شیلات، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۷، شماره ۲، پاییز ۱۳۹۲
ص۴۲۵-۴۳۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۹/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۶/۳۰

اثر مقطعی استفاده از پربیوتیک مانان الیگوساکارید و بتا -۱ و ۳- گلوکان در عملکرد رشد، ترکیب لاشه و فعالیت لیزوزیم سرم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

❖ **امیرحسین ناصری:** کارشناس ارشد تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر، آزادشهر، ایران
❖ **رضا اکرمی*:** استادیار گروه شیلات، دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر، آزادشهر، ایران

چکیده

اثر مقطعی استفاده از پربیوتیک مانان الیگوساکارید و بتا -۱ و ۳- گلوکان در شاخص رشد، ترکیب لاشه و فعالیت لیزوزیم سرم ماهی قزل‌آلا با وزن اولیهٔ ۰/۶± ۱۹/۶ به مدت ۶ هفته بررسی شد. ماهیان به میزان ۱/۵ گرم پربیوتیک در هر کیلوگرم غذا با چهار استراتژی تغذیه شدند که شامل تیمار شاهد: تغذیه با جیرهٔ پایه بدون مکمل پربیوتیک، تیمار ۱: تغذیهٔ مداوم با جیرهٔ حاوی مکمل پربیوتیک، تیمار ۲: تغذیه با جیرهٔ حاوی پربیوتیک به مدت یک هفته، سپس، تغذیه با جیرهٔ پایه بدون پربیوتیک به مدت یک هفته و تیمار ۳: تغذیه با جیرهٔ حاوی پربیوتیک به مدت ۲ روز و در ادامه تغذیه با جیرهٔ پایه بدون پربیوتیک به مدت ۵ روز بود. در عملکرد رشد و تغذیه بین استراتژی‌های مختلف تغذیه‌ای تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($P>0/05$). بیشترین محتوای پروتئین لاشه در تیمار شاهد ($P<0/05$) و بیشترین محتوای چربی لاشه در تیمار ۲ ($P<0/05$) مشاهده شد. بیشترین میزان فعالیت لیزوزیم سرم در تیمار مداوم پربیوتیک معادل ۵۳/۸۹ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر و کمترین میزان مربوط به تیمار شاهد معادل ۱۶/۸۸ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر مشاهده شد ($P<0/05$). این تحقیق نشان داد به کارگیری مداوم پربیوتیک در مقایسه با استفادهٔ مقطعی آن از کارایی بهتری برخوردار است.

واژگان کلیدی: پربیوتیک، قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، لیزوزیم، مانان الیگوساکارید و بتا -۱ و ۳- گلوکان، مقطعی.

* نویسندهٔ مسئول تلفن: ۰۱۷۴۶۷۲-۲۲۲۳
Email akrami202@yahoo.com:

۱. مقدمه

ماهی قزل‌آلا با دارابودن ویژگی‌های خاص از جمله کیفیت گوشت، اهلی‌شدن سریع و آسان، سخت‌گیرنبودن در غذاگیری، امکان پرورش متراکم، طول نسبتاً کوتاه دورهٔ پرورش و مقاومت به طیف وسیعی از شرایط فیزیکوشیمیایی محیط، از گونه‌های مهم و تجاری در ایران و جهان برای تأمین پروتئین مورد نیاز جوامع بشری به‌شمار می‌رود (Hardy, 2000). پرورش این‌گونه همواره با مشکلاتی نیز روبه‌رو بوده است که از آن جمله می‌توان به تغییرات کیفیت آب، شیوع بیماری‌ها و مشکلات تغذیه‌ای اشاره کرد، به گونه‌ای که شیوع بیماری به‌منزلهٔ مشکل عمدهٔ آبزی‌پروری، گسترش اقتصادی این بخش را در بسیاری از کشورهای جهان منجمله ایران تحت تأثیر قرار داده و همواره راه‌حل‌هایی نیز برای برطرف‌کردن این مشکلات ارائه شده است که موفقیت چندانی نداشته‌اند. با توجه به سیستم پرورش متراکم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، تقویت سیستم ایمنی ماهی در برابر شرایط استرس‌زا و بیماری‌ها ضروری است (Alishahi et al., 2010). از جمله در بخش کنترل بیماری‌ها، می‌توان به استفاده از داروهای پادزیست (آنتی‌بیوتیک‌ها) اشاره کرد، اما استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها و داروهای شیمیایی در آبزی‌پروری در چند سال گذشته تبعاتی را به دنبال داشته است که از جمله می‌توان به خطر مقاوم‌شدن پاتوژن به این داروها، باقی‌ماندن داروها در گوشت ماهیان تغذیه‌شدهٔ انسان و آلودگی‌های زیست‌محیطی اشاره کرد (Tangestani et al., 2011). لذا شرایط ایجاب می‌کند که برای ارتقای میزان مقاومت آن‌ها و افزایش رشد و بازماندگی از ترکیبات مناسبی در جیرهٔ غذایی این گونه استفاده شود تا در نهایت تولیدات آن‌ها افزایش یابد (Ahmadifar et al., 2009) که از جملهٔ این ترکیبات می‌توان به پربیوتیک‌ها (Prebiotic) اشاره کرد. پربیوتیک‌ها عناصر غذایی غیر قابل هضمی به شمار می‌روند که از طریق تحریک رشد یا فعال‌کردن یک یا تعداد محدودی از گونه‌های باکتریایی که در روده وجود دارند، آثار سودمندی در میزبان دارند و سلامتی آن را بهبود می‌بخشند (Gibson and Roberfroid., 1995). عناصر غذایی که به‌منزلهٔ پربیوتیک طبقه‌بندی می‌شوند باید خواصی از جمله هضم و جذب‌نکردن در بخش‌های فوقانی دستگاه گوارش، تخمیر گزینشی از طریق یک یا تعدادی از باکتری‌های مفید روده و تحریک فلور میکروبی روده به تولید ترکیبات سالم داشته باشند (Fooks and Gibson, 2002). تولید اسیدهای چرب زنجیرهٔ کوتاه و اسیدلاکتیک ناشی از تخمیر پربیوتیک به کاهش pH روده منجر می‌شود که شرایط مناسبی را برای رشد باکتری‌های اسید لاکتیک فراهم می‌کند (Schley and Field, 2002). مانان الیگوساکارید کربوهیدراتی پیچیده است که از دیوارهٔ سلولی مخمر *Saccharomyces cerevisiae* مشتق شده است. این ترکیبات شامل مانوز به‌منزلهٔ عنصر اولیهٔ کربوهیدرات است و مانع اتصال و کلونیزه‌شدن باکتری‌های بیماری‌زا به دستگاه گوارش می‌شود و آثار معکوس متابولیت‌های میکروفلور را کاهش می‌دهد (Savage et al., 1997). همچنین، این ترکیب پربیوتیکی حاوی مقادیر ویژه و مؤثری از بتا -۱ و ۳- گلوکان‌هاست که ترکیب اصلی غشای سلول مخمر ساکارومایسیس

سرویسه است. این ترکیبات، مولکول‌های پلی‌ساکاریدی بزرگی محسوب می‌شوند که کربوهیدرات گلوکز با زنجیرهٔ جانبی ۱ و ۳ را دربر می‌گیرند و به وسیلهٔ آنزیم‌های گلوکاناز تجزیه نمی‌شوند. بتاگلوکان‌ها می‌توانند از غشای مخاطی سلول‌های بافت روده عبور و با تحریک ماکروفاژها به‌منزلهٔ اولین خط دفاعی داخلی بدن به افزایش قدرت سیستم ایمنی کمک کنند. استفادهٔ مقطعی از محرک‌های ایمنی مختلف ممکن است بخش‌های مختلف سیستم ایمنی ماهی و میگو را تحریک و مشکل ناشی از افت ایمنی را در صورت استفادهٔ مداوم محرک‌های ایمنی برطرف کند (Bai et al, 2010). در حال حاضر گزارشی مبنی بر استفادهٔ مقطعی محرک‌های ایمنی در ماهی قزل‌آلای منتشر نشده است. لذا با توجه به اهمیت تقویت سیستم ایمنی در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان که صنعت پرورش آن در حال حاضر در کشور به خوبی توسعه یافته است در این مطالعه آثار استفاده از پربیوتیک مانان الیگوساکارید و بتاگلوکان به صورت پیوسته و مقطعی در فاکتورهای رشد، ترکیب شیمیایی بدن و فعالیت لیزوزیم سرم خون انجام شد.

۲. مواد و روش کار

این تحقیق در کارگاه آموزشی و پژوهشی آبزی‌پروری دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر (استان گلستان) انجام شد. پس از سازگاری اولیه و عادت‌پذیری ماهیان با غذای دستی استفاده‌شده در آزمایش تعداد ۳۶۰ قطعه بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با وزن اولیهٔ ۰/۶±۱۹/۶ گرم با تراکم ۳۰ قطعه در ۱۲ حوضچهٔ فایبرگلاس ۵۰۰ لیتری در قالب طرح کاملاً تصادفی به مدت ۶ هفته و در ۳ تکرار برای هر تیمار در شرایط یکسان پرورشی آزمایش شدند. پربیوتیک مانان الیگوساکارید و بتا -۱ و ۳- گلوکان (با نام تجاری تکنوموس) استفاده‌شده در این تحقیق به میزان ۱/۵ گرم در هر کیلوگرم به جیرهٔ تجاری ماهی قزل‌آلای (حاوی ۳۹ درصد پروتئین، ۱۸ درصد چربی و ۱۹/۰۲ مگاژول در کیلوگرم انرژی ناخالص) افزوده شد. سپس، با چهار استراتژی شامل تیمار شاهد: تغذیه با جیرهٔ تجاری پایه بدون مکمل پربیوتیک مانان الیگوساکارید و بتا -۱ و ۳- گلوکان به مدت ۶ هفته، تیمار ۱: تغذیهٔ مداوم با مکمل پربیوتیک به مدت ۶ هفته، تیمار ۲: تغذیه با جیرهٔ حاوی پربیوتیک به مدت یک هفته سپس، تغذیه با جیرهٔ شاهد بدون پربیوتیک به مدت یک هفته و تکرار این عمل تا هفته ششم، تیمار ۳: تغذیه با جیرهٔ حاوی پربیوتیک به مدت ۲ روز و در ادامه تغذیه با جیرهٔ بدون پربیوتیک به مدت ۵ روز سپس، ادامهٔ این فرایند تا هفتهٔ ششم (Bai et al, 2010) به ماهیان خورانده شد. ماهیان به میزان ۴ درصد وزن بدن ۳ بار در روز (ساعات ۸:۰۰، ۱۲:۰۰، ۱۶:۰۰) به مدت ۶ هفته تغذیه شدند. برای اتصال پربیوتیک به جیره از روغن مایع آفتابگردان به میزان ۳۰ سی سی به ازای هر کیلوگرم خوراک استفاده و در تیمار شاهد نیز روغن به همان نسبت به جیره اضافه شد. طی دورهٔ آزمایش میانگین دمای آب ۱/۴±۱۶/۳، میانگین اکسیژن محلول ۰/۴۷±۸/۷ میلی‌گرم در لیتر و میانگین pH ۰/۰۷±۷/۲ بود. هر ۲ هفته یک بار به منظور بررسی فاکتورهای رشد، بیومتری ماهیان هر

تیمار انجام می‌شد. ماهیان به منظور کاهش استرس هنگام زیست‌سنجی، با استفاده از عصارهٔ گل میخک (۱۰۰ppm) بیهوش می‌شدند (Karampour behesht abad, 2011) همچنین، غذادهی به آن‌ها به مدت ۱۲ ساعت قبل و بعد از زیست‌سنجی قطع شد. پس از اتمام دورهٔ پرورش به منظور بررسی ترکیب لاشهٔ ماهیان پس از اطمینان از تخلیهٔ کامل محتویات شکم؛ از هر تیمار ۳ ماهی به طور تصادفی انتخاب و پس از خارج‌کردن امعا و احشا، لاشهٔ آن‌ها منجمد شد و به آزمایشگاه انتقال یافت. میزان پروتئین لاشه با استفاده از دستگاه کجلدال، چربی لاشه با دستگاه سوکسله، رطوبت با قراردادن در آون در دمای ۱۰۵ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت و برای سنجش خاکستر از کورهٔ الکتریکی هریوس آلمانی با دمای ۵۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۴ ساعت استفاده شد (AOAC, 1990). در انتهای دورهٔ آزمایش برای سنجش فعالیت لیزوزیم سرم خون از ماهیان خونگیری و بدین منظور تعداد ۹ قطعه ماهی به طور تصادفی از هر تیمار آزمایشی انتخاب شد و با سرنگ ۲ سی سی از ورید ساقه دمی خون‌گیری به عمل آمد. سپس، نمونه‌های خون برای جداسازی پلاسما درون دستگاه سانتریفوژ مدل eppendorf 5415D با سرعت ۳۶۰۰ دور در ثانیه به مدت ۱۰ قرار داده شدند. پس از جداسازی، پلاسما فوراً به فریزر دارای دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد منتقل و تا زمان انجام آزمایش‌ها نگهداری شد (Alishahi et al., 2010). برای تعیین میزان لیزوزیم از روش ارائه‌شدهٔ (Sahoo et al, 2006) استفاده شد. به این منظور ۱۵ میکرولیتر پلاسما به پلیت‌های ۹۶ خانه‌ای شکل الایزا افزوده شد. سپس، ۱۵۰ میکرولیتر سوسپانسیون باکتری میکروکوکوس لیزودیکتیکوس (*Micrococcus lysodeikticus*) تهیه‌شده در بافر سیترات سدیم ۰/۰۲ مولار و pH برابر ۵/۵ به میزان ۰/۰۲ میلی‌گرم در لیتر اضافه و جذب نوری اولیه در طول موج ۴۵۰ نانومتر از طریق دستگاه الایزا ریدر مارک Bio-Tek ساخت امریکا اندازه‌گیری و پس از یک ساعت نگهداری در دمای اتاق، مجدداً جذب نوری اندازه‌گیری شد. لیزوزیم سفیدهٔ تخم‌مرغ لیوفلیزه‌شده (سیگما) نیز به منظور ترسیم منحنی استاندارد استفاده شد.

برای انجام محاسبات آماری ابتدا آزمون نرمالیتی به وسیلهٔ آزمون Shapiro-Wilk انجام شد. سپس، تجزیه و تحلیل روی داده‌های مربوط به تغییرات معیارهای رشد، فاکتورهای تغذیه‌ای، ترکیب شیمیایی بدن و فعالیت لیزوزیم سرم از طریق آزمون تجزیهٔ واریانس یکطرفه (ANOVA) و مقایسهٔ میانگین بین تیمارها بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن (Duncans multiple-range test) استفاده شد. وجود یا نبود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار SPSS (Ver. 18) انجام گرفت.

۳. نتایج

نتایج بررسی عوامل رشد و تغذیه حاکی از نبود اختلاف معنی‌دار بین استراتژی‌های مختلف تغذیه‌ای با پربیوتیک بود ($p>0/05$)، با این حال ماهیان تغذیه‌شده با پربیوتیک و با استراتژی پیوسته و مداوم در وزن نهایی، افزایش وزن، درصد افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی، نسبت کارایی پروتئین و فاکتور وضعیت نسبت به استراتژی‌های مقطعی و شاهد از کارایی بهتری برخوردار بودند (جدول ۱).

جدول ۱. مقایسهٔ شاخص رشد و اعلام بازماندگی (میانگین± انحراف معیار) ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه‌شده با استراتژی‌های مختلف تغذیه با پربیوتیک پس از ۶ هفته

تیمار	شاهد	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳
وزن نهایی (گرم)	۶۹/۴۶±۳/۰۲	۷۷/۶۸±۲/۷	۷۷/۱۲±۱۰/۶۳	۶۸/۴۵±۱۰/۰۹
درصد افزایش وزن بدن	۲۵۰/۶۳±۷/۶۵	۳۰۱/۵۵±۱۱/۹۵	۲۹۷/۸۳±۴۵/۲۹	۲۴۴/۰۵±۴۶/۳۱
نرخ رشد ویژه (درصد در روز)	۲/۴۶±۰/۰۴	۲/۷۲±۰/۰۶	۲/۷۰±۰/۲۲	۲/۴۱±۰/۲۶
ضریب تبدیل غذایی (گرم)	۱/۶۵±۰/۱۷	۱/۴۳±۰/۰۴	۱/۴۷±۰/۱۲	۱/۴۶±۰/۰۹
نسبت کارایی پروتئین (گرم)	۱/۵۲±۰/۱۸	۱/۷۴±۰/۰۴	۱/۷۱±۰/۱۴	۱/۷۱±۰/۱۲
فاکتور وضعیت (درصد)	۱/۱۵±۰/۰۴	۱/۱۸±۰/۰۲	۱/۰۷±۰/۱۲	۱/۰۷±۰/۰۳

تیمار شاهد: تغذیه با جیرهٔ تجاری و پایه بدون مکمل پربیوتیک به مدت ۶ هفته؛

تیمار ۱: تغذیهٔ مداوم با مکمل پربیوتیک به مدت ۶ هفته؛

تیمار ۲: تغذیه با جیرهٔ حاوی پربیوتیک به مدت یک هفته سپس، تغذیه با جیرهٔ شاهد بدون پربیوتیک به مدت یک هفته و تکرار این عمل تا هفتهٔ ششم؛

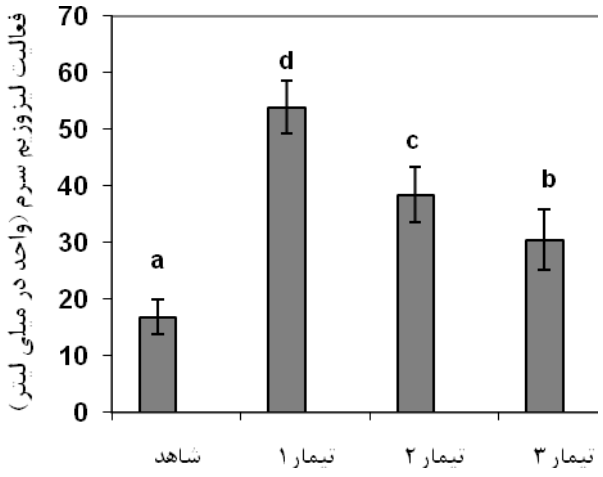
تیمار ۳: تغذیه با جیرهٔ حاوی پربیوتیک به مدت ۲ روز و در ادامه تغذیه با جیرهٔ بدون پربیوتیک به مدت ۵ روز. سپس ادامهٔ این فرایند تا هفتهٔ ششم.

تأثیر جیره‌های حاوی سطوح مختلف پربیوتیک مانان الیگوساکارید و بتا -۱ و ۳- گلوکان در ترکیب شیمیایی بدن بچه ماهیان قزل‌آلای در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج آنالیز لاشه از نظر پروتئین، چربی و خاکستر در بین تیمارها تفاوت معنی‌داری را نشان داد ($P<0/05$) به طوری که بیشترین میزان پروتئین، چربی و خاکستر به ترتیب در تیمارهای شاهد، تیمار ۲ (تغذیه با جیرهٔ حاوی پربیوتیک به مدت یک هفته سپس، تغذیه با جیرهٔ پایه بدون پربیوتیک به مدت یک هفته) و تیمار ۳ (تغذیه با جیرهٔ حاوی پربیوتیک به مدت ۲ روز و در ادامه تغذیه با جیرهٔ پایه بدون پربیوتیک به مدت ۵ روز) مشاهده شد.

تأثیر استراتژی‌های مختلف تغذیهٔ ماهیان با پربیوتیک مانان الیگوساکارید و بتا -۱ و ۳- گلوکان پس از ۶ هفته در فعالیت لیزوزیم سرم خون ماهیان نشان داد (شکل ۱) که میزان لیزوزیم سرم در ماهیان تغذیه‌شده با استراتژی‌های مختلف پربیوتیکی چه به صورت مداوم و چه به صورت مقطعی در مقایسه با گروه شاهد از افزایش معنی‌داری برخوردار است ($P<0/05$). بیشترین مقدار این شاخص معادل ۵۳/۸۹ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر مربوط به تیمار مداوم ربیوتیکی و کمترین مقدار این شاخص معادل ۱۶/۸۸ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر مربوط به تیمار شاهد بود.

جدول ۲. مقایسهٔ ترکیب شیمیایی بدن ماهیان قزل‌آلای تغذیه‌شده با استراتژی‌های مختلف تغذیه با پربیوتیک در انتهای آزمایش

تیمار	شاهد	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳
پروتئین	۱۹/۰۲±۰/۳۸^{b}	۱۸/۲۳±۰/۹۱^{a}	۱۸/۴۳±۱/۰۵	۱۸/۳۹±۰/۴۰^{ab}
چربی	۵/۶۵±۰/۵۸^{a}	۶/۲۴±۰/۴۶^{bc}	۶/۶۰±۰/۵۸^{c}	۵/۸۳±۰/۴۴^{ab}
خاکستر	۲/۲۴±۰/۱۵^{a}	۲/۷۶±۰/۲۷^{b}	۲/۸۵±۰/۳۸^{bc}	۳/۱۰±۰/۳۳^{c}



شکل ۱. میانگین (+ انحراف معیار) فعالیت لیزوزیم سرم (واحد در میلی‌لیتر) ماهیان قزل‌آلای تغذیه‌شده با استراتژی‌های مختلف پربیوتیکی.

نبود حداقل یک حرف مشابه روی ستون‌ها (c > b > a) نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار بین ستون‌هاست (P< ۰/۰۵).

تیمار شاهد: تغذیه با جیرهٔ تجاری و پایه بدون مکمل پربیوتیک به مدت ۶ هفته؛

تیمار ۱: تغذیهٔ مداوم با مکمل پربیوتیک به مدت ۶ هفته؛

تیمار ۲: تغذیه با جیرهٔ حاوی پربیوتیک به مدت یک هفته سپس، تغذیه با جیرهٔ شاهد بدون پربیوتیک به مدت یک هفته و تکرار این عمل تا هفتهٔ ششم؛

تیمار ۳: تغذیه با جیرهٔ حاوی پربیوتیک به مدت ۲ روز و در ادامه تغذیه با جیرهٔ بدون پربیوتیک به مدت ۵ روز. سپس، ادامهٔ این فرایند تا هفتهٔ ششم.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج بررسی حاضر مشخص شد به کارگیری استراتژی‌های مختلف تغذیه‌ای با پربیوتیک مانان الیگوساکارید و بتا -۱ و ۳- گلوکان در جیرهٔ بچه ماهیان قزل‌آلا در مقایسه با گروه شاهد تأثیر معنی‌داری در شاخص‌های رشد و تغذیه ندارد (P>۰/۰۵) اگرچه ماهیان تغذیه‌شده با استراتژی مداوم پربیوتیکی در سطح ۱/۵ گرم بر کیلوگرم نسبت به سایر استراتژی‌های تغذیه‌ای قابلیت تأثیرگذاری مثبت و افزایشی را به دنبال داشتند. نتایج مشابهی در

خصوص نبود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای پربیوتیکی و گروه شاهد در فیل‌ماهی جوان تغذیه‌شده با مانان الیگوساکارید (*Huso huso*) (Ghobadi et al., 2011)، ماهی تیلاپیا (*Oreochromis niloticus*) تغذیه‌شده با مانان الیگوساکارید (Sado et al., 2008)، ماهی سیم دریایی (*Sparus aurata*) تغذیه‌شده با مانان الیگوساکارید (Dimitroglou et al., 2010) گزارش شده است. بهبود عملکرد رشد و تغذیه در استراتژی مداوم پربیوتیکی شاید به این دلیل باشد که پربیوتیک مانان الیگوساکارید و بتا -۱ و ۳- گلوکان از طریق اتصال به گیرنده‌های شبه‌لکتین روی لکوسیت‌ها و افزایش تکثیر ماکروفاژها سبب تحریک سیستم ایمنی شده است (Cerezuela et al., 2008). همچنین، گزارش شده است که محرک‌های ایمنی به گیرنده های ویژه‌ای روی سطح سلول فاگوسیت‌ها و لنفوسیت‌ها می‌چسبند و با تولید آنزیم‌هایی عوامل بیماری‌زا را تخریب می‌کنند. علاوه بر این، می‌توانند برخی انتقال‌دهندگان شیمیایی نظیر اینترفرون، اینترلوکین و پروتئین های کمپلمان را تولید کنند که سبب تحریک سیستم ایمنی و افزایش فعالیت لنفوسیت B و T می‌شوند (Raa et al., 1992). بر خلاف یافته‌های تحقیق حاضر افزودن مانان الیگوساکارید به جیرهٔ ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) (Karampour behesht abad, 2011) و تغذیهٔ گونهٔ سیم دریایی (*Sparus aurata*) با مانان الیگوساکارید (Gultepe et al., 2010) به تفاوت معنی‌داری در شاخص‌های رشد و تغذیه منجر شد که با نتایج تحقیق حاضر مغایرت داشت. بر خلاف نتایج تحقیق گزارش شده است که استفادهٔ مقطعی محرک ایمنی بتاگلوکان و glycyrrhizin در میگوی پاسفید غربی (*Litopenaeus vannamei*) با استراتژی ۲ روز تغذیه با مکمل ایمنی و ۵ روز تغذیه با جیرهٔ پایه بیشترین تأثیر را روی رشد و ایمنی داشت (Bai et al, 2010). عدم قطعیت در نتایج گزارش‌شدهٔ محققان مختلف را احتمالاً می‌توان به نوع گونهٔ پرورشی، اندازه، سن گونهٔ پرورشی، مدت تجویز پربیوتیک، نوع پربیوتیک انتخابی، نوع استراتژی تغذیه، نحوهٔ اضافه‌کردن پربیوتیک به جیره، شرایط محیطی بهداشتی نگهداری موجود، رفتارهای تغذیه‌ای، خصوصیات فیزیولوژیک موجود و فرمولاسیون جیرهٔ غذایی نسبت داد که ممکن است در تأثیرات متفاوت پربیوتیک روی رشد و بازماندگی نقش داشته باشد (Akrami et al., 2013). پربیوتیک‌ها با تأثیر در باکتری‌های مفید روده سبب افزایش حجم باکتری‌های مفید روده می‌شوند و در نهایت با افزایش قابلیت هضم‌پذیری روی برخی از ترکیبات مفید در ترکیبات بدن نیز تأثیرگذار خواهند بود. میزان پروتئین لاشه در بدن ممکن است تحت تأثیر جیره‌های حاوی پربیوتیک قرار گیرد اگرچه به نظر می‌رسد این واکنش بسته به گونهٔ ماهی متفاوت باشد (Helland et al., 2008). نتایج تحقیق حاضر حاکی از تفاوت معنی‌دار در میزان پروتئین، چربی و خاکستر لاشه در بین تیمارهای آزمایشی بود. Jahanjoo در سال ۲۰۱۲ در تحقیقی که روی ماهی خواجو (*Schizothorax zarudnyi*) با افزودن سطوح مختلف مانان الیگوساکارید انجام داد تفاوت معنی‌داری را در محتوای ترکیب لاشه مشاهده کرد که نتایج مطالعهٔ حاضر را تأیید می‌کند. اما Gultepe و همکاران و Dimitroglou و همکاران در سال ۲۰۱۰ با افزودن

مانان الیگوساکارید به میزان ۲ و ۴ گرم به جیرهٔ غذایی ماهی سیم دریایی (*Sparu aurata*) تفاوت معنی‌داری را در محتوای ترکیب شیمیایی بدن مشاهده نکردند که با نتایج تحقیق حاضر مغایرت داشت. لیزوزیم پارامتر مهم دفاعی در مهره‌داران و بی‌مهرگان است. لیزوزیم آنزیم ضد باکتریایی است که از طریق لوکوسیت‌ها و به خصوص مونوسیت‌ها، ماکروفاژها و نوتروفیل‌ها تولید می‌شود (Alishahi et al., 2010). این آنزیم پپتیدوگلیکان را در دیوارهٔ باکتری‌ها می‌شکند و بدین ترتیب به طور غیراختصاصی از رشد میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا جلوگیری می‌کند. لیزوزیم در تسهیل بیگانه‌خواری نیز مشارکت دارد که این فرایند پاسخ ایمنی است که سبب تسهیل عمل فاگوسیتوز می‌شود. همچنین، به نظر می‌رسد این آنزیم فعالیت ضد ویروسی دارد و در نتیجه به‌منزلهٔ بخش مهم از مکانیزم دفاع غیراختصاصی به شمار می‌رود. دیده شده ماهیانی که فعالیت لیزوزیم در خون آن‌ها بالاتر است، فعالیت ضد باکتریایی بیشتری در برابر باکتری‌های گرم منفی و مثبت دارند (Choi et al., 2008). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که مکمل پربیوتیکی استفاده‌شده در این مطالعه در سطح ۱/۵ گرم در هر کیلوگرم در استراتژی‌های مختلف تغذیه‌ای سبب تحریک سیستم ایمنی در ماهی قزل‌آلای می‌شود. لکوسیت‌ها (گلبول‌های سفید) از منابع اصلی تولید لیزوزیم به شمار می‌روند. دلیل افزایش لیزوزیم و به تبع آن تقویت ایمنی غیراختصاصی را می‌توان به تخمیر این فرآوردهٔ پربیوتیکی از طریق سلول‌های انتروسیت روده و در نتیجه تأثیر مناسب آن در سیستم ایمنی مرتبط دانست (Akrami et al., 2013). در تأیید یافتهٔ این تحقیق نتایج مشابهی به دنبال استفاده از پربیوتیک مانان الیگوساکارید در جیرهٔ ماهی تیلاپیا (Sado et al, 2008) و ماهی روهو (Andrews et al, 2009) گزارش شده است. همچنین، نتیجهٔ مشابهی به واسطهٔ افزودن پربیوتیک‌های مختلف نظیر FOS، MOS، TOS و GBA به میزان ۱۰ گرم در کیلوگرم در جیرهٔ ماهی Red drum گزارش شده است (Buntello et al., 2010). در اختلاف با نتایج تحقیق ما افزودن پربیوتیک مانان الیگوساکارید به جیرهٔ ماهی تیلاپیا (Hisano et al., 2007) و گربه‌ماهی روگاهی (*Ictalurus punctatus*) (Welker et al., 2007) به افزایش معنی‌داری در لیزوزیم سرم منجر نشد. در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که افزودن ۱/۵ گرم پربیوتیک مانان الیگوساکارید و بتا -۱ و ۳-گلوکان در هر کیلوگرم جیرهٔ غذایی با استراتژی مداوم تغذیه‌ای در مقایسه با استراتژی مقطعی می‌تواند در بهبود عملکرد رشد و ایمنی ماهیان قزل‌آلای پرورشی مؤثر واقع شود.

References

[1]. Ahmadifar, E., Jalali, M.A., Sudagar, M., Azari takami, Gh., Mohammadi Zaraj Abad, A., 2009. Effects of AquaVac Ergosan on growth performance, survival And haematological factors in beluga (*Huso huso*) juvenile. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 16,72- 80.

[2]. Akrami , R., Iri, Y., Khoshbavar Rostami, H.A., Razeghi Mansour, M., 2013. Effect of dietary supplementation of fructooligosaccharide (FOS) on growth performance, survival, lactobacillus bacterial population and hemato-immunological parameters of stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*) juvenile. Fish & Shellfish Immunology 35,1235-1239.

[3]. Alishahi, M., Ranjbar, M.M., Ghorbanpour, M., Peyghan, R., Mesbah, M., Razi, J.M., 2010. Effects of dietry aloevera on some specific and nonspecific immunityin in the common carp (*Cyprinus carpio*).International Journal of Veterinary Research 4,189-195.

[4]. Andrews S.R., Sahu, N.P., Pal, A.K., Kumar, S., 2009. Haematological modulation and growth of *Labeo rohita* fingerlings: effect of dietary mannan oligosaccharide, yeast extract, protein hydrolysate and chlorella. Aquaculture Research 41, 61-69.

[5]. AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 1990. Official method of analysis AOAC, Washington DC, USA.1263P.

[6]. Bai, n., Zhang, W., Mai, K., Wang, X., Xu, W., Ma, H., 2010. Effects of discontinuous administration of β-glucan and glycyrrhizin on the growth and immunity of white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture 306 , 218–224.

[7]. Buentello, A., Neill, W.H., Gatlin, D.M. 2010. Effects of dietary prebiotics on the growth, feed efficiency and non-specific immunity of juvenile red drum Sciaenops ocellatus fed soybean-based diets. Aquaculture Research 41, 411–418.

[8]. Cerezuela, R., Cuesta, A., Meseguer, J., Esteban, A., 2008. Effect of inulin on Gilthead seabream (*Sparus aurata*) innate immune parameters. Fish & Shellfish Immunology 24,663-668.

[9]. Choi, S-H., Park, K-H., Yoon, T-J., Kim, J-B., Jang, Y-S., Choe, C.H., 2008. Dietary Korean mistletoe enhances cellular non-specific immune responses and survival of Japanese eel (*Anguilla japonica*). Fish & Shellfish Immunology 24,67-73.

[10]. Dimitroglou, A., Merrifield, D.L., Spring, P., Sweetman, J., Moate, R. Davies, S.J., 2010. Effects of mannan oligosaccharide (MOS) supplementation on growth performance, feed utilisation, intestinal histology and gut microbiota of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). Aquaculture 300: 182-188.

[11]. Fooks, L.J., Gibson, G.R., 2002. Probiotic as a modulators of the gut flora. The British Journal of Nutrition 1, S39-49.

[12]. Ghobadi, Sh., Razeghi Mansour, M., Akami, R., Amani danji, K., Esmaeili mola, A., 2011. Effect of dietary different levels of mannan oligosaccharide and growth performance, body composition and lactobacilous in beluga (*Huso huso*) juvenile cultivated. Journal of Khorramshahr Marine Science and Technology 10,67-77.

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

[14]. Gultepe, N., Salnur, S., Hossu, B., Hisar, O., 2010. Dietary supplementation with Mannanoligosaccharides (MOS) from Bio-Mos enhances growth parameters and digestive capacity of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). Aquaculture Nutrition 17: 482-487.

[15]. Hardy, R.W., Sugiura, S.H., Babbitt, J.K., Dong, F.M., 2000. Utilization of fish and animal by-product meals in low-pollution feeds for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture Research 31, 585-593.

[16]. Helland, B.G., Helland, S.J., Gatlin, D.M., 2008. The effect of dietary supplementation with mannanoligosacchare, fructooli gosaccharide or galactooligosaccharide on the growth atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture 283: 163-167.

[17]. Hisano, H., Barros, M.M., Pezzato, L.E., 2007. Levedura e zinco como pró-nutrientes em rações para tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). Aspectos hematológicos. Boletim do Instituto de Pesca 33, 35-42.

[18]. Jahanjoo,V., 2012, Effect of dietary mannan oligosaccharide on growth performance, survival, body composition in *Schizothorax zarudnyi*, MSc. thesis. Department of Fisheries, Islamic AzadUniversity,Azadshahr Branch,64 pp.

[19]. Karampour behesht abad, A., 2011. Effect of dietary different levels of mannan oligosaccharide on growth performance, survival, body composition in Common carp (*Cyprinus carpio*) , MSc. thesis. Department of Fisheries, Islamic Azad University, Azadshahr Branch, 65pp.

[20]. Raa, R., Robertson, B.,Sung, H.,1992. The use of immunostimulants to increase resistance of aquatic organisms to microbial infections. In: Diseases in Asian Aquaculture 1, Asian Fisheries Society, Manila, Philippines, pp. 39-50.

[21]. Tangestani, R., Alizadeh Doughikollaee, E., Ebrahimi, E., Zare, P., 2011. Effect of garlic essential oil as immunostimulation on hematological indices of juvenile beluga (*Huso huso*).Journal of Veterinary Research 66,209-216.

[22]. Sado, R. J., Bicudo, A. J. D. A., Cyrino, J. E. P., 2008. Feeding dietary mannanoligosaccharid to juvenile nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), has no effect on hematological parameters and showed decreased feed consumption, Journal of World Aquaculture Society 39, 821-826.

[23]. Sahoo, P.K., 2006. immuno competent organs in teleosts. In: Swain, P. Sahoo, P.K. & Ayyappan ,S. (Eds) Fish & shellfish immunology, Navendra Publishing House, Dehli. pp.1-12.

[24]. Savage, T.F., Zakrzewska, E.I., Andersen, J.R., 1997. The effects of feeding mannan oligosaccharide supplemented diets to poults on performance and morphology of the small intestine. Poultry Science 76 ,139-143

[25]. Schley, P. D., Field, C. J., 2002. The immune-enhancing effects of dietary fibres and prebiotics. The British Journal of Nutrition. 87, 221–230.

[26]. Welker, T.L., Lim, C., Yildirim-Aksoy, M., Shelby, R., Klesius,P.H., 2007. Immune response and resistance to stress and Edwardsiella ictaluri challenge in channel catfish (*Ictalurus punctatus*) fed diets containing commercial whole-cell yeast or yeast subcomponents. Journal of World Aquaculture Society 38, 24 –35.