر به بهبود عملکرد رشد و تغذیه‌ای، ترکیبات بیوشیمیایی بدن و برخی شاخص‌های بیوشیمیایی سرم خون ماهی کپور معمولی شده است. تیمار غذایی حاوی ۲٪ گالاکتوالیگوساکارید در بین تیمارهای آزمایشی، بهترین عملکرد را از نظر مقدار وزن نهایی (۱/۰۸ ± ۳۲/۵۸ گرم)، ضریب تبدیل غذایی (۰/۰۹ ± ۱/۵۷)، درصد پروتئین بدن (۰/۱۸ ± ۱۴/۷۸)، پروتئین سرم خون (۰/۱۷ g/dL ± ۴/۶۶)، گلوبولین (۰/۰۷ g/dL ± ۳/۳۴) و دیگر شاخص‌های بیوشیمیایی خون نشان داد. بنابراین، استفاده از ۲٪ گالاکتوالیگوساکارید در جیره غذایی اثرات مطلوبی بر عملکرد ماهیان جوان کپور معمولی داشت.

کلمات کلیدی

کپور معمولی

پری‌بیوتیک

رشد

ترکیب

بیوشیمیایی بدن

خون

نویسنده مسئول: azarmhamid@gmail.com

مقدمه

تغذیه مناسب به عنوان یکی از عوامل کلیدی در ارتقای رشد و سلامت ماهی است. به واسطه غذای مناسب همواره باید علاوه بر تأمین نیازهای فیزیولوژیک ماهی، موجبات سلامت ماهیان را تأمین کرد (Lee et al. 2015). در طی ده سال گذشته، آنتی‌بیوتیک‌ها به طور مرسوم برای مدیریت بیماری‌های آبزیان و همچنین برای افزایش رشد و بهبود ضریب تبدیل غذای استفاده شدند (Akrami et al. 2010). با توجه به اینکه پخش و گسترش باکتری‌های مقاوم نسبت به آنتی‌بیوتیک ها به اثبات رسیده است، این خطر وجود دارد که باکتری‌های مقاوم نسبت به آنتی-بیوتیک‌ها از محیط آبزی‌پروری به محیط‌های آبی وارد شوند و در نتیجه منجر به صدمه به جوامع میکروبی و دستگاه ایمنی ماهیان موجود در محیط‌های آبی شوند (Sapkota et al. 2008). همچنین آنتی‌بیوتیک‌ها منجر به متوقف کردن رشد یا کشتن باکتری‌های مفید روده‌ای شده و از سوی دیگر در بدن آبزی تجمع می‌کنند (Merrifield and Ringo, 2014).

بر همین اساس، استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها بعنوان محرک رشد در سیستم های تولید آبزیان با محدودیت و ممنوعیت همراه است. لذا در ارتباط با ممنوعیت استفاده از محرک‌های رشد آنتی بیوتیکی برنامه های جدیدی برای مدیریت تغذیه و سلامتی آبزی در نظر گرفته شده است، مانند بکارگیری مکمل های غذایی جدید نظیر پروبیوتیک‌ها، پری بیوتیک‌ها، سین‌بیوتیک‌ها، فیتوبیوتیک‌ها و سایر مکمل‌های غذایی کاربردی که حاوی ترکیبات مختلف برای افزایش رشد، تحریک و بلوغ سریع سیستم ایمنی، بهبود کارایی غذا، کاهش میزان مرگ و میر، بهبود فرآیند هضم، رشد سریع میکرو فلورهای مناسب روده، تاثیر بر میزان اشتها و افزایش میزان تغذیه است (Denev et al. 2009).

پری‌بیوتیک‌ها مواد غذایی غیرقابل هضمی هستند که به عنوان محرک رشد شناخته شده و همچنین با محدود کردن تمام یا تعدادی از باکتری های روده منجر به بهبود سلامت میزبان می‌شوند (Gibson and Roberfroid, 1995). پری‌بیوتیک با تغییر فلور دستگاه گوارش و مهار رشد گونه‌های بیماری‌زا یا رشد باکتری‌های مفید دستگاه گوارش اثر خود را اعمال می کند (Merrifield and Ringo, 2014). این مواد به عنوان کربوهیدرات‌ها پیچیده جیره که غیرقابل هضم هستند تعریف می شوند، زیرا باندهای بتا بین مونومرهای فروکتوز نمی‌توانند توسط آنزیم‌های داخلی بدن حیوان هیدرولیز شوند. در نتیجه به عنوان سوبسترا در دسترس ریزموجودات دستگاه گوارش قرار می گیرند (Merrifield and Ringo, 2014). از طرفی، پری‌بیوتیک ها به صورت انتخابی باعث تحریک فعالیت و سوخت و ساز باکتری‌های مفید موجود در انتهای دستگاه گوارش شده و از این طریق باعث تعادل باکتریایی در میزبان می‌شوند (Lee et al. 2015). یکی از انواع الیگوساکاریدها که اخیراً به عنوان پری‌بیوتیک در تغذیه آبزیان مطرح شده گالاکتوالیگوساکارید است.

با وجود اثرات مفیدی که برای پری‌بیوتیک در نظر گرفته شده است، تحقیقات در این زمینه هنوز در ابتدای راه قرار داشته و مطالعات محدودی انجام شده است. برای مثال، در مطالعه‌ای در خصوص اثر ۰/۴٪ بتاگلوکاکان و ۰/۴٪ مانان الیگوساکارید در ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*)، شاخص‌های رشد و ایمنی ماهیان بهبود یافت (Jami et al. 2019). استفاده از ۰/۵ تا ۱/۵ گرم بتاگلوکاکان و مانان الیگوساکارید در جیره غذایی ماهی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) منجر به افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زای محیطی شد (Ismail et al. 2019). همچنین در مطالعه‌ای بر ماهی شانک سفید (*Diplodus sargus*)، اثر سطوح مختلف فروکتوالیگوساکارید، گالاکتوالیگوساکارید و زیلوالیگوساکارید بر عملکرد رشد، زنده‌مانی، ایمنی، فعالیت آنزیم‌های گوارشی و ریخت شناسی روده ماهیان انجام شد. لذا نتایج نشان دهنده اثرگذاری مطلوب ۱٪ فروکتوالیگوساکارید، زیلوالیگوساکارید و یا گالاکتوالیگوساکارید بر فراسنجه‌های بیان شده در ماهیان بود (Guerreiro et al. 2018). استفاده از ۱٪ فروکتوالیگوساکارید در جیره غذایی ماهیان ازون برون (*Acipenser stellatus*) منجر به افزایش فعالیت لیزوزیم سرم در ماهیان شد (Akrami et al. 2013). همچنین، استفاده از ۱٪ گالاکتوالیگوساکارید در جیره غذایی ماهیان شوریده قرمز (*Sciaenops ocellatus*)، منجر به افزایش سطوح شاخص‌های ایمنی مانند فعالیت لیزوزیم و انفجار تنفسی و همچنین درازای پرزهای روده ماهیان شد (Zhou et al. 2010). از طرفی، بررسی اثرات استفاده از سطوح مختلف مانان الیگوساکارید در

جیره غذایی سی‌بریم اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) نشان دهنده اثرات مثبت سطح ۰/۴٪ پری‌بیوتیک به کار رفته در جیره غذایی ماهیان بود (Torrecillas et al. 2016). همچنین بررسی‌های یک مطالعه نشان داد استفاده از گالاکتوالیگوساکارید در جیره غذایی بچه ماهی کلمه خزری (*Rutilus rutilus caspicus*) باعث افزایش شاخص‌های ایمنی سرم، پوست و افزایش رشد می شود (Hoseinifar et al. 2015). از این رو تعیین سطح مناسب پری‌بیوتیک در جیره غذایی با توجه به نوع آنها و گونه آبزیان ضروری است.

همچنین ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) گونه‌ای با گسترش جهانی پرورش است و در بیش از ۱۳۰ کشور پرورش می یابد. نوع بومی و وحشی محدود به کشورهای چین، روسیه، جمهوری آذربایجان، گرجستان، قزاقستان، مغولستان، ترکیه، ازبکستان، اتریش، بلغارستان و غیره است. ماهی کپور معمولی دارای اهمیت اقتصادی است و نقش مهمی در سبد غذایی و پایداری امنیت غذایی مردم دارد.

میزان تولید محصولات آبزی پروری در بخش آب‌های داخلی ۵۱/۳ میلیون تن وزن تر در سال ۲۰۱۸ است. از این میزان ۵۴۲۷۹ هزار تن متعلق به ماهیان است. که از این میان ۷/۷٪ با میزان تولید ۴۱۸۹/۵ هزار تن متعلق به کپور معمولی است (FAO, 2020). در کشور ایران، ماهیان گرمابی با میزان تولید ۲۲۱۰۹۰ تن دارای رتبه اول ماهیان پرورشی و استان خوزستان با تولید ۷۲۲۴۰ تن رتبه اول کشور در سال ۱۳۹۹ در تولید را دارا بود. حدود ۳۰٪ از تولید ماهیان گرمابی در کشور متعلق به پرورش کپور معمولی به میزان ۶۶۳۲۷ تن تولید است. بر این اساس، آزمون تغذیه‌ای برای بررسی و ارزیابی اثر تغذیه‌ای پری-بیوتیک گالاکتوالیگوساکارید در جیره غذایی فرموله شده کپور معمولی طراحی شد.

مواد و روش‌ها

تعداد ۲۴۰ قطعه ماهی کپور معمولی با میانگین وزن اولیه یکسان از شرکت پرورش ماهی اخوان نصر خرمشهر تامین و به طور کاملاً تصادفی بین ۱۲ عدد مخزن با حجم آبگیری ۱۰۰ لیتر توزیع شد (۲۰ قطعه ماهی به ازای هر مخزن یا تکرار). در این مطالعه چهار تیمار با سه تکرار در نظر گرفته شد. سه تیمار آزمایشی و یک گروه شاهد بود. قبل از ذخیره‌سازی، مخازن کاملا با بتادین (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) ضدعفونی و با آب شستشو داده شدند و سپس آبگیری آنها با آب شهری کلرزدایی شده با هوادهی انجام شد. دوره سازگاری ماهیان برای سازگار شدن با شرایط جدید، به مدت دو هفته قبل از شروع آزمایش انجام شد. در طول دوره سازگاری، روزانه ۲ بار غذادهی تا حد سیری با غذای فرموله پایه (غذای تجاری شرکت فرادانه) انجام شد. بر اساس اعلام شرکت مذکور این جیره حاوی ۳۵-۳۸٪ پروتئین، ۴-۸٪ چربی، ۵-۱۱٪ رطوبت و ۷-۱۱٪ رطوبت بود.

تیمارهای آزمایشی به شرح تیمار شاهد: جیره غذایی پایه بدون گالاکتوالیگوساکارید، تیمار اول: جیره غذایی حاوی ۱درصد گالاکتوالیگوساکارید ، تیمار دوم: جیره غذایی حاوی ۲٪ گالاکتوالیگوساکارید ، تیمار سوم: جیره غذایی حاوی ۴٪ گالاکتوالیگوساکارید بودند.

برای آماده سازی جیره‌های آزمایشی ابتدا جیره پایه استفاده شده در دوره سازگاری آسیاب، و از الک عبور داده شد. سپس با استفاده از ترازوی دیجیتال توزین و در ادامه مقادیر مورد نیاز پری‌بیوتیک گالاکتوالیگوساکارید تهیه شده (BENEO GmbH, Mannheim, Germany) به همراه محلول آب و پودر ژلاتین به مخلوط اضافه شده و خمیر حاصله توسط دستگاه چرخ گوشت برقی به صورت رشته‌های غذایی در سینی‌های جداگانه قرار گرفتند. در نهایت، جیره‌های غذایی تهیه شده در دمای معمولی آزمایشگاه به مدت ۲۴ ساعت خشک و در کیسه‌های پلاستیکی بسته بندی و در یخچال ۴ درجه سانتی‌گراد تا زمان مصرف نگهداری شد. در طول مدت آزمایش که به مدت ۸ هفته ادامه یافت، ماهیان ۲ بار در روز در ساعات ۹ و ۱۶ در حد سیری تغذیه شدند. برای توزیع یکنواخت غذا، کاهش تلاطم آب و افزایش زمان ماندگاری غذا در آب، در طی مدت غذادهی، هوادهی در مخازن قطع شده و پس از ۳۰ دقیقه، مجدداً هوادهی انجام شد.

در انتهای دوره و پس از بیهوشی کامل با عصاره گل میخک (۲۰۰ میلی گرم به ازای هر یک لیتر آب)، تمام ماهیان هر تکرار وزن شدند. در ادامه، شاخص‌های افزایش وزن بدن، ضریب رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و میزان بازماندگی، بر اساس روابط زیر محاسبه شدند:

وزن اولیه (گرم) – وزن نهایی (گرم) = افزایش وزن بدن (WG)

۱۰۰ × دوره پرورش به روز/ ($\ln W_2 - \ln W_1$) = ضریب رشد ویژه (SGR)
افزایش وزن بدن (گرم)/ مقدار غذای خورده شده (گرم) = ضریب تبدیل غذایی (FCR)
پروتئین مصرفی(گرم)/ افزایش وزن بدن(گرم) = نسبت کارایی پروتئین (PER)
۱۰۰ × خوراک خورده شده (گرم)/ افزایش وزن بدن(گرم) = درصد کارایی غذا (FE)
۱۰۰ × تعداد ماهیان کل/ تعداد ماهیان باقی مانده = درصد بازماندگی (SR)

همچنین در پایان دوره آزمایشی برای ارزیابی ترکیبات بیوشیمیایی لاشه ماهیان، تعداد ۳ قطعه ماهی از هر تکرار (۹ قطعه ماهی از هر تیمار) به طور تصادفی از مخازن خارج و تا زمان انجام سنجش‌ها در فریزر، در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. سنجش تقریبی ترکیبات بیوشیمیایی لاشه با استفاده از روش‌های استاندارد (AOAC, 1995) انجام شد. مقدار رطوبت درون نمونه‌ها با استفاده از آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت سنجش شد. میزان پروتئین بدن ماهیان براساس روش کلدال 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) سنجش شد. در ادامه، به منظور سنجش مقدار خاکستر، نمونه‌ها به مدت ۶ ساعت در یک کوره الکتریکی با دمای تقریبی ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد سوزانده شدند.
در پایان دوره آزمایش، به منظور ارزیابی فاکتورهای سرمی خون تعداد ۳ قطعه ماهی از هر تکرار (۹ قطعه ماهی از هر تیمار) به صورت کاملاً تصادفی انتخاب شده و به وسیله عصاره گل میخک (۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بیهوش شدند. خون گیری از طریق ساقه دمی و با استفاده از سرنگ‌های غیر هپارینه انجام شد. در ادامه، سرم مورد آزمایش تا زمان سنجش در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم خون در این مطالعه شامل گلوکز، کلسترول، تری‌گلیسرید، پروتئین، آلبومین، لیپوپروتئین کم چگال (LDL)، لیپوپروتئین پر چگال (HDL) به وسیله دستگاه اتوآنالایزر (Mindrey BS200، چین) با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی (شرکت پارس آزمون، کرج، ایران) و روش فتومتر یک سنجش شد. همچنین قبل از اندازه‌گیری فراسنجه‌های مورد نظر، برای بالابردن دقت و صحت نتایج، دستگاه اتوآنالایزر توسط سرم کالیبراتور TruCal U و سپس با استفاده از سرم کنترل‌های TruLab P و TruLab N ساخت شرکت پارس آزمون قبل از انجام آزمایش و در طول انجام آزمایش کنترل شد. برای به دست آوردن میزان گلوبولین نیز، مقادیر آلبومین از پروتئین کسر شد.
نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون Shapiro Wilk بررسی شد. شاخص‌های زیستی با استفاده از آزمون واریانس یک طرفه (One-Way ANOVA) و تست Duncan به عنوان پس‌آزمون، برای مقایسه میانگین ها تجزیه و تحلیل شد. تجزیه و تحلیل کلیه داده ها توسط نرم افزار SPSS انجام شد. نتایج به صورت میانگین ± خطای استاندارد (Mean ± SE) بیان شده است.

نتایج

نتایج ارزیابی شاخص‌های رشد و تغذیه ای ماهیان کپور معمولی در انتهای دوره آزمایشی در جدول ۱ آمده است. نتایج ارزیابی شاخص های رشد و تغذیه‌ای در تیمارهای حاوی پری‌بیوتیک نشان دهنده بهبود نسبت به تیمار شاهد بود ($p<۰/۰۵$). در این بین، وزن نهایی ماهیان کپور معمولی در تیمار ۰/۲٪ پری‌بیوتیک نسبت به گروه شاهد و دیگر گروه‌های آزمایشی اختلاف معنی‌دار داشت ($p<۰/۰۵$)، به طوری که با افزایش معنی‌دار میزان وزن نهایی در این تیمار، میزان افزایش وزن بدن و میزان ضریب رشد ویژه، افزایش معنی‌داری نشان داد ($p<۰/۰۵$). میزان ضریب تبدیل غذایی نیز به صورت معنی‌داری در تیمار ۰/۲٪ پری‌بیوتیک نسبت به گروه شاهد و دیگر گروه‌های آزمایشی کاهش پیدا کرد ($p<۰/۰۵$). همچنین میزان کارایی غذای در یافتی و نسبت کارایی پروتئین در تیمارهای حاوی پری‌بیوتیک نیز به‌طور معنی‌دار نسبت به گروه شاهد بهبود پیدا کرد ($p<۰/۰۵$). اما میزان بازماندگی در پایان دوره آزمایشی هیچ اختلاف معنی‌داری در بین گروه‌های آزمایشی نداشت ($p>۰/۰۵$).

جدول ۱ شاخص های رشد و تغذیه ماهیان کپور معمولی جوان در انتهای دوره آزمایش.

	درصد پری بیوتیک گالاکتوالیگوساکارید			
	شاهد	۱	۲	۴
وزن اولیه (گرم)	۱۵/۱۱ ± ۰/۱۱^{ns}	۱۵/۱۰ ± ۰/۱۰	۱۵/۱۳ ± ۰/۱۳	۱۵/۱۲ ± ۰/۱۲
وزن نهایی (گرم)	۲۶/۱۴ ± ۰/۹۴^{a}	۳۰/۰۳ ± ۱/۳۷^{b}	۳۲/۵۸ ± ۱/۰۸^{c}	۲۷/۴۱ ± ۱/۵۹^{a}
افزایش وزن (گرم)	۱۱/۰۳ ± ۰/۸۶^{a}	۱۴/۹۰ ± ۱/۲۵^{b}	۱۷/۴۳ ± ۱/۰۲^{c}	۱۲/۳۰ ± ۱/۴۷^{a}
نرخ رشد ویژه (درصد در روز)	۰/۹۷ ± ۰/۰۵^{a}	۱/۲۲ ± ۰/۰۷^{b}	۱/۳۶ ± ۰/۰۵^{b}	۱/۰۶ ± ۰/۰۹^{a}
ضریب تبدیل غذایی	۲/۰۱ ± ۰/۱۹^{ab}	۱/۶۰ ± ۰/۰۵^{ab}	۱/۵۷ ± ۰/۰۹^{c}	۱/۷ ± ۰/۱۴^{ab}
کارایی غذا (درصد)	۵۰/۲۶ ± ۵/۱۵^{a}	۶۲/۴۶ ± ۲/۱۳^{b}	۶۳/۶۳ ± ۳/۹۲^{b}	۵۹/۰۶ ± ۴/۸۶^{b}
نسبت کارایی پروتئین	۱/۴۳ ± ۰/۱۴^{a}	۱/۷۸ ± ۰/۰۶^{b}	۱/۸۱ ± ۰/۱۰^{b}	۱/۶۸ ± ۰/۱۴^{b}
زنده مانی (درصد)	۹۳/۳۳ ± ۵/۷۷^{ns}	۹۸/۳۳ ± ۲/۸۸	۹۶/۶۶ ± ۵/۷۷	۹۵ ± ۵

* حروف متفاوت در هر ردیف نشانه وجود اختلاف معنی دار بین گروه‌های آزمایشی است (میانگین ± خطای استاندارد، $p<۰/۰۵$). تفاوت غیر معنی‌دار($p>۰/۰۵$): ns

نتایج ارزیابی شاخص‌های ترکیبات بیوشیمیایی بدن ماهیان کپور معمولی در انتهای دوره آزمایشی در جدول ۲ آمده است. نتایج ارزیابی میزان پروتئین کل ماهیان کپور معمولی در انتهای دوره آزمایشی نشان داد، میزان پروتئین کل در تیمارهای حاوی پری‌بیوتیک به طور معنی‌دار نسبت به دیگر گروه شاهد افزایش داشتند ($p<۰/۰۵$). میزان چربی بدن در تیمارهای حاوی پری‌بیوتیک نسبت به گروه شاهد کاهش یافت که این مقدار در تیمار ۲٪ پری‌بیوتیک در مقایسه با شاهد معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). کمترین درصد چربی لاشه (۰/۱۱ ± ۶/۹۸) و بیشترین درصد پروتئین لاشه (۰/۱۸ ± ۱۴/۷۸) در تیمار ۲٪ پری‌بیوتیک مشاهده شد. همچنین میزان رطوبت و خاکستر تفاوت معنی‌داری در بین گروه‌های آزمایشی نداشت ($p>۰/۰۵$).

جدول ۲ آنالیز تقریبی لاشه ماهیان کپور معمولی در انتهای دوره آزمایش (درصد وزن تر).

	درصد پری بیوتیک گالاکتوالیگوساکارید			
	شاهد	۱	۲	۴
پروتئین	۱۳/۶۲ ± ۰/۲۵^{a}	۱۴/۴۹ ± ۰/۱۵^{bc}	۱۴/۷۸ ± ۰/۱۸^{c}	۱۴/۳۱ ± ۰/۱۴^{b}
چربی	۷/۲۵ ± ۰/۰۸^{b}	۷/۰۹ ± ۰/۱۵^{ab}	۶/۹۸ ± ۰/۱۱^{a}	۷/۱۷ ± ۰/۰۹^{b}
خاکستر	۲/۷۱ ± ۰/۲۴^{ns}	۲/۷۴ ± ۰/۲۱	۲/۷۳ ± ۰/۲۰	۲/۷۵ ± ۰/۱۵
رطوبت	۷۵/۲۶ ± ۱/۲۳^{ns}	۷۴/۶۵ ± ۲/۴۷	۷۴/۴۳ ± ۳/۷۷	۷۴/۶۵ ± ۲/۷۷

* حروف متفاوت در هر ردیف نشانه وجود اختلاف معنی دار بین گروه‌های آزمایشی است (میانگین ± خطای استاندارد، $p<۰/۰۵$). تفاوت غیر معنی‌دار ($p>۰/۰۵$): ns

نتایج حاصل از ارزیابی فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم خون ماهیان در جدول ۳ ارائه شده است. مقدار پروتئین، گلوبولین و آلبومین در تیمارهای حاوی پری‌بیوتیک نسبت به گروه شاهد افزایش داشت که در تیمار ۲٪ پری‌بیوتیک این افزایش معنی‌دار بوده است ($p<۰/۰۵$). نتایج ارزیابی گلوکز حاکی از کاهش معنی‌دار میزان گلوکز در ۲٪ پری‌بیوتیک نسبت به گروه شاهد و دیگر گروه‌های آزمایشی بود ($p<۰/۰۵$). همچنین، مقدار کلسترول و تری‌گلیسرید در ۲٪ پری‌بیوتیک به صورت معنی‌داری نسبت به گروه شاهد کاهش پیدا کرد ($p<۰/۰۵$). مقدار لیپوپروتئین پرچگال (HDL) در ۲٪ پری‌بیوتیک به طور معنی‌دار نسبت به شاهد و تیمار ۳ (۴٪ پری‌بیوتیک) افزایش یافت ($p<۰/۰۵$)، اما مقدار لیپوپروتئین کم چگال در تیمار ۴٪ پری‌بیوتیک نسبت به شاهد به طور معنی‌دار

کاهش یافت ($p<۰/۰۵$) که با تیمار ۲٪ پری‌بیوتیک تفاوت معنی‌دار نداشت ($p>۰/۰۵$).

جدول ۳ فاکتورهای بیوشیمیایی سرم ماهیان کپور معمولی در انتهای دوره آزمایش.

	درصد پری بیوتیک گالاکتوالیگوساکارید			
	شاهد	۱	۲	۴
پروتئین کل (g/dL)	۴/۱۵ ± ۰/۱۲^{a}	۴/۵۳ ± ۰/۲۴^{b}	۴/۶۶ ± ۰/۱۷^{b}	۴/۳۱ ± ۰/۱۰^{ab}
آلبومین (g/dL)	۱/۰۸ ± ۰/۰۷^{a}	۱/۲۵ ± ۰/۰۹^{b}	۱/۳۲ ± ۰/۱۰^{b}	۱/۱۷ ± ۰/۱۰^{ab}
گلوبولین (g/dL)	۳/۰۷ ± ۰/۰۵^{a}	۳/۲۸ ± ۰/۱۴^{ab}	۳/۳۴ ± ۰/۰۷^{b}	۳/۱۴ ± ۰/۰۲^{ab}
گلوکز (mg/dL)	۷۲/۷۹ ± ۱/۰۳^{c}	۶۸/۴۵ ± ۱/۰۲^{b}	۶۲/۸۴ ± ۱/۳۵^{a}	۷۰/۸۱ ± ۰/۹۶^{bc}
کلسترول (mg/dL)	۱۵۸/۱ ± ۳/۷۸^{b}	۱۴۲/۸ ± ۴/۰۴^{ab}	۱۳۸/۷ ± ۸/۱۴^{a}	۱۴۸/۸ ± ۴/۷۱^{ab}
لیپوپروتئین پرچگال (mg/dL)	۲۵/۱۴ ± ۰/۷۸^{a}	۲۸/۲۳ ± ۱/۱۷^{bc}	۲۹/۰۸ ± ۰/۸۱^{c}	۲۷/۳۳ ± ۰/۲۸^{b}
لیپو پروتئین کم چگال (mg/dL)	۳۲/۸۷ ± ۰/۳۲^{b}	۲۲/۸۵ ± ۰/۱۸^{ab}	۲۲/۶۶ ± ۰/۳۴^{ab}	۲۵/۹۷ ± ۰/۲۲^{a}
تری‌گلیسرید (mg/dL)	۲۷۳/۱ ± ۹/۸۱^{c}	۲۳۹/۸ ± ۱۴/۰۱^{a}	۲۳۵/۱ ± ۱۵/۴۴^{a}	۲۴۹/۸ ± ۱۹/۰۳^{b}

* حروف متفاوت در هر ردیف نشانه وجود اختلاف معنی دار بین گروه‌های آزمایشی است (میانگین ± خطای استاندارد، $p<۰/۰۵$).

بحث

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که استفاده از سطوح مختلف پری‌بیوتیک گالاکتوالیگوساکارید منجر به بهبود عملکرد رشد و تغذیه‌ای در ماهیان کپور معمولی می‌شود، که در این بین ماهیان تغذیه شده با مقدار ۲٪ یا ۲۰ گرم پری‌بیوتیک به ازای کیلوگرم غذا بهترین عملکرد را نشان دادند. در این باره، Ibrahim و همکاران در سال ۲۰۱۳ گزارش کردند که استفاده از پری‌بیوتیک در جیره غذایی تیلاپیا نیل منجر به افزایش معنی‌دار رشد و مصرف خوراک شده است که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. همچنین، دیگر مطالعات همانند Jami و همکاران در سال ۲۰۱۹ بر ماهی آزاد دریای خزر، Ismail و همکاران در سال ۲۰۱۹ بر تیلاپیای نیل، Guerreiro و همکاران در سال ۲۰۱۸ بر شانک سفید، Akrami و همکاران در سال ۲۰۱۳ بر ماهی ازون برون، Zhou و همکاران در سال ۲۰۱۰ بر ماهی شوریده قرمز نشان دهنده اثرات بهینه به‌کارگیری پری‌بیوتیک‌ها در جیره غذایی ماهیان بر رشد، زنده مانی و ایمنی ماهیان بوده است.

در خصوص اثرگذاری مطلوب پری‌بیوتیک مورد استفاده می‌توان عنوان کرد که الیگوساکاریدها به دلیل ساختار خاص و عدم برخورداری ماهیان از آنزیم‌های هیدرولیزکننده اتصالات نوع β بین واحدهای مونوساکاریدی، در برابر فرآیند گوارش مقاومت کرده و صرفاً توسط برخی از باکتری‌های بی‌هوازی موجود در دستگاه گوارش قابلیت تجزیه‌شدن را دارند (Merrifield and Ringo, 2014). لذا، عمدتاً باکتری‌ها شامل لاکتوباسیلوس‌ها، بیفیدوباکترها و بسیاری از باکتری‌های اسید لاکتیک هستند که می‌توانند با استفاده از تخمیر از الیگوساکاریدها تغذیه کرده و به این وسیله اثرات مفیدی روی میزبان داشته باشند. در نتیجه، تغذیه ماهیان با این نوع کربوهیدرات‌ها می‌تواند باعث افزایش جمعیت باکتری‌های مفید روده و به‌خصوص بیفیدوباکترها و باکتری‌های اسید لاکتیک گردد. همچنین به علت کاهش pH روده به دلیل وجود شرایط تخمیری و تولید اسید توسط جمعیت باکتری‌های مفید، از فعالیت باکتری‌های مضر و بیماری‌زا در دستگاه گوارشی جلوگیری شده و از طرفی جذب مواد معدنی افزایش می‌یابد (Merrifield and Ringo, 2014) که با توجه به مقادیر افزایشی سطح آلبومین در تیمارهای آزمایشی که در ارتباط با جذب عنصر فسفر است این فرضیه می‌تواند تأیید شود.

در خصوص ترکیب بیوشیمیایی لاشه ماهیان مورد آزمایش، مقدار پروتئین و چربی تحت تأثیر استفاده از پری‌بیوتیک گالاکتواولیگوساکارید به ترتیب افزایش و کاهش یافت. در این خصوص، Aftabgard و همکاران در سال ۲۰۲۰ بیان کردند استفاده از پری‌بیوتیک به همراه پروبیوتیک در جیره غذایی ماهی آزاد دریای خزر دارای

توان بالقوه مؤثری در مصرف چربی برای تولید انرژی مورد نیاز بدن و در نتیجه، صرفه‌جویی در مصرف پروتئین و تبدیل بیشینه غذای مصرفی به پروتئین بافت بدن بوده است که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد. همچنین لازم به ذکر است در برخی آزمایشات عدم تاثیرگذاری استفاده از پری‌بیوتیک در ترکیب بیوشیمیایی لاشه ماهیان گزارش شده است (Akrami et al. 2010). به طور کلی دلیل اختلاف در نتایج را می‌توان به نوع، اندازه و سن گونه پرورشی و همچنین طول دوره پرورشی، شرایط محیطی و بهداشتی، رفتار شناسی تغذیه ای، خصوصیات فیزیولوژیک موجود، نوع مواد تشکیل دهنده 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 (Sabrin Joibari et al. 2017).

بررسی اثر سطوح مختلف گالاکتوالیگوساکارید بر شاخص‌های بیوشیمیایی سرم خون نشان داد تا سطح ۲۰ گرم بر کیلوگرم منجر به ایجاد روند افزایشی در مقدار پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین سرم خون در ماهیان مورد آزمایش می‌شود. در این خصوص، Lotfan و همکاران در سال ۲۰۰۹ بیان کرده‌اند که افزایش پروتئین سرم می‌تواند نشان دهنده افزایش متابولیسم، قابلیت هضم و جذب پروتئین در اندام‌های جاندار تغذیه شده با جیره‌های حاوی پری‌بیوتیک باشد. همچنین بیان کردند پری‌بیوتیک‌ها با افزایش باکتری‌های مفید روده، موجب تشدید سوخت و ساز پروتئین و افزایش جذب آن در اندام‌های موجود و با تحریک جذب و ذخیره مواد معدنی به‌خصوص کلسیم و فسفر، روی متابولیت‌های خون از جمله آلبومین اثر می‌گذارند. Mokhtari و همکاران در سال ۲۰۱۶ اظهار داشتند که سطح بالای پروتئین و گلوبولین خون نشان‌دهنده بالا بودن ایمنی در آبزی است. لذا، افزایش سطح گلوبولین ممکن است نا شی از تحریک گلبول‌های سفید به خصوص لنفوسیت‌ها و ترشح ایمونوگلوبولین‌ها باشد که بیشترین میزان گلوبولین‌های خون را به خود اختصاص می‌دهند.

از طرفی در مطالعه حاضر مشاهده شد که سطوح مختلف پری‌بیوتیک گالاکتوالیگوساکارید تا سطح ۲۰ گرم در کیلوگرم غذا به‌طور معنی‌دار منجر به ایجاد روند کاهشی در مقدار تری‌گلیسرید، کلسترول و گلوکز در مقایسه با شاهد شده است. در تطابق با نتایج این آزمایش، نتایج دیگر تحقیقات نشان می‌دهد که اضافه کردن پری‌بیوتیک‌ها به جیره جاندران منجر به کاهش کلسترول و تری گلیسرید می‌شود (Gargari et al. 2013). 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 است که طی تخمیر توسط پری‌بیوتیک ها در دستگاه گوارش تولید می‌شوند. بوتیرات از تولید کلسترول در کبد جلوگیری می‌کند و منبع خوبی از انرژی، برای یاخته های پوششی روده را فراهم می‌کند (Demigne et al. 1995). همچنین، پروپیونات احتمالاً با کاهش استفاده از استات به عنوان پیش ساز برای سنتز کلسترول، سرعت سنتز کلسترول در کبد کاهش می‌دهد (Delzenne and Kok, 1999).

علاوه بر این، بیان شده است که مصرف پری‌بیوتیک‌ها سبب افزایش رشد باکتری‌های اسید لاکتیک در دستگاه گوارش می‌گردند. این میکروارگانیسم‌ها با غیر مزدوج ساختن نمک‌های صفراوی، قابلیت جذب آنها را در روده کاهش می‌دهند. در نتیجه بخش زیادی از نمک های صفراوی به شکل مدفوع از بدن خارج می شوند. به دنبال این فرایند با افزایش نیاز تبدیل کلسترول به اسیدهای صفراوی در کبد از غلظت کلسترول سرم خون کاسته می‌شود (Ooi and Liong, 2010).

یکی دیگر از مکانیسم‌های پیشنهادی، کاهش قابلیت جذب روده‌ای کلسترول با افزایش ضخامت لایه‌های پوششی جدار روده است. همچنین، افزایش بیان ژنی آنزیم ۳ هیدروکسی۳ متیل گلوتاریل کوآنزیم آ ردوکتاز و افزایش در پروتئین‌های عناصر پیوندی کنترل استرول نیز از مکانیسم‌های دیگر کاهش کلسترول توسط پری‌بیوتیک‌هاست (Gargari et al. 2013). در خصوص کاهش تری گلیسرید سرم، احتمالاً مکانیسم اصلی کاهش فعالیت‌های لیپوژنیک در کبد است. کاهش بیان ژنی آنزیم‌های لیپوژنیک مانند استیل‌کوآ کربوکسیلاز، آنزیم مالیک، سیترات لیپاز، گلوکز ۶ فسفات دهیدروژناز و اسید چرب سنتاز، کاتابولیسم لیپوپروتئین‌های غنی از

تری‌گلیسرید را افزایش می‌دهد (Beylot, 2005). همچنین گلوکز نیز محرک اصلی لیپوژنز است و کاهش سطح گلوکز خون می تواند لیپوژنز را کاهش دهد (Gargari et al. 2013). در خصوص کاهش گلوکز بیان شده است که فیبرهای پری‌بیوتیکی منجر به بهبود و تعدیل سطح گلوکز خون و کاهش ترشح انسولین به‌واسطه داشتن اندیس گلیسمی پایین می‌شوند (Weickert et al. 2006).

در نهایت، با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان اظهار داشت که تحت تأثیر استفاده از جیره‌های غذایی حاوی پری‌بیوتیک گالاکتوالیگوساکارید شاخص های رشد، تغذیه، ترکیب لاشه و بیوشیمیایی خون ماهیان کپور معمولی بهبود پیدا کردند که با توجه به دستیابی به بالاترین عملکرد از نظر شاخص‌های مربوطه، استفاده از ۲۰ گرم پری‌بیوتیک گالاکتوالیگوساکارید در کیلوگرم جیره غذایی ماهی کپور معمولی جوان توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

از مسئولین دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر به دلیل حمایت از انجام پژوهش حاضر در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد کمال تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ گونه تعارض منافعی را در این پژوهش شناسایی نکردند.

منابع

Akrami, R., Ghelichi, A., Gharaei, A. 2010. The use of prebiotics in aquaculture. Journal of Fisheries 4: 77-84. (in Persian).

Akrami, R., Iri, Y., Rostami, H.K. and Mansour, M.R. 2013. Effect of dietary supplementation of fructooligosaccharide (FOS) on growth performance, survival, lactobacillus bacterial population and hematoimmunological parameters of stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) juvenile. Fish & Shellfish Immunology 35: 1235-1239.

Aftabgard, M., Salarzadeh, A., Mohseni, M., Rastravan, M.E., Bahri, A.H., Zorriehzahra, S.J., Najjar Lashgari, S., Lashtoo Aghaee, G.R. 2020. The synergistic effects of BetaPlus Ultra and prebiotic oligosaccharides on growth performance, hepatosomatic index, hematological parameters, and carcass quality of Caspian trout (*Salmo caspius*). Iranian Scientific Fisheries Journal 29: 99-110. (in Persian).

AOAC. 1995. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis ofthe Association of Official Analytical Chemists, 16th edn. AOAC, Arlington 331-337.

Beylot, M. 2005. Effects of inulin type fructans on lipid metabolism in man and in animal models. British Journal of Nutrition 93: 163-168.

Denev, S., Staykov, Y., Moutafchieva, R., Beev, G. 2009. Microbial ecology of the gastrointestinal tract of fish and the potential application of probiotics and prebiotics in finfish aquaculture. International Aquatic Research 1: 1-29.

Delzenne, N.M., Kok, N.N. 1999. Biochemical basis of oligofructoseinduced hypolipidemia in animal models. Journal of Nutrition 129: 1467-1470.

Demigne, C., Morand, C., Levrat, M.A., Besson, C., Moundras, C., Remesy, C. 1995. Effect of propionate on fatty acid and cholesterol synthesis and on acetate metabolism in isolated rat hepatocytes. British Journal of Nutrition 74: 209-219.

FAO, 2020. The state of world fisheries and aquaculture. Food and Agriculture of United Nations, Rome.

Gargari, B.P., Dehghan, P., Mirtaheri, E., 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: 359-370.

Gibson, G.R. and Roberfroid, M.B. 1995. Dietary modulation of the colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. Journal of Nutrition 125: 1401-1412.

Guerreiro, I., Serra, C.R., Pousao-Ferreira, P., Oliva-Teles, A., Enes, P. 2018. Prebiotics effect on growth performance, hepatic intermediary metabolism, gut microbiota and digestive enzymes of white sea bream (*Diplodus sargus*). Aquaculture Nutrition 24: 153-163.

Haghipoor, M., Sudagar, M., Mazandarani, M., Hoseinifar, S.H. 2015. The effects of prebiotic isomaltooligosaccharide on some growth factors, survival, and resistance to salinity stress of Common carp (*Cyprinus carpio*) fry. Journal of Animal Environment 7: 235-240. (in Persian).

Hoseinifar, S.H., 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 4: 135-144

Ibrahim, M.T., Samy, H.M., Mahmoud, M.M., Fathalla, G.M. 2013. Evaluation of prebiotic (isomaltooligosaccharide) as a feed additive on growth performance, digestibility, and intestinal histology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Arabian Journal of Science 1: 1-12

Ismail, M., Wahdan, A., Yusuf, M.S., Metwally, E., Mabrok, M. 2019. Effect of dietary supplementation with a synbiotic (Lacto Forte) on growth performance, haematological and histological profiles, the innate immune response and resistance to bacterial disease in *Oreochromis niloticus*. Aquaculture Research 50: 2545-2562.

Jami, M.J., Kenari, A.A., Paknejad, H., Mohseni, M. 2019. Effects of dietary b-glucan, mannan oligosaccharide, Lactobacillus plantarum and their combinations on growth performance, immunity and immune related gene expression of Caspian trout, *Salmo trutta caspius* (Kessler, 1877). Fish & Shellfish Immunology 91: 202-208

Lee, C.S., Lim, C., Gatlin, D.M., Webster, C.D. 2015. Dietary Nutrients, Additives, and Fish Health. Wiley-Blackwell. 371 p.

Lotfan, M., Nazer, A.K., Ebrahimnezhad, Y., Moghadam, M. 2009. The effects of different sources and levels of prebiotics on performance and carcass characteristics of broiler chickens. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 16: 11-22. (in Persian).

Merrifield, D.L., Ringo, E. 2014. Aquaculture Nutrition: Gut Health, Probiotics, and Prebiotics. Wiley-Blackwell. 496 p.

Mokhtari, M., Imanpoor, M.R., Hajimoradloo, A., Hoseinifar, S.H., 2016. Effects of bactocell probiotic and galactooligosaccharide peribiotic on the growth, survival, blood parameters, and resistance to salinity stress in treespot gourami (*Trichogaster trichopterus*). Journal of Animal Environment 8: 199-206. (in Persian).

Ooi, L.G., Liong, M.T. 2010. Cholesterol lowering effects of probiotics and prebiotics: a review of in vivo and in vitro findings. International Journal of Molecular Sciences 11: 2499-2522.

Sabrin Joibari, M., Qobadi, S., Watan Dost, S. 2017. The effect of different levels of prebiotic AMAX on growth indices, survival and carcass composition in common carp fry (*Cyprinus carpio*). Aquaculture Development 11: 63-75. (in Persian).

Sapkota, A., Sapkota, A.R., Kucharski, M., Burke, J., McKenzie, S., Walker, P., Lawrence, R. 2008. Aquaculture practices and potential human health risks: current knowledge and future priorities. Environment International 34: 1215-1226

Torrecillas, S., Caballero, M.J., Montero, D., Sweetman, J., Izquierdo, M. 2016. Combined effects of dietary mannan oligosaccharides and total fish oil

substitution by soybean oil on European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juvenile diets. Aquaculture Nutrition 22: 1079-1090

Weickert, M.O., Mohlig, M.A.T.T.H.I.A.S., Schofl, C., Arafat, A.M., Otto, B., Viehoff, H., Koebnick, C., Kohl, A., Spranger, J., Pfeiffer, A.F. 2006. Cereal fiber improves whole body insulin sensitivity in overweight and obese women. Diabetes Care 29: 775-780

Zhou, Q.C., Buentello, J.A., Gatlin III, D.M. 2010. Effects of dietary prebiotics on growth performance, immune response and intestinal morphology of red drum (*Sciaenops ocellatus*). Aquaculture 309: 253-257.