تأثیر اینولین به عنوان پربیوتیک بر عملکرد رشد و زنده مانی ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

رضا اکرمی[۱] ، افشین قلیچی[۲] ، حامد منوچهری[۳]
۱و۲ –گروه شیلات دانشگاه آزاد اسلامی واحد آزادشهر
۳- گروه شیلات دانشگاه آزاد اسلامی واحد بابل

چکیده

بـه منظـور تـأثیر پربیوتیـک اینـولین بـر عملکـرد رشـد، تغذیـه و زنـده مـانی مـاهی قـزل آلای رنگـین کمـان (*Oncorhynchus mykiss*) آزمایش تغذیه ای با سه سطح اینولین ۱، ۲ و ۳ درصد که با سطوح سلولز موجود در جیره شاهد جایگزین شده بودند در سه تکرار انجام شد. بچه ماهیان با میانگین وزنی ۰/۶ ± ۱۵/۵۸ گرم بـه مـدت ۸ هفته با جیره های آزمایشی تغذیه شدند. نتـایج نشـان داد کـه در تیمارهـای آزمایشـی، سـطوح مختلـف پربیوتیـک اینولین روی برخی شاخص های رشد نظیر وزن نهایی، نرخ رشد ویژه، ضریب رشـد حرارتـی و تولیـد خـالص مـاهی تأثیر مثبت و معنی دار نداشتند؛ به طوری که در سطح ۳ درصد اینولین در جیره غذایی مقادیر فاکتورهای مذکور در مقایسه با سایر تیمارها کاهش یافت. در مقادیر ضریب تبدیل غذایی، کارآیی تغذیه، شاخص وضعیت و نسبت کـارایی پروتئین تفاوت معنی داری مشاهده نگردید. در انتهای دوره پرورش تفاوت معنی داری در نرخ زنده مانی نیز مشاهده نگردید. نتایج این مطالعه نشان داد سطوح متفاوت پربیوتیک اینولین قابلیت تأثیر گذاری بالایی بـر افـزایش عملکـرد رشد، تغذیه و زنده مانی در ماهی قزل آلا ندارند.

واژه گان کلیدی: رشد، تغذیه، پربیوتیک اینولین، قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

مقدمه

در حال حاضر چالش عمده در آبزی پروری تجاری، بهبود جیره های غذایی فرموله شده بـرای بهینـه سـازی رشـد و ارتقاء سلامت ماهیان می باشد و توسعه روزافزون آبزی پروری در بسیاری از مناطق دنیا منجر به افـزایش درخواسـت و استفاده از مواد شیمیایی جدید شده است به طوری کـه در سـالهای اخیـر بسـیاری از مـواد شـیمیایی و ترکیبـات صنعتی از جنبه های اقتصادی و دامنه سلامتی طبقه بندی و در آبزی پروری استفاده شده است. ایده جدید اسـتفاده از پربیوتیک (Prebiotic) در جیره ماهی و میگو می باشد. پربیوتیک ها عناصر غذایی (کربوهیدرات های) غیر قابـل هضمی (Non-digestible carbohydrate) هستند که از طریق تحریـک رشـد یـا فعـال کـردن یـک یـا تعـداد محدودی از گونه های باکتریایی که در روده وجود دارند، اثرات سودمندی بر میزبـان داشـته و سـلامتی آن را بهبـود می بخشند (Gibson & Roberfroid, 1995)، بنابراین پربیوتیک هـا باعـث بهبـود و تعـادل میکروفلـور روده و افزایش مکانیسم دفاعی میزبان می شوند. عناصر غذایی که به عنوان پربیوتیک طبقه بندی می شوند بایسـتی دارای خواصی باشند که در نهایت سودمند واقع گردند از جمله این که در بخش های فوقانی دستگاه گوارش نبایستی هضم و جذب شوند، توسط یک یا تعـدادی از بـاکتری هـای مفیـد روده بصـورت گزینشـی تخمیـر شـوند و میکروبیوتـای (Microbiota) روده را به تولید ترکیبات سالم تر سـوق دهنـد (Fooks & Gibson, 2002). تولیـد اسـیدهای چرب زنجیره کوتاه و اسید لاکتیک ناشی از تخمیر اینولین منجر به کاهش pH روده می شود کـه شـرایط مناسـب برای رشد باکتری های اسید لاکتیک را فراهم می کند (Schley & Field, 2002). بیشترین موادی که به عنـوان پربیوتیک در تغذیه انسان ها و حیوانات مورد بررسی قرار گرفته اند کربوهیدرات ها هستند. مشخص شـده اسـت کـه

در میان کربوهیدرات ها؛ اینولین، الیگوفرکتوز، ترانس گالاکتوالیگوساکارید و لاکتوز را می توان بـه عنـوان پربیوتیـک استفاده کرد. در حال حاضر پربیوتیک هـا بیشـتر بـر اسـاس توانـایی شـان در افـزایش رشـد میکروارگانیسـم هـای تولیدکننده اسیدلاکتیک انتخاب می شوند (Gibson, 1998). از بین انواع پربیوتیک های آزمایش شـده، فروکتـون های نوع اینولین بیش از همه مورد بررسی قرار گرفته اند. اینولین یک الیگوساکارید غیرقابل هضم گیاهی اسـت کـه دارای فیبر محلول بوده و از گیاهان مختلفی (نظیر: سیر، پیاز، سیب زمینی ترشی، تره فرنگی، گندم، موز، گل کوکب و کاسنی) با درجه پلیمریزاسیون متفاوت بدست می آید (Roberfroid, 1993). با وجود اثرات مفیـدی کـه بـرای پربیوتیک در نظر گرفته شده است، تحقیقات در این زمینه هنـوز در آغـاز راه خـود قـرار داشـته و تعـداد محـدودی تحقیق در زمینه اثر پربیوتیک در ماهیان انجام شده است که از جمله آنها می توان به تـأثیر اینـولین در مـاهی چـار سردسیری (*Salvelinus alpinus*) (Olsen et al., 2001)، تـأثیر پربیوتیـک نـوع Grobiotic^{TM} در هیبریـد ماهی باس مخطـط (Li & Gatlin, 2004; Li et al., 2005)، تـأثیر اینـولین و الیگوفروکتـوز روی لارو مـاهی کفشک (*Psetta maxima*)، گربه ماهی آفریقایی(*Clarias gariepinus*) و تاسـماهی سـیبری (*Acipenser baeri*) (Mahious & Ollevier 2005; Mahious *et al*., 2005) اشاره کرد.

مواد و روش ها

محل اجرای تحقیق: این بررسی از اواسط مردادماه تا اواسط مهر ماه سال ۱۳۸۶ در کارگـاه تکثیـر و پـرورش مـاهی قزل آلا منطقه ماهیان فاضل آباد (استان گلستان) به مدت ۸ هفته انجام گرفت. پس از سازگاری سازی اولیه و عادت دهی بچه ماهیان مورد آزمایش با غذای دستی، تعداد ۴۸۰ عدد بچه مـاهی قـزل آلا بـا وزن متوسـط ۰/۶ ± ۱۵/۵۸ گرم در ۱۲ حوضچه ۲ متر مربعی با تراکم ۴۰ عدد در هر حوضچه کشت گردید.

پربیوتیک: پربیوتیک مورد استفاده در این آزمایش اینولین (رافتیلین ST) است که فروکتان های خطی(۱ $\rightarrow$ ۲)-β می باشد. رافتیلین فرم استاندارد اینولین استخراج شده از ریشه گیاه کاسنی می باشد. درجه پلیمریزاسـیون آن ۶۰-۲ درصد می باشد. حداقل میزان فروکتان های تضمین شده توسط کارخانه ORAFTI ۹۰ درصد اسـت (جـدول۱). ترکیبات دیگر آن شامل گلوکز، فروکتوز و ساکارز می باشد. این پربیوتیک از شرکت ORAFTI کشور بلژیـک تهیـه گردید.

جدول۱- مشخصات اینولین مورد استفاده در این تحقیق

ترکیب	ساختار الیگوساکارید	ماده
٪۹۰ اینولین	Gluα 1-2[β Fru 1-2]n , Where n$\rangle$ 10 average 10-12	رافتیلین LS

تهیه و ساخت جیره های آزمایشی: این تحقیق با استفاده از طرح کاملا تصـادفی شـامل سـه سـطح اینـولین ۱،۲ و۳ درصد (۱۰، ۲۰ و ۳۰ گرم در کیلوگرم) که جایگزین سلولز جیـره شـاهد گردیدنـد (Mahious *et al*., 2005) در چهار تیمار با سه تکرار طراحی شد. جیره نویسی بـا اسـتفاده از نـرم افـزار لینـدو (Lindo, 1994) و بـا توجـه بـه احتیاجات غذایی ماهی قزل آلا برای هر یک از جیره های آزمایشی تعیین شد. از آرد مـاهی کیلکـا بـه عنـوان منبـع اصلی پروتئین، از روغن ماهی کیلکا و روغن سویا به عنوان منبع و عامل تنظـیم انـرژی جیـره اسـتفاده شـد. میـزان سطوح ویتامین ها، مواد معدنی و مکمل ها نیز در تمام جیره ها یکسان بود (جدول۲). برای تهیه جیره ها، ابتدا مـواد خشک بوسیله ترازو توزین و به مدت ۳۰ دقیقه مخلوط گردیدند. سپس مواد اولیه مایع به علاوه مقداری آب اضافه و

به مدت ۱۵ دقیقه دیگر مخلوط کردن ادامه پیدا کرد. سپس با استفاده از چرخ گوشت صـنعتی بـه قطـر خروجـی ۲ میلی متر به رشته های بلند تبدیل شده و پس از خشک شدن در در داخـل دسـتگاه خشـک کـن در دمـای ۶۰-۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۷ ساعت در اندازه ای مناسب بصورت پلت تهیه گردید. در پایـان جیـره هـا در بسـته هـای مناسب بسته بندی و در سردخانه در دمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری شدند.

برآورد تجزیه تقریبی ترکیبات جیره ها: آنـالیز تقریبـی ترکیبـات جیـره بـا روش هـای اسـتاندارد جیـره انجـام شـد (AOAC, 1990). میزان پروتئین کل با استفاده از دستگاه کجلـدال، میـزان انـرژی بـا اسـتفاده از دسـتگاه بمـب کالریمتر، میزان چربی با استفاده از روش سوکسله، میزان رطوبت با استفاده از آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گـراد به مدت ۲۴ ساعت و مقدار خاکستر با استفاده از کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد بـه مـدت ۴ سـاعت اندازه گیری شد. غذادهی بر حسب مشاهدات و رفتار تغذیه ای ماهیان تا حد سیری به میـزان ۳ درصـد وزن بـدن و در ۳ وعده غذایی انجام شد.

برآورد شاخص های رشد و پارامترهای تغذیه ای: زیست سنجی ماهیان هر دو هفته یکبار انجام شـد. وزن بـا تـرازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم و طول کل با خط کش با دقت ۱ میلی متر اندازه گیری شد. شاخص های رشد نظیـر وزن نهایی، نرخ رشد ویژه (SGR) ، فاکتور وضعیت (CF) و ضریب رشد حرارتی (TGC) و پارامترهای تغذیه ای شـامل ضریب تبدیل غذایی (FCR) ، کارایی غذا (FE) ، نسبت کارایی پروتئین (PER) و مقدار غذای خورده شده تعیـین گردید. (Kofi *et al.*, 1992).

میانگین وزن ابتدای دوره به گرم – میانگین وزن انتهای دوره به گرم = افزایش وزن بدن

[میانگین وزن ابتدای دوره به گرم / (میانگین وزن ابتدای دوره به گرم - میانگین وزن انتهای دوره به گرم)] ×۱۰۰ = درصد افزایش وزن بدن

[زمان/ (لگاریتم طبیعی میانگین وزن اولیه به گرم - لگاریتم طبیعی میانگین وزن نهایی به گرم)] ×۱۰۰= ضریب رشد ویژه

[زمان × ۲/ (میانگین وزن اولیه به گرم + میانگین وزن نهایی به گرم)]/ غذای خورده شده ×۱۰۰= غذای خورده شده روزانه

[میانگین درجه حرارت به سانتیگراد × زمان/ (وزن توده زنده اولیه ماهی به گرم - وزن توده زنده نهایی ماهی به گرم)] ×۱۰۰= ضریب رشد حرارتی

((میانگین طول انتهای دوره به سانتیمتر)^{۳}/ میانگین وزن انتهای دوره به گرم)) ×۱۰۰ = شاخص وضعیت

(تعداد بچه ماهیان باقیمانده در انتهای دوره/ تعداد بچه ماهیان ابتدای دوره) ×۱۰۰ = درصد زنده مانی

(تعداد ماهیان باقیمانده انتهای دوره) × [(میانگین وزن اولیه به گرم / میانگین وزن نهایی به گرم)] = تولید خالص ماهی

افزایش وزن بدن (گرم)/ مقدار غذای خورده شده (گرم) = ضریب تبدیل غذایی

(مقدار غذای خورده شده به گرم/ افزایش وزن بدن به گرم) ×۱۰۰ = کارآیی غذا (%)

مقدار مصرف پروتئین(گرم) / افزایش وزن بدن(گرم) = نسبت کارایی پروتئین (g/g)

مقدار پروتئین خورده شده (گرم) / مقدار مصرف پروتئین بدست آمده (گرم) = میزان بهره برداری خالص از پروتئین

اندازه گیری معیارهای کیفی آب: عوامل کیفی آب به صورت روزانه اندازه گیری شـد و میـانگین آنهـا در طـول دوره پرورش بدین شرح بود؛ اکسیژن محلول ۰/۳۵± ۸ میلی گرم بر لیتر، دمـا ۰/۳۴ ± ۱۵/۹ درجـه سـانتی گـراد و pH آب ۰/۵۲± ۸/۲ در نوسان بود.

تجزیه و تحلیل داده ها: با استفاده از روش آنالیز واریانس یکطرفه با استفاده از آزمون دانکن و با کمک نرم افزارهـای SPSS (Version 9) و EXCEL انجام پذیرفت و وجود یا عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح اعتماد ۵ درصد (P<۰/۰۵) تعیین گردید. جهت تعیین همبستگی بین پارامترهای انـدازه‌گیـری شـده و سـطوح مختلـف اینـولین از آزمون رگرسیون خطی استفاده شد و مقادیر P<۰/۰۵ معنی دار تلقی گردید.

جدول۲- اجزاء غذایی و ترکیب شیمیایی هر یک از جیره های آزمایشی به درصد برای ماهی قزل آلا

ترکیبات غذایی / تیمار	شاهد	۱٪ اینولین	۲٪ اینولین	۳٪ اینولین
پودر ماهی کیلکا	۶۱/۷	۶۱/۷	۶۱/۷	۶۱/۷
دکسترین	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
روغن ماهی کیلکا	۴	۴	۴	۴
روغن سویا	۴	۴	۴	۴
مکمل معدنی- ویتامینی[۱]	۵	۵	۵	۵
سلولز	۳	۲	۱	۰
پربیوتیک اینولین	۰	۱	۲	۳
مواد چسباننده (همبند)[۲]	۲	۲	۲	۲
ضد قارچ[۳]	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
آنتی اکسیدانت[۴]	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
تجزیه تقریبی جیره ها (درصد ماده خشک)				
ماده خشک	۹۷/۵۶	۹۷/۸۶	۹۷/۵۸	۹۷/۷۹
پروتئین خام	۳۸/۲۴	۳۸/۶۳	۳۸/۹	۳۸/۶۸
چربی خام	۱۲/۹۳	۱۲/۲۱	۱۱/۸۸	۱۲/۳۲
خاکستر	۱۴/۱۷	۱۴/۱۲	۱۴/۳۴	۱۴/۶۲
عصاره عاری از ازت	۳۲/۵۳	۳۲/۴۶	۳۲/۵۵	۳۱/۷
انرژی خام (مگاژول بر کیلوگرم جیره)	۱۸/۸۸	۱۸/۰۸	۱۸/۹۷	۱۸/۱۲
نسبت پروتئین به انرژی (میلی گرم پروتئین در کیلوژول)	۱۹/۱۳	۱۹/۵۶	۱۹/۲۲	۱۹/۴۸

۱- مکمل معدنی ویتامینی تحت عنوان ویتامینت بوده و شامل: ویتامین A، C، D3، E، B1، B2، B6، K3، نیکوتینامید؛ مواد معدنی شامل مس، آهن، روی، منگنز

۲- همبند آمت محصولی از شرکت افراز مهر تابان شهر یزد می باشد. و از هیدرولیز پروتئین های حیوانی مخصوصا سوپ حاصل از پخت ماهی تهیه می شود و حاوی ۷۱/۹۸٪ پروتئین، ۰/۹٪ الیاف، ۹/۵۵٪ رطوبت و ۱۷/۸٪ خاکستر می باشد.

۳- نوع ضد قارچ توکسیبان پریمیکس بوده، ترکیبات آن شامل آلومینوسیلیکات، زئولیت، بنتونایت، پروپیونات آمونیوم، عامل ژلانینی کننده و مواد معدنی می باشد.

۴- آنتی اکسیدانت از نوع بوتیل هیدروکسی تولوئن Butylated hydroxytoluene (BHT) بود.

نتایج

شاخص های رشد: تأثیر سطوح مختلف اینولین بر معیارهای رشد و تغذیه ماهی قزل آلا در جدول ۳ ارائه شده است. در ابتدای تحقیق تفاوت معنی داری بین تیمارهای مورد بررسی به لحاظ تغییرات وزنی وجود نداشت و چهار گروه مورد بررسی به لحاظ میانگین وزنی همگن بودند (P>۰/۰۵). در مقایسه با تیمار شاهد، تیمارهای آزمایشی حاوی اینولین از وزن نهایی و درصد وزن بدست آمده کمتری برخوردار بودند و تفاوت معنی داری بین آنها به ویژه در سطح ۳ درصد مشاهده گردید (جدول۳، P<۰/۰۵). همچنین همبستگی منفی و معنی داری بین وزن نهایی با افزایش سطح اینولین در جیره وجود داشت (r= -۰/۹۵۲ ، P=۰/۰۴۸). بین تیمارهای آزمایشی با سطوح مختلف اینولین از لحاظ آماری نیز اختلاف معنی داری مشاهده گردید به طوری که سطح ۱ درصد اینولین جیره نسبت به سایر سطوح از کارآیی بالاتری برخوردار بود (جدول۳). نرخ رشد ویژه در تیمار شاهد نسبت به تیمارهای آزمایشی افزایش یافت و تیمار ۳ درصد در مقایسه با گروه شاهد اختلاف معنی داری نشان داد (P<۰/۰۵). بین نرخ رشد ویژه با افزایش سطح اینولین در جیره نیز همبستگی منفی وجود داشت (r= -۰/۸۶۶ ، P=۰/۱۳۴). همچنین تیمار شاهد از ضریب رشد حرارتی بالاتری برخوردار بود و بیشترین مقدار این فاکتور در بین تیمارهای آزمایشی در سطح ۱ درصد اینولین جیره مشاهده شد و اختلاف معنی داری بین آنها بدست آمد (P<۰/۰۵). فاکتور وضعیت اختلاف معنی داری را در تیمارهای تحت آزمایش از خود نشان نداد (P>۰/۰۵) ولی همبستگی منفی بین این پارامتر با افزایش سطح اینولین در جیره وجود داشت و این ضریب همبستگی معادل r= -۰/۹۳۳ ، P=۰/۰۶ بدست آمد. نرخ زنده مانی در تیمارهایی که پربیوتیک اینولین را دریافت داشته بودند در مقایسه با تیمار شاهد اختلاف معنی داری را نشان نداد (P>۰/۰۵) ولی بیشترین میزان زنده مانی در سطح ۲ درصد اینولین جیره مشاهده گردید. مطابق با آنالیز رگرسیون خطی بین نرخ زنده مانی و افزایش سطح اینولین در جیره همبستگی منفی وجود داشت (r= -۰/۱۷۶ ، P=۰/۸۲۴). در مقایسه با تیمار شاهد، تیمارهای آزمایشی از شاخص تولید کمتری برخوردار بودند و اختلاف معنی داری بین آنها دیده شد (P<۰/۰۵). همچنین همبستگی منفی بین تولید خالص با افزایش سطح اینولین جیره وجود داشت و این ضریب همبستگی معادل r= -۰/۹۳۸ ، P=۰/۰۶ تعیین گردید.

جدول۳- مقایسه میانگین شاخص های رشد ماهی قزل آلا در تیمارهای مختلف طی ۸ هفته پرورش

شاخص رشد / تیمار	شاهد	۱٪ اینولین	۲٪ اینولین	۳٪ اینولین
میانگین وزن ابتدای دوره (گرم)	۱۵/۶۵ ±۰/۲۱ a	۱۵/۸ ±۰/۲۸ a	۱۵/۵۲ ±۰/۳۹ a	۱۵/۶۹ ±۰/۱۴ a
میانگین وزن انتهای دوره (گرم)	۴۵/۱۵ ± ۵/۰۹ a	۴۲/۰۵ ± ۲/۲۹ a	۳۹/۹ ± ۰/۱۷ a	۳۱/۴۸ ± ۰/۴۱ b
افزایش وزن بدن (گرم)	۲۹/۵ ± ۴/۸۸ a	۲۶/۲۵ ± ۲ a	۲۴/۳۸ ± ۰/۲۲ a	۱۵/۷۹ ± ۰/۵۵ b
درصد افزایش وزن بدن	±۲۷ /۵۶ a ۱۷۵/۶۶	۱۶۶/۰۵ ± ۹/۷۴ a	۱۶۲/۵۳ ± ۳/۷۷ a	۱۰۹/۸۹ ± ۴/۷ b
نرخ رشد ویژه (درصد در روز)	۲/۲۵ ±۰/۲۷ a	۲/۱۷ ± ۰/۰۷ a	۲/۱۴ ± ۰/۰۳ a	۱/۶۴ ±۰/۰۵ b
غذای خورده شده روزانه (درصد در روز)	۱/۲۲ ±۰/۱ a	۱/۲ ± ۰/۰۴ a	۱/۲۲ ±۰/۰۷ a	۱/۲ ±۰/۰۷ a
ضریب رشد حرارتی	۱/۴۳ ±۰/۱۷ a	۱/۳۶ ± ۰/۰۷ a	۱/۳۲ ± ۰/۰۱ a	۰/۹۷ ± ۰/۰۲ b
فاکتور وضعیت	۱/۰۵ ±۰/۰۶ a	۱/۰۴ ±۰/۰۴ a	۱ ±۰/۰۷ a	۱ ±۰/۰۲ a
نسبت کارایی پروتئین (گرم/گرم)	۱/۶۹ ±۰/۲۵ a	۱/۶۳ ±۰/۱۹ a	۱/۶۵ ±۰/۰۷ a	۱/۳۱ ±۰/۱۴ a
ضریب تبدیل غذایی	۱/۶۵ ±۰/۲۴ a	۱/۷ ± ۰/۱۹ a	۱/۶۷ ±۰/۱۴ a	۲/۱۳ ±۰/۲۳ a
کارایی غذا (درصد)	۶۱/۵ ± ۹/۱ a	۵۹ ± ۷/۰۷ a	۶۰ ± ۰/۶۲ a	۴۷/۵ ± ۴/۹ a
نرخ بازماندگی (درصد)	۹۳/۷۵ ± ۱/۷۷ a	۹۲/۵ ± ۴/۶ a	۹۵ ± ۱/۱۶ a	۹۲/۳ ± ۳/۵۳ a
تولید خالص ماهی (گرم)	± ۵۹/۲ a ۱۶۸۹/۴۵	۱۵۵۰/۹ ± ۹۳/۶ a	۱۵۱۶/۲ ± ۴۶/۴ a	۱۱۹۶/۵ ± ۶۰/۱ b

تذکر: اعدادی که در هر ردیف دارای حروف غیرمشابه هستند اختلاف معنی داری دارند (P<۰/۰۵).

پارامترهای تغذیه ای: ضریب تبدیل غذایی در بین تیمارهای مورد بررسی اختلاف معنی داری را نشان نداد و نتیجه مشابهی نیز در مورد کارایی غذا مشاهده گردید (P>۰/۰۵)، ولی با این حال مقدار بهینه این دو فاکتور در تیمار شاهد مشاهده گردید. مطابق با آنالیز رگرسیون بین افزایش سطح اینولین در جیره و ضریب تبدیل غذایی همبستگی منفی وجود داشت (r= -۰/۷۹۴ ، P=۰/۲). در نسبت کارایی پروتئین بین تیمارهای مورد بررسی نیز از لحاظ آماری اختلاف معنی داری مشاهده نگردید (P>۰/۰۵) ولی همبستگی منفی بین این پارامتر با افزایش سطح اینولین در جیره وجود داشت و این ضریب معادل r= -۰/۸۲۶ ، P=۰/۱۷۴ تعیین گردید. همچنین همبستگی منفی بین درصد غذای خورده شده روزانه با افزایش سطح اینولین جیره وجود داشت (r= -۰/۹۶۴ ، P=۰/۰۷۶).

بحث و نتیجه گیری

نتایج بررسی حاضر نشان داد بکارگیری سطوح مختلف پربیوتیک اینـولین قابلیـت تـأثیر گـذاری بـالایی بـر افـزایش عملکرد رشد و کارآیی تغذیه در ماهی قزل آلای پرورشی نداشت و همبستگی منفی بین پارامترهای رشد و تغذیه بـا افزایش سطح اینولین در جیره بدست آمد. در مقایسه بین جیره های حاوی اینولین، سطوح پایین اینـولین در جیـره از کارایی بیشتری در عملکرد رشد و تغذیه ماهی قزل آلا برخوردار بود. در مطالعه ای افزودن پربیوتیک لاکتوسوکروز به جیره غذایی ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و قزل آلا نتیجه گیری شد که این ماده به میـزان خیلـی کمی توسـط فلـور روده ایـن ماهیـان مـورد مصـرف قـرار گرفتـه اسـت (Kihara & Sakata, 2001). Olsen و

همکاران (۲۰۰۱)، در ماهی چار سردسیری (*Salvelinus alpinus*) مشاهده کردند بکارگیری اینـولین بـه میـزان ۱۵ درصد جیره غذایی به علت عدم تخمیر و تجزیه آن منجر به انباشت این پربیوتیک و در نتیجه تـأثیر نـامطلوب و زیانبار بر سلولهای انتروسیت روده شد و احتمالا شاید بتوان بدین وسیله کاهش عملکرد رشـد ماهیـان قـزل آلا را در تیمار ۳ درصد اینولین توجیه نمود. نتایج بدست آمده در بررسی حاضر مبـین ایـن موضـوع اسـت کـه جـایگزینی ۳ درصد اینولین در جیره تأثیرات مطلوبی روی وزن نهایی، نرخ رشد ویژه، ضریب رشد حرارتی و تولیـد خـالص مـاهی نداشت و حداکثر میزان مطلوب اینولین در جیره ماهی قزل آلا در سطح ۱ درصد جیره بود. در این تحقیـق ماهیـانی که با جیره های حاوی ۱ و ۳ درصد اینولین تغذیه شده بودند از درصد غذای خورده شده کمتری در مقایسه با تیمـار ۲ درصد اینولین و گروه شاهد برخوردار بودند ولی تفاوت معنی داری در این فـاکتور مشـاهده نگردیـد. ایـن موضـوع بیانگر این مطلب است که عملکرد رشد ضعیف در ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۳ درصد اینـولین بـه مطلوبیـت غذا ارتباط ندارد. Li و همکاران اظهار کردند؛ افزودن ۱ و۲ درصـد پربیوتیـک نـوع GrobioticTM ^{AE} و ۱ تـا ۲ درصد پروبیوتیک مخمر آبجو بـه جیـره غـذایی هیبریـد بـاس مخطـط (Morone chrysops × M.saxatilis) عملکرد رشد، کارآیی تغذیه و زنده مـانی بطـور معنـی داری افـزایش یافـت (Li et al., 2005). همچنـین در یـک بررسی مشابه القاء پربیوتیک نوع Grobiotic®-A به میزان ۲ درصد جیره و پروبیوتیک مخمر آبجو در سـطح ۱ تـا ۲ درصد در هیبرید نابالغ باس مخطط (Sub-adult hybrid Striped bass) منجـر بـه افـزایش عملکـرد رشـد، افزایش وزن و مقاومت بیشتر در برابر عفونت مـزمن مایکوبـاکتریوم گردیـد (Li & Gatlin, 2004). Mahious و همکاران تأثیر اینولین (Raftilin ST)، الیگوفروکتوز (Raftilose P95) و لاکتوسـوکروز را بـه عنـوان پربیوتیـک روی رشد لارو ماهی کفشک (Psetta maxima) در سطوح ۲ درصد مطالعه نمودند و نتیجه گیری کردند میـانگین وزن نهایی و ضریب رشد ویژه در گروه تغذیه شده با الیگوفروکتوز نسبت به سـایر گروههـا بـالاتر بـود ($P<۰/۰۵$)، و تفاوت معنی داری بین گروه شاهد و گروه تغذیه شده با اینولین ۲ درصد مشـاهده نگردیـد. همچنـین در نـرخ زنـده مانی تفاوت معنی داری در هیچیک از گروههای تغذیه شده مشاهده نگردید که با نتایج این مطالعه مطابقـت داشـت. در بررسی حاضر نیز بیشترین نرخ زنده مانی در تیمار ۲ درصد اینولین در جیره غذایی معـادل ۹۵ درصـد مشـاهده گردید که دلیل این افزایش را می توان به از بین رفتن بـاکتری هـای مضـر بوسـیله تخمیـر اینـولین در روده و در نتیجه تولید باکتری های مفید منجمله باکتریهای اسید لاکتیک دانست که ترکیباتی همانند باکتریوسین ها را تولیـد می کنند و بدین طریق از رشد میکروارگانیسم های مضر دیگر جلـوگیری مـی کننـد (Mahious *et al.*, 2005). همچنین Mahious و همکاران با مطالعه روی تاسماهی سـیبری (*Acipenser baeri*) و گربـه مـاهی آفریقـایی (*Clarias gariepinus*) دریافتند که جیره های غذایی غنی شده با پربیوتیکهای مذکور، باعـث بهبـود رشـد مـی شوند بدین ترتیب که نرخ رشد ویژه در تاسماهی سیبری با جیره های آزمایشی حاوی اینولین و الیگوفروکتوز نسـبت به گروه شاهد بیشتر بود و در گربه ماهی آفریقایی بیشترین میزان این شاخص به ترتیب در تیمارهای تغذیه شده بـا الیگوفروکتوز، اینولین و سلولز مشاهده گردید که با نتایج حاصل از این بررسی مطابقـت نمـی کنـد (Mahious *et al.*, 2005). افزودن اینولین به میزان ۷۵ گرم به ازای هر کیلـوگرم بـه جیـره غـذایی مـاهی آزاد اقیـانوس اطلـس *Atlantic salmon* (Salmo salar) همراه با مکمل دارویی آنتی بیوتیک اکسی تتراسایکلین (به میزان ۳ گـرم)، در مقایسه با گروه شاهد (فاقد اینولین)، تفاوت معنی داری در وزن و طول نهـایی بدسـت نیامـد (Refstie *et al.*, 2006). همچنین Cerezuela و همکاران (۲۰۰۸) با اضافه کردن پربیوتیک اینولین به میزان ۵ یا ۱۰ گرم در هـر کیلوگرم جیره (۰/۵ درصد یا ۱ درصد جیره) در ماهی شانک (*Sparus aurata*) در شرایط آزمایشگاهی و پرورشی دریافتند که اینولین نمی‌تواند محرک ایمنی مناسبی برای این گونه باشد که با نتایج بررسی حاضر مطابقت مـی‌کنـد. برخی نتایج متفاوت در این تحقیق با یافته های دیگر محققین را شاید بتوان به نوع گونه پرورشی، اندازه، سـن گونـه

پرورشی، مرحله تولید، شرایط بهداشتی محیط و سیستم پرورشی، رفتارهای تغذیه ای، خصوصیات فیزیولوژیک، مواد اولیه بکار رفته در تهیه جیره، فرمولاسیون جیره های غذایی، نوع پربیوتیک مصـرفی، درجـه خلـوص و میـزان مـورد استفاده آن در جیره و احتمالا فلور میکروبی ویژه ای که قادر به استفاده از اینولین به عنوان سوبسـترا هسـتند، ربـط داد، چراکـه برخـی محققـین اینـولین را جـایگزین دکسـترین (RingØ *et al*., 2006)، Mahious و همکـاران اینولین را جایگزین سلولز و Refstie و همکاران اینولین را جایگزین گنـدم اکسـترود شـده در جیـره کـرده بودنـد (Refstie *et al*., 2006). همچنین Roberfroid و همکاران گزارش کردند که اینولین اسـتخراج شـده از ریشـه کاسنی که زنجیره طولانی دارد (درجه پلیمریزاسیون ۱۰ تا ۶۰ و بطور میانگین ۲۵) نسبت به الیگوفروکتـوز زنجیـره کوتاه (درجه پلیمریزاسیون ۲ تا ۸ و بطور میانگین ۴)، ۲ بار آهسته تر تخمیر مـی شـود (Roberfroid,1993). در مجموع نتایج این مطالعه حاکی از آن است که استفاده از سطوح متفاوت پربیوتیک اینولین نمی توانـد قابلیـت تـأثیر گذاری بالایی بر افزایش عملکرد رشد و تغذیه در ماهی قزل آلا داشته باشـد و فقـط نـرخ زنـده مـانی را در سـطح ۲ درصد اینولین تا حدی بدون تأثیر معنی دار افزایش داد. لـذا بکـارگیری سـایر پربیوتیـک هـا نظیـر الیگوفروکتـوز و همچنین اینولین در ترکیب با سایر مکمل های غذایی میکروبی نظیر پروبیوتیک هـا کـه اصـطلاحا "سـین بیوتیـک Synbiotic" نامیده می شود، در رشد و کارایی تغذیه قزل آلا احتمالا می تواند مؤثر واقع شـود. سـین بیوتیـک هـا ترکیبی از پروبیوتیک و پربیوتیک هستند و احتمال می رود بـرای بهبـود رشـد و سـلامتی ارگـانیزم هـای آبـزی در پرورش متراکم مناسب باشند.

سپاسگزاری

از مدیریت محترم کارگاه تکثیر و پرورش ماهی قزل آلا منطقه ماهیـان فاضـل آبـاد اسـتان گلسـتان آقـای مهنـدس ابراهیمی و کارشناس و پرسنل محترم زحمتکش آن کارگاه بدلیل مساعدت و فراهم آوردن تسهیلات لازم در اجـرای این پروژه تشکر و قدردانی می شود.

منابع

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

Cerezuela, R., Cuesta, A. Meseguer, J. and Esteban, A. 2008. Effect of inulin on gilthead seabream (Sparus aurata) innate immune parameters. Fish & Shellfish Immunology. 24:663-668.

Fooks, L.J., and Gibson, G.R. 2002. Probiotic as a modulators of the gut flora. British Journal of Nutrition, Suppl. 1:S39-S49.

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.

Gibson, G.R., 1998. Dietary modulation of the human gut microflora using prebiotics. British Journal of Nutrition, Suppl. 2: S209-S212.

Kihara, M., and Sakata, T. 2001. Influence of incubation temperature and various saccharides on the production of organic acids and gases by gut microbes of

Rainbow trout (Oncorhynchus mykiss) in a micro-scale batch culture. J. Comp. Physiol., 171: 441– 447.

Kofi, F.A., Hung, S.S.O. Liu, W. and Li, H. 1992. Growth, lipogenesis and liver composition of uvenile white sturgeon fed different levels of D-Glucose. Aquaculture,105: 61-72.

Li, P., and Gatlin, D.M. 2004. Dietary brewers yeast and the prebiotic GroBiotic™ AE influence growth performance, immune responses and resistance of hybrid striped bass (Morone chrysops × M.saxatilis) to Streptococcus iniae infection. Aquaculture, 231: 445-456.

Li, P., Delbert, M. and Gatlin, D.M. 2005. Evaluation of the prebiotic GroBiotic™ AE and brewers yeast as dietary supplements for Sub-adult hybrid Striped bass (Morone chrysops × M.saxatilis) challenged in situ with Mycobacterium marinum. Aquaculture, 248: 197-205.

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

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). Aquaculture International, 14:219-229.

Olsen, R.E., Myklebust, R. Kryvi, H. Mayhew, T.M. and RingØ, E. 2001. Damaging effect of dietary inulin on intestinal enterocytes in Arctic charr (Salvelinus alpinus). Aquaculture Research, 32:931- 934.

Roberfroid, M.B. 1993. Dietary fiber, inulin, and oligofructose - A review comparing their physiological effects. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 33: 103-148.

RingØ, E., Sperstad, S. Myklebust, R. Mayhew, T.M. and Olsen, R.E. 2006. The effect of dietary inulin on aerobic bacteria associated with hindgut of Arctic charr (Salvelinus alpinus). Aquaculture Research, 37: 891- 897.

Refstie, S., Bakke-McKellep, A.M. Penn, M.H. Sundby, A. Shearer, K.D. and Krogdahl, A. 2006. Capacity for digestive hydrolysis and amino acid absorption in Atlantic salmon (Salmo salar) fed diets with soybean meal or inulin with or without addition of antibiotics. Aquaculture, 261: 392- 406.

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