

بررسی تأثیر جیره غذایی حاوی سطوح متفاوت پریبیوتیک اینولین بر میزان رشد، ترکیب لاشه و برخی پارامترهای خونی در ماهی پاکوی سیاه (*Colossoma macropomum*)

معصومه بحر کاظمی، عبدالکریم اسبوحین

گروه شیلات، واحد قائم شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم شهر، ایران

(دریافت مقاله: ۳ دی ماه ۱۳۹۷، پذیرش نهایی: ۲۰ اسفند ماه ۱۳۹۷)

چکیده

زمینه مطالعه: ماهی پاکو به علت سرعت رشد زیاد، توقع غذایی کم و مقاومت زیاد از منابع مهم غذایی کشورهای حوضه رودخانه آمازون محسوب می‌شود و ایده استفاده از پریبیوتیک اینولین در جیره غذایی آن می‌تواند موجب بهبود عملیات پرورش این گونه شود. هدف: در این مطالعه تأثیر سطوح مختلف اینولین بر میزان رشد، ترکیبات مغذی بدن و پارامترهای خونی در ماهی پاکوی سیاه بررسی شد. روش کار: بدین منظور ۱۲۰ قطعه ماهی پاکوی سیاه ($6/5 \pm 0/05$ g) طی یک دوره ۶۰ روزه با سطوح ۱، ۲ و ۳ g/kg پریبیوتیک اینولین تغذیه شدند.

نتایج: نتایج نشان داد که بیشترین درصد افزایش وزن بدن، ضریب رشد ویژه و فاکتور وضعیت در تیمار ۳ g/kg حاصل شد که با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت ($P < 0/05$). افزودن ۳ g اینولین تأثیر مثبتی بر میزان ضریب تبدیل غذایی و نسبت کارایی پروتئین داشت، بطوری که باعث کاهش معنی‌دار میزان ضریب تبدیل غذایی و افزایش معنی‌دار نسبت کارایی پروتئین شد. همچنین در کل دوره پرورش تلفاتی در بین تیمارهای تحت بررسی مشاهده نشد و نرخ بقاء ماهیان ۱۰۰ درصد بود. افزودن اینولین به جیره باعث بهبود ترکیبات مغذی ماهیان شد و در تیمار ۳ g/kg پریبیوتیک، درصد پروتئین و چربی حداکثر و درصد رطوبت حداقل بود. در بررسی پارامترهای خونی اگرچه تفاوت معنی‌دار در تعداد گلبول‌های قرمز، MCH، MCV و MCHC مشاهده نشد اما بیشترین تعداد گلبول‌های سفید و مقدار هموگلوبین و هماتوکریت با تفاوت معنی‌دار نسبت به سایر تیمارها در گروه ۳ g/kg اینولین مشاهده شد.

نتیجه گیری نهایی: در نتیجه افزودن ۳ g/kg پریبیوتیک اینولین می‌تواند سبب بهبود میزان رشد، ترکیبات مغذی بدن و سطح ایمنی در پاکوی سیاه شود.

واژه‌های کلیدی: پریبیوتیک اینولین، ترکیبات لاشه، پاکوی سیاه

کپی رایت ©: حق چاپ، نشر و استفاده علمی از این مقاله برای مجله تحقیقات دامپزشکی محفوظ است.

(* نویسنده مسئول: تلفن: ۰۲۱-۳۳۸۰۴۵۰۹، نمابر: ۰۱۱-۴۲۱۵۵۱۶۰، Email: bahr.kazemi@gmail.com

How to Cite This Article

Bahrekazemi, M., Esbouchin, A. (2019). Effects of Diets Containing Different Levels of Prebiotic Inulin on the Growth Rate, Body Composition and Some Blood Parameters in Black Pacu (*Colossoma macropomum*). J Vet Res, 74(2), 167-174. doi: 10.22059/jvr.2018.241269.2697



مقدمه

پارامترهای خونی است (۱۵). در مطالعه دیگری به توسط Rahnema و همکاران (۲۰۱۳) بر روی ماهی قرمز حوض (*Carassius auratus gibelio*) انجام گرفت بهترین عملکرد رشد و کارایی تغذیه در جیره غذایی حاوی ۱/۵ g/kg اینولین بدست آمد (۲۱). همچنین بهبود عملکرد رشد و بازماندگی در استفاده از ۴ g مانان الیگو ساکارید در گونه زبرا (*Danio rerio*) گزارش شده است (۱۰).

از آن جا که تحقیقات در زمینه استفاده از پریبیوتیک‌ها در پرورش ماهیان زینتی در شروع راه خود قرار دارد، در این پژوهش به ارزیابی تأثیر سطوح مختلف اینولین بر شاخص‌های رشد، ترکیب لاشه و برخی پارامترهای هماتولوژی در ماهی پاکوی سیاه پرداخته شده است.

مواد و روش کار

شرایط پرورش و تغذیه: این پژوهش در زمستان ۱۳۹۵، به مدت ۶۰ روز در مریز تحقیقات ماهیان زینتی جهاد دانشگاهی واحد مازندران در منطقه چمبرود جویبار انجام پذیرفت. بچه ماهیان پاکوی سیاه با میانگین وزن 0.05 ± 0.005 g از مریز مطالعات ماهیان زینتی جهاد دانشگاهی شهرستان ساری تهیه و به محل آزمایش منتقل گردید. پس از سازگاری اولیه ماهیان با شرایط دمایی پارگه و عادت دهی آن‌ها با جیره مورد استفاده در آزمایش به مدت بی هفته، تعداد ۱۲۰ قطعه ماهی پس از زیست سنجی به طور یاملا تصادفی در ۱۲ آیاروم (با ابعاد $0.5 \times 0.8 \times 1.5$ m و حجم 0.6 m³) قرار داده شدند. غذای مورد استفاده پلت بچه ماهیان بیور (شرکت آبریان شمال - بابل) بود که از کارخانه تهیه شد و جهت تهیه جیره‌های آزمایشی به ترتیب مقادیر ۱، ۲ و ۳ پریبیوتیک اینولین (با ماده مؤثره الیگوسایارید دیستران محصول شرکت میتو ژاپن) به آن اضافه گردید. غذا به صورت دستی آماده گردید، به این صورت که مقادیر مورد نظر از اینولین به طور جداگانه به جیره اضافه و بعد از خمیر شدن و ترکیب یکنواخت پریبیوتیک با جیره، با چرخ گوشت به پلت تبدیل شدند. پلت‌ها در سایه بعد از ۲۴ h خشک گردیدند و در دمایی 4°C در یخچال نگهداری شدند. نوع مواد اولیه مورد استفاده در جیره و نتایج تجزیه جیره مورد استفاده در این پژوهش در جدول ۱ آمده است.

در طول دوره آزمایش، غذادهی به ماهیان بر اساس میزان اشتها و تا زمان سیری ماهیان در سه نوبت (۸، ۱۳ و ۱۸) انجام گرفت. غذای خورده نشده نیز یک ساعت بعد از غذادهی جمع آوری و در دمایی 60°C خشک می‌شد. تمامی شرایط فیزیوشیمیایی آب مخازن در طول دوره آزمایش به صورت روزانه کنترل و در سطح بهینه (درجه حرارت: $27 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ، اکسیژن محلول: 0.7 ± 0.2 ppm، pH: 7 ± 0.8) نگهداری می‌شد.

سنجش پارامترهای خونی: پس از پایان دوره ۶۰ روزه آزمایش، به منظور سنجش فایتهای خونی، از هر تیرار ۴ عدد ماهی به صورت تصادفی

امروزه صنعت تولید ماهیان زینتی در مقایسه با سایر آبزیان از رشد نسبتاً خوبی برخوردار بوده است. پاکوی یکی از ماهیان خانواده کاراسیده است که خود شامل انواع مختلفی از ماهیان پاکوی می‌باشد. این ماهیان را پیرانای اهلی هم می‌نامند زیرا شباهت زیادی به ماهی پیرانا دارند (۱۲). در ایران پاکوی به منزله ماهی زینتی محسوب می‌شود اما به علت سرعت رشد زیاد، توقع غذایی کم و مقاومت زیاد این ماهی همچون پیرانا از منابع مهم غذایی کشورهای حوضه رودخانه آمازون محسوب می‌شود (۱۲). با این وجود اطلاعات و مقالات چاپ شده در خصوص فناوری تولید آن ناچیز است. از مهم ترین مشکلاتی که در پرورش ماهیان زینتی وجود دارد موضوع تغذیه است. محققین معتقدند که جیره‌های غذایی مناسب باید بتوانند علاوه بر رشد آیزی، منجر به افزایش مقاومت و ارتقای سلامت موجود نیز بشوند (۱). تحقیقات فراوانی در استفاده از افزودنی‌های غذایی به در بهبود رشد و ایمنی آبزیان مؤثرند صورت گرفته است. از جمله این ترکیبات می‌توان به پروبیوتیک‌ها، پریبیوتیک‌ها و سین بیوتیک‌ها اشاره نمود (۱۶). ایده استفاده از پریبیوتیک‌ها اولین بار توسط Roberfroind و Gibson (۱۹۹۵) مطرح شد. پریبیوتیک‌ها کربوهیدرات‌های غیر قابل هضمی هستند که از طریق تحریک رشد یا فعال کردن یک یا تعداد محدودی از گونه‌های باکتریایی که در روده وجود دارند، اثرات سودمندی بر میزبان داشته و رشد و سلامتی آن را بهبود می‌بخشند (۲۲). اصولاً عناصر غذایی به عنوان پریبیوتیک طبقه بندی می‌شوند نباید در بخش‌های فوقانی دستگاه گوارش هضم و جذب شوند، سبب تحریک میروفلور روده در جهت تولید تربیبات سالم شوند و توسط بی یا تعدادی از باکتری‌های مفید روده به صورت گزینشی تخمیر شوند (۹). در حال حاضر پریبیوتیک‌ها بیشتر بر اساس توانایی شان در افزایش رشد میکروارگانیسم‌های تولیدکننده اسید لاکتیک انتخاب می‌شوند (۲۲). اینولین یک کربوهیدرات گیاهی غیرقندی همو پلی ساکاریدی است که دارای فیبر محلول بوده و از گیاهان مختلفی (نظیر سیر، پیاز، سیب زمینی، تره فرنگی، گندم، موز، گل کوب و کاسنی) با درجه پلیمریزاسیون متفاوت به دست می‌آید. اگرچه اینولین یک فیبر طبیعی در جیره غذایی ماهیان نیست ولی به واسطه خواص پریبیوتیکی آن در تحریک باکتری‌های مفید روده و توقف رشد باکتری‌های مضر، استفاده از آن در آیزی پروری ایده خوبی می‌باشد (۲۳).

بر اساس گزارش‌های موجود استفاده از پریبیوتیک‌ها در گونه‌های زینتی نیز دارای اثرات مثبت است. به عنوان مثال، Bahrekazemi و همکاران در سال ۲۰۱۶ با افزودن اینولین به جیره گونه سیچلید زندانی (*Archocentrus nigrofasciatus*) نشان دادند که افزودن حداقل ۲ g/kg آن باعث بهبود عملکرد رشد و پارامترهای خونی می‌شود (۴). استفاده از سطوح متفاوت اینولین در گونه پاکوی قرمز (*Piaractus brachypomus*) نیز بیانگر اثر معنی دار مثبت بر میزان رشد و برخی



$100 \times \text{وزن اولیه (g)} // (\text{وزن اولیه (g)} - \text{وزن نهایی (g)}) =$ افزایش وزن بدن (درصد)

$100 \times \text{طول دوره آزمایش (Ln وزن اولیه - Ln وزن نهایی)} =$ نرخ رشد ویژه (درصد/روز)

$100 \times \text{طول ماهی (cm)} // (\text{وزن ماهی (g)} =$ فاکتور وضعیت (درصد)

افزایش وزن ماهی (g)/غذای خورده شده (g) = ضریب تبدیل غذایی
 پروتئین خورده شده (g)/وزن به دست آمده (g) = نسبت یار آبی پروتئین
 $100 \times \text{تعداد ماهیان در ابتدای دوره} / \text{تعداد ماهیان در انتهای دوره} =$
 بازماندگی (درصد)

تجزیه و تحلیل آماری: برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، نرمال بودن داده‌ها به وسیله آزمون Shapiro-Wilk سنجش گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها از طریق آزمون تجزیه واریانس یک طرفه (ANOVA) و مقایسه میانگین بین تیمارها براساس آزمون دانکن انجام شد. وجود یا عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح درصد ۹۵ اطمینان، با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۱۹ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بصورت میانگین \pm انحراف معیار ثبت گردید.

نتایج

شاخص‌های رشد و تغذیه ای: در بین تیمارهای آزمایشی بیشترین وزن نهایی (30.90 ± 2.09 g) مربوط به تیمار ۳ g/kg پربیوتیک اینولین بود و کمترین مقدار این شاخص به تیمار شاهد معادل 20.79 ± 2.01 g تعلق داشت و تفاوت معنی داری بین آن‌ها مشاهده شد ($P < 0.05$). در واقع بیشترین افزایش درصد وزن بدن مربوط به تیمار ۳ g/kg پربیوتیک اینولین بود و کمترین مقدار این شاخص مربوط به تیمار شاهد بود و تفاوت معنی داری بین تیمارها مشاهده گردید (جدول ۲)، ($P < 0.05$). نتایج حاصل از نرخ رشد ویژه و ضریب چاقی نیز نشان داد که بیشترین میزان هر دو پارامتر مربوط به تیمار ۳ g/kg پربیوتیک اینولین و کمترین مقدار به تیمار شاهد تعلق داشت (جدول ۲) و تفاوت معنی داری بین تیمارها مشاهده گردید ($P < 0.05$).

در بین تیمارهای آزمایشی کمترین مقدار ضریب تبدیل غذایی مربوط به تیمار ۳ g/kg پربیوتیک اینولین و بیشترین مقدار این شاخص متعلق به تیمار شاهد بود. بیشترین نسبت کارایی پروتئین نیز معادل 0.46 ± 0.00 مربوط به تیمار ۳ g/kg پربیوتیک و کمترین مقدار به تیمار شاهد (0.26 ± 0.01) تعلق داشت و تفاوت معنی داری بین آن‌ها مشاهده گردید ($P < 0.05$) (جدول ۲).

در مجموع در کل دوره پرورش تلفاتی در بین تیمارهای تحت بررسی مشاهده نشد و نرخ بقاء ۱۰۰ درصد بود.

ترکیبات شیمیایی بدن: نتایج اثر پربیوتیک اینولین بر ترکیبات لاشه در جدول ۳ نشان داده شده است. بیشترین و کمترین مقدار پروتئین لاشه به

جدول ۱. ترکیب شیمیایی و آنالیز تقریبی جیره آزمایشی مورد استفاده در این تحقیق. *مکمل معدنی شامل منیزیم، آهن، روی، مس، ید، سلنیوم و کولین کلراید. *مکمل ویتامینی شامل ویتامین‌های D₃، A، E، B₁، B₂، B₃، B₅، B₆، B₁₂ و K.

اجزای تشکیل دهنده	میزان (درصد)
پودر ماهی کیلکا (پروتئین ۵۷/۳۵ درصد)	۲۵
گلوتن ذرت	۱۰
آرد گندم	۲۰
روغن کانولا	۸
پودر سویا	۲۴
پودر گوشت	۱۰
مکمل معدنی*	۷۵
مکمل ویتامینی*	۷۵
ضد قارچ	۰/۱
ویتامین C پایدار	۰/۱۳
همبند (ملاس)	۰/۲
نوع تریب	میزان (درصد)
پروتئین خام	۳۶/۲۳
چربی خام	۱۱
رطوبت	۱۷/۹۵
خاکستر	۶

صید و پس از بییهوشی با پودر گل میخی (1 g/L) (۲۱)، از محل ساقه دمی خون گیری شدند. نمونه‌های خون به لوله‌های هیپارینه منتقل و در دمای 4°C نگهداری شدند. تعداد گلبول‌های قرمز و سفید با روش هموسیتومتر و توسط لام نئوبار (۲۴)، میزان هماتوکریت با روش میروهماتوکریت (۲۲) و میزان هموگلوبین با استفاده از بیت و دستگاه اسپکتروفوتومتر (UV-2150، USA) در طول موج 540 nm (۵)، مورد سنجش قرار گرفت. جهت تعیین MCH، MCV و MCHC از فرمول‌های زیر استفاده شد (۶):

$$MCH (\text{fl}) = \frac{\text{گلبول قرمز در میلیون} / \text{مقدار هماتوکریت}}{100}$$

$$MCH (\text{pg}) = \frac{\text{گلبول قرمز در میلیون} / \text{مقدار هموگلوبین}}{100}$$

$$MCHC (\text{درصد}) = \frac{\text{مقدار هماتوکریت} / \text{مقدار هموگلوبین}}{100}$$

تجزیه شیمیایی لاشه ماهیان: برای آنالیز لاشه در پایان دوره آزمایش دو نمونه از هر تکرار بطور تصادفی انتخاب و بعد از خارج کردن امعاء و احشاء و جدا کردن سر و باله و فیله نمودن کامل ماهیان، به کمک چرخ گوشت، چرخ شده و مخلوط حاصله مورد آنالیز قرار گرفت. تجزیه لاشه شامل آنالیز مقدار پروتئین خام، چربی خام، رطوبت و خایستر بود که به روش استاندارد AOAC در سال ۱۹۹۰ انجام شد (۳). پروتئین کل با استفاده از دستگاه کج‌دال، چربی به روش سوکسله، خاکستر با استفاده از کوره الکتریکی در دمای 550°C به مدت 1 h به وسیله کوره (هریوس - آلمان) و رطوبت با استفاده از دستگاه آون (طب آزما-ایران) در دمای 105°C به مدت 24 h اندازه گیری گردید.

شاخص‌های رشد: برای ارزیابی شاخص‌های مربوط به رشد و تغذیه ماهی‌ها نیز از فرمول‌های زیر استفاده شد (۱۳):



جدول ۲. معیارهای رشد و تغذیه‌ای در ماهی پاکوی سیاه تغذیه شده با مقادیر متفاوت اینولین به مدت ۶۰ روز. اعدادی که در هر ردیف با حروف یکسان نشان داده شده‌اند تفاوت معنی‌دار ندارند ($P > 0.05$).

فاکتورهای رشد	صفر (شاهد)	۱ (گروه ۱)	۲ (گروه ۲)	۳ (گروه ۳)
وزن نهایی (g)	۲۰/۷۹±۲/۰۱ ^a	۲۳/۱۴±۰/۶۸ ^{ab}	۲۶/۳۲±۱/۸۸ ^b	۳۰/۹۰±۲/۰۹ ^c
افزایش وزن (درصد)	۱۹۸/۹۲±۱۷/۹۲ ^a	۲۷۲/۲۷±۱۷/۲۵ ^b	۲۹۳/۹۰±۱۰/۱۳ ^c	۳۷۸/۵۳±۵/۳۲ ^d
ضریب تبدیل غذایی	۱/۱۶±۰/۱۸ ^b	۰/۹۹±۰/۰۴ ^b	۱/۰۰±۰/۰۹ ^b	۰/۷۵±۰/۰۵ ^a
نسبت کارایی پروتئین	۰/۲۶±۰/۰۱ ^a	۰/۳۶±۰/۰۰ ^c	۰/۳۲±۰/۰۱ ^b	۰/۴۶±۰/۰۰ ^d
سرعت رشد ویژه (درصد/day)	۴/۴۴±۰/۲۵ ^a	۴/۷۶±۰/۰۰ ^b	۴/۸۵±۰/۰۵ ^b	۵/۳۵±۰/۰۰ ^c
ضریب چاقی (درصد)	۷/۸۹±۰/۱۴ ^a	۷/۹۹±۰/۰۶ ^a	۲/۳۱±۰/۱۰ ^b	۲/۴۲±۰/۱۶ ^b

جدول ۳. آنالیز لاشه در ماهی پاکوی سیاه تغذیه شده با سطوح متفاوت اینولین به مدت ۶۰ روز. اعدادی که در هر ستون با حروف یکسان نشان داده شده‌اند تفاوت معنی‌دار ندارند ($P > 0.05$).

فاکتور لاشه	پروتئین (درصد)	چربی (درصد)	خاکستر (درصد)	رطوبت (درصد)
شاهد	۱۵/۵۴±۰/۰۵ ^a	۱۰/۰۸±۰/۲۱ ^a	۲/۶۷±۰/۰۹ ^a	۷۷/۹۸±۰/۳۶ ^a
تیمار ۱	۱۶/۳۰±۰/۱۱ ^{ab}	۹/۸۶±۰/۲۲ ^{ab}	۲/۲۸±۰/۲۶ ^a	۷۷/۵۴±۰/۰۸ ^b
تیمار ۲	۱۶/۹۸±۰/۲۱ ^b	۸/۹۷±۰/۵۳ ^{ab}	۲/۰۶±۰/۳۳ ^a	۷۷/۶۶±۰/۴۱ ^b
تیمار ۳	۱۷/۳۴±۰/۶۷ ^b	۱۷/۰۱±۰/۲۴ ^b	۲/۴۷±۰/۳۶ ^a	۶۹/۱۷±۰/۱۴ ^b

باکتری‌های فلور دستگاه گوارش نظیر لاکتوباسیل‌ها و بیفیدوباکترها می‌باشند (۱۸). این مطالعه نشان داد افزودن ۳ g/kg پریبیوتیک اینولین می‌تواند در بهبود عملکرد رشد مانند درصد افزایش وزن، ضریب رشد ویژه و فاکتور وضعیت و تولید نهایی این ماهی مؤثر واقع شود. بهبود عملکرد رشد تا حد زیادی می‌تواند ناشی از افزایش فعالیت آنزیم‌های هضمی باشد که منجر به بهبود ریخت‌شناسی روده به واسطه تخمیر پریبیوتیک توسط باکتری‌های بومی روده می‌شود (۹). به نظر می‌رسد اثر مثبت مکمل‌های غذایی نظیر اینولین، بر روی رشد و کارایی تغذیه احتمالاً از طریق از بین بردن یا کاهش تراکم باکتری‌های بیماری‌زای موجود در دستگاه گوارش، افزایش جمعیت باکتری‌های مفید روده، بهبود وضعیت میکروپرزهای روده و نیز تقویت سامانه ایمنی بدن باشد که در مجموع می‌تواند سبب بهبود وضعیت سلامت ماهی و نیز افزایش کارایی هضم و جذب مواد مغذی بواسطه افزایش فعالیت آنزیم‌های گوارشی در دستگاه گوارش شود (۲۵). در مطالعه‌ای که توسط Hoseini و همکاران در سال ۲۰۱۴ در گونه پاکوی قرمز (*Piaractus brachypomus*) انجام شد نیز اثر مثبت پریبیوتیک اینولین در سطوح ۱، ۲ و ۳ درصد بر پارامترهای رشد گزارش شده است (۱۵). در حالی که در تحقیقی که توسط Bahrekazemi و همکاران در سال ۲۰۱۶ در گونه سیچلید زندانی (*Archocentrus nigrofasciatus*) انجام شد از بین مقادیر ۱، ۲، ۳ و ۴ g/kg پریبیوتیک اینولین، مقدار ۲ بهترین نتایج را حاصل کرد که مخالف نتایج تحقیق حاضر بود (۴). در تحقیق دیگری به توسط Rahnama و همکاران (۲۰۱۳) بر روی ماهی قرمز حوض (*Carassius auratus gibelio*) انجام گرفت، مشخص شد به بهترین عملکرد رشد و کارایی تغذیه زمانی به دست آمد که در جیره غذایی آن ۱/۵ g/kg اینولین وجود داشت (۲۱). بر اساس گزارش Forsatkar

ترتیب مربوط به تیمار ۳ g/kg اینولین و تیمار شاهد بود. از نظر میزان چربی لاشه نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید ($P < 0.05$). بیشترین میزان چربی لاشه در تیمار ۳ g/kg و کمترین مقدار در تیمار ۲ اندازه گیری شد. همچنین در میزان رطوبت لاشه بیشترین مقدار مربوط به تیمار شاهد و کمترین مقدار مربوط به گروه ۳ g/kg بود که نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری داشت. اما بین سطوح مختلف خاکستر در ترکیبات مغذی بدن ماهیان اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($P > 0.05$).

پارامترهای هماتولوژی: با توجه به جدول ۴ تعداد گلبول قرمز در ماهیان گروه شاهد و گروه ۱، ۲ و ۳ پریبیوتیک نسبت به هم تفاوت معنی‌داری نداشتند ($P > 0.05$). مقادیر هموگلوبین در گروه شاهد و تیمار ۱ تفاوت معنی‌داری نداشت ولی گروه ۲ و ۳ دارای تفاوت معنی‌دار نسبت به گروه شاهد بودند ($P < 0.05$). تیمار ۳ دارای بیشترین مقدار هموگلوبین بود. مقدار هماتوکریت در هر سه گروه ۱، ۲ و ۳ دارای تفاوت معنی‌داری نسبت به گروه شاهد بود و افزایش نشان داد. گروه ۳ بیشترین مقدار هماتوکریت را دارا بود. با توجه به جدول ۴ تعداد گلبول‌های سفید در گروه‌های ۲ g/kg و ۳ اینولین دارای تفاوت معنی‌داری نسبت به گروه شاهد بودند ($P < 0.05$). بیشترین و کمترین گلبول سفید را به ترتیب تیمار ۳ و گروه شاهد دارا بودند. در نتایج بدست آمده مقادیر MCH، MCV و MCHC در گروه ۳ نسبت به گروه شاهد افزایش یافت اما تفاوت معنی‌داری را نسبت به گروه شاهد نشان نداد ($P > 0.05$). سایر تیمارها نیز تفاوت معنی‌داری با گروه شاهد نداشتند (جدول ۴).

بحث

ترکیباتی همچون اینولین، منبع تغذیه‌ای مناسبی برای رشد و فعالیت



جدول ۴. پارامترهای خونی در ماهی پاکوی سیاه تغذیه شده با سطوح متفاوت اینولین به مدت ۶۰ روز. اعدادی که در هر ردیف با حروف یکسان نشان داده شده‌اند تفاوت معنی‌دار ندارند ($P > 0.05$).

فاکتورهای سلولی	صفر (شاهد)	۱ (گروه)	۲ (گروه)	۳ (گروه)
گلیبول قرمز ($\text{mm}^3/1000 \times \text{N}$)	1763 ± 107^a	1773 ± 107^a	1767 ± 107^a	1786 ± 112^a
هموگلوبین (g/dl)	9.34 ± 0.32^a	9.12 ± 0.21^a	12.28 ± 0.32^b	12.98 ± 0.66^b
هماتوکریت (درصد)	29.0 ± 2.0^a	37.04 ± 0.57^b	37.33 ± 0.29^b	37.67 ± 0.2^b
گلیبول سفید (N/mm ³)	8.2 ± 1.0^a	1.8 ± 1.2^a	17.96 ± 0.55^b	12.5 ± 0.10^b
(f) MCV	178 ± 19.5^a	$168 \pm 0.9 \pm 17.38^a$	$170.9 \pm 0.5/29^a$	$187.48 \pm 14/25^a$
(pg) MCH	57.19 ± 0.65^a	52.87 ± 9.44^a	64.29 ± 12.55^a	66.49 ± 7.60^a
MCHC (درصد)	3.067 ± 0.94^{ab}	29.06 ± 3.29^a	38.76 ± 7.03^{ab}	43.42 ± 1.38^b

و همکاران و Mira و همکاران در سال ۲۰۱۱ نشان دادند که اضافه کردن اینولین به ترتیب به جیره تجاری بچه ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) و ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) می‌تواند در افزایش بازماندگی مؤثر باشد (۱، ۱۸).

نتایج مربوط به آنالیز لاشه در پاکوی سیاه بیان کننده کاهش معنی‌دار درصد رطوبت و افزایش معنی‌دار درصد پروتئین و چربی در تیمار ۳ g/kg اینولین بود. پریبیوتیک اینولین مانند سایر پریبیوتیک‌ها می‌تواند بر باکتری‌های مفید روده مؤثر بوده و باعث افزایش جمعیت آن‌ها شود. در نتیجه میزان هضم غذا را افزایش دهد. به عنوان مثال افزایش درصد پروتئین بدن به دلیل بهبود استفاده از اسیدهای آمینه حاصل می‌شود (۲۵). اثر مثبت پریبیوتیک در ترکیبات مغذی بدن در برخی تحقیقات گزارش نشده است. استفاده از اینولین به میزان ۵ g/kg در ماهی کلمه (*Rutilus rutilus*) و پریبیوتیک میتو در کپور معمولی به میزان ۱ تا ۳ g/kg تغییر معنی‌داری در ترکیبات مغذی بدن مانند درصد پروتئین و چربی حاصل نکرد (۱۸، ۱۹). علت این تفاوت می‌تواند مربوط به نوع و غلظت پریبیوتیک مورد استفاده، گونه، سن و وزن ماهی باشد.

بررسی فاکتورهای خونی وسیله‌ای مناسب برای سنجش وضعیت سلامتی ماهی می‌باشد و برای بررسی اثرات احتمالی برخی مواد ضد تغذیه‌ای نیز اهمیت دارد (۱۷). بخشی از این تغییرات وابسته به ویژگی‌های خود گلیبول قرمز است مانند تغییر در اندازه سلول و میزان ذخیره هموگلوبین و بخش دیگر به غلظت پلاسما بستگی دارد که می‌تواند اثر خود را به صورت تغییر در تعداد گلیبول‌ها در واحد حجم و همچنین تغییر میزان هماتوکریت نشان دهد (۱۴). در این مطالعه اگرچه در مورد پارامترهای تعداد گلیبول قرمز، MCH، MCV و MCHC تفاوت بین گروه شاهد و سایر تیمارها معنی‌دار نبود اما افزایش معنی‌دار در تعداد گلیبول سفید و مقدار هموگلوبین و هماتوکریت در تیمار ۲ و ۳ g/kg اینولین نسبت به شاهد مشاهده شد. بالا بودن میزان هموگلوبین و هماتوکریت در تیمارهای پریبیوتیکی نشان دهنده برتری وضعیت تنفسی در این تیمارها در مقایسه با تیمار شاهد ۱ g/kg اینولین می‌باشد (۱۰). در مطالعه Hoseini و همکاران (۲۰۱۴)، مشخص شد که جیره حاوی دو درصد اینولین تأثیر معنی‌داری روی هموگلوبین و

و همکاران (۲۰۱۷) استفاده از ۴ گرم مانان الیگو ساکارید بیشترین درصد افزایش وزن و ضریب رشد ویژه را در گونه زبرا (*Danio rerio*) حاصل کرد (۱۰). تفاوت در پاسخ رشد در گونه‌های مختلف می‌تواند به دلیل تفاوت در گونه و سن ماهی، ترکیبات جیره و نوع پریبیوتیک و اثرات متقابل آن‌ها، اختصاصات سیستم گوارشی و شرایط پرورشی نظیر سیستم نگهداری و پارامترهای کمی و کیفی آب باشد (۸).

یکی از عوامل اقتصادی بودن پرورش آبزیان پایین بودن ضریب تبدیل غذایی است، چرا که علاوه بر کاهش هزینه‌های غذا به سبب مقدار کمتر غذادهی، از آلودگی ثانویه آب و به تبع آن کاهش پارامترهای کیفی آب جلوگیری خواهد کرد (۸). در این تحقیق با افزودن اینولین به غذا ضریب تبدیل غذایی کاهش یافت و کمترین مقدار در تیمار ۳ g/kg اینولین حاصل شد. نتایج مشابه در استفاده از اینولین در گونه‌های پاکوی قرمز، سیچلید زندانی و ماهی قرمز حوض هم گزارش شده است (۴، ۱۵، ۲۱). احتمال می‌رود اینولین به واسطه تکثیر باکتری‌های پریبیوتیک، باعث تولید آنزیم‌های گوارشی (آمیلاز، پروتئاز و لیپاز) و در نهایت سبب کاهش میزان ضریب تبدیل غذایی در میزبان شود (۲۵). این آنزیم‌ها در نهایت منجر به افزایش هضم چربی‌ها و پروتئین‌های موجود در جیره غذایی شده و کارایی تغذیه و متعاقب آن رشد را در میزبان به میزان قابل توجهی افزایش می‌دهند. علاوه بر تولید اسید لاکتیک و اسیدهای چرب زنجیره کوتاه نظیر اسید بوتیریک ناشی از تخمیر اینولین منجر به کاهش pH روده می‌شود که شرایط مناسبی را برای رشد باکتری‌های اسید لاکتیک فراهم می‌کند. این عمل می‌تواند سبب کاهش ضریب تبدیل غذایی و افزایش یارایی تغذیه در آبزی شود (۷).

در مطالعه حاضر هیچ گونه تلفاتی بین تیمارها مشاهده نشد و درصد بازماندگی بین تیمارها تفاوت معنی‌دار نداشت. در نتایج گزارش شده توسط Hoseini و همکاران (۲۰۱۴) در پاکوی قرمز (*Piaractus brachypomus*) و Bahrekazemi و همکاران (۲۰۱۶) در سیچلید زندانی نیز نتایج مشابه بوده است. درصد بازماندگی نشان دهنده ایمنی در مقابل عوامل بیماری‌زا و استرس‌های محیطی می‌باشد. بر خلاف نتایج پژوهش حاضر، Forsatkar و همکاران (۲۰۱۷) در ماهی زبرا و Akrami



References

1. Akrami, R., Qelich, A., Zareii, A. (2011). Effect of dietary inulin on growth performance, survival, body composition and intestinal lactic acid bacteria density of Carp juvenile (*Cyprinus carpio*). *J Fish Sci*, 5(4), 87-94.
2. Andrews, S.R., Sahu, N.P., Pal, A.K., Kumar, S. (2009). Hematological modulation and growth of *Labeo rohita* fingerlings: effect of dietary mannan oligosaccharide, yeast extract, protein hydrolysate and chlorella. *Aquac Res*, 41(1), 61-69. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02304.x>
3. AOAC. (1990). Official methods of analysis (Volum 1). (15th ed.) Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C, USA. p. 110-116.
4. Bahrekazemi, M., Mazloumi, K., Nikbakhsh, J. (2016). Effects of diets containing different levels of prebiotic Inulin on the growth rate and some blood parameters in Prisoner Cichlid fish (*Archocentrus nigrofasciatus*). *J Aquac Ecol*, 6(4), 130-135.
5. Blaxhall, P.C., Daisley, K.W. (1973). Routine hematological methods for use with fish bloods. *J Fish Biol*, 5(6), 771-781. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1973.tb04510.x>
6. Borges, A., Scotti, L.V., Siqueira, D.R., Jurinitz, D.F., Wassermann, G.F. (2004). Hematological and serum biochemical values for jundia (*Rhamdia quelem*). *Fish Physiol Biochem*, 30, 21-25.
7. De Schrijver, R., Ollevier, F. (2000). Protein digestion in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*) and effects of dietary administration of *Vibrio proteolyticus*. *Aquaculture*, 186(1-2), 107-116. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00372-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00372-5)
8. Falahatkar, B., Soltani, M., Abtahi, B., Kalbasi, MR., Poor Kazemi, M., Yasemi, M. (2006). Effects of vitamin C on some growth parameters, survival and hepatosomatic index in juvenile cultured Beluga, *Huso huso*. *Vet J*, 72, 98-103.
9. Fooks, L.J., Gibson, G.R. (2002). Probiotic as a modulators of the gut flora. *Br J Nutr*, 1(12), 39-49.
10. Forsatkar, M.N., Nematollahi, M.A., Rafiee, Gh.,

هماتوکریت خون ماهی پاکوی قرمز داشته که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارند (۱۵). در گونه سیچلید زندانی نیز بیشترین تعداد گلبول‌های قرمز و سفید و حداکثر میزان هموگلوبین و هماتوکریت در تیمار ۳ g/kg اینولین و کمترین مقادیر در تیمار شاهد و ۱ g/kg اینولین گزارش شده است (۴). Andrews و همیاران (۲۰۰۹)، در مطالعه خود افزایش معنی‌داری در فاکتورهای گلبول سفید، گلبول قرمز و هموگلوبین، در ماهیان روهو (*Labeo rohita*) تغذیه شده با جیره حاوی مانان اولیگوساکارید در مقایسه با تیمار شاهد مشاهده نمودند (۳). در این مطالعه بین تیمارها از نقطه نظر تعداد گلبول‌های سفید تفاوت معنی‌دار وجود داشت و بالاترین تعداد گلبول سفید در تیمار حاوی ۳ g/kg اینولین مشاهده شد. گلبول سفید از جمله مهم‌ترین شاخص‌های سلامتی و ایمنی جانور است. محرک‌های ایمنی به گیرنده‌های ویژه‌ای روی سطح فاگوسیت‌ها و لنفوسیت‌ها چسبیده و با تولید آنزیم‌هایی عوامل بیماری‌زا را تخریب می‌کنند. علاوه بر این، می‌توانند برخی انتقال‌دهندگان شیمیایی نظیر اینترفرون، اینترلوکین و پروتئین‌های کمپلمان را تولید کنند که سبب تحریک سیستم ایمنی و افزایش فعالیت لنفوسیت B و T می‌شوند (۲۰).

نتیجه‌گیری: نتایج این بررسی نشان داد که افزودن پریبیوتیک اینولین به میزان ۳ g/kg جیره غذایی ماهی پاکوی سیاه بالاترین کارایی را بر شاخص‌های رشد و تغذیه داشته است. همچنین افزودن این مقدار از اینولین باعث بهبود ترکیبات مغذی بدن و ارتقا سطح ایمنی در ماهی گشت. در نتیجه می‌تواند به عنوان مکمل رشد و ایمنی پاکوی سیاه مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

مولفان بر خود لازم می‌دانند تا از پرسنل مرکز تحقیقات ماهیان زینتی جهاد دانشگاهی به ویژه آقای مهندس نیک بخش برای تامین ماهی و تجهیزات، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشند.

تعارض در منافع

بین نویسندگان هیچ گونه تعارض در منافع گزارش نشده است.

- Farahmand, H., Rodrigues, G.M. (2017). Effect of prebiotic mannan oligo saccharide on the growth, survival and anxiety-like behaviors of Zebra fish (*Danio rerio*). *J Appl Aquacult*, 29(2), 183-196.
11. Gibson, G.R., Roberfroid, M.B. (1995). Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. *J Nutr*, 125(6), 1401-1412. <https://doi.org/10.1093/>



- [jn/125.6.1401](#) PMID: 7782892
12. Goulding, M., Carvalho, M.L. (1982). Life history and management of the tambaqui (*Colossoma macropomum*, Characidae): an important Amazonian food fish. *Revist Brasil Zoo*, 1(2), 107-133. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-81751982000200001>
 13. Helland, S.J., Grisdale, B., Nerland, S. (1996). A simple method for the measurement of daily feed intake of groups of fish in tanks. *Aquaculture*, 139, 157-163. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(95\)01145-5](https://doi.org/10.1016/0044-8486(95)01145-5)
 14. Houston, A.H., Dobric, N., Kahurananga, R. (1996). The nature of hematological response in fish. *Studies on Rainbow trout Oncorhynchus mykiss* exposed to stimulated winter, spring and summer conditions. *Fish Physiol Biochem*, 15, 339-347.
 15. Hoseini, S., Sourinezhad, A., Ashouri, S., Moradinasab, A. (2014). Effect of dietary inulin on growth parameters, survival and some hematological parameters of *Piaractus brachypomus*. *Neth J Aqua Eco*, 4(1), 44-50.
 16. Hoseinifar, S.H., Mirvaghefi, A.R., Mojazi Amiri, B., Khoshbavar Rostami, H.A., Poor Amini, M., Darvish Bastami, K. (2011). The probiotic effects of dietary inactive yeast *Saccharomyces cerevisiae* var. *ellipsoideus* on growth factors, survival, body composition and intestinal microbiota of Beluga juvenile (*Huso huso*). *Iran J Fish Sci*, 19(2), 55-66.
 17. Lin, S., Pan, Y., Luo, L. (2011). Effects of dietary B-1, 3-glucan, chitosan or raffinose on the growth, innate immunity and resistance of koi (*Cyprinus carpio koi*). *Fish Shellfish Immunol*, 31, 788-794. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2011.07.013>
 18. Mira, M., Akrami, R., Hedayatifard, M. (2011). Effect of dietary inulin on growth performance, survival and body composition of rutilus frisii kutum. *J Mar Biol*, 3(9), 53-59.
 19. Nikbakhsh, J., Bahrekazemi, M. (2017). Effect of diets containing different levels of prebiotic Mito on the growth factors, survival, body composition, and hematological parameters in Common carp *Cyprinus carpio* fry. *J Mari Biol Aqua*, 3(1), 1-6. <https://doi.org/10.15436/2381-0750.17.1386>
 20. Raa, R., Robertson, B., Sung, H. (1992). The use of immune stimulants to increase resistance of aquatic organisms to microbial infections. In: *Diseases in Asian Aquaculture 1*, Asian Fisheries Society, Manila, Philippines. p. 39-50.
 21. Rahnema, B., Akrami, R., Chitsaz, H. (2013). Effect of prebiotic inulin on growth performance, survival, body composition and resistance to stress in *Carassius auratus gibelio*. *J Aqua Rep Sci*, 1(2), 55-70.
 22. Rehulka, J., Minarik, B., Cink, D., Zalac, J. (2011). Prebiotic effect of fructo oligosaccharide on growth and physiological state of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Acta Univ Agric Silvicul Mendel Brun*, 59(5), 227-235. <https://doi.org/10.11118/actaun201159050227>
 23. Roberfroid, M.B., Van Loo, J.A., Gibson, E.R. (1998). The bifidogenic nature of chicory inulin and its hydrolysis products. *J Nutr*, 128(1), 11-19. <https://doi.org/10.1093/jn/128.1.11>
 24. Stoskopf, M.K. (1993). In: *Fish Medicine*. PhilaW.B. Saunders Company. delphia, USA. 882p.
 25. Tovar, D., AmZbonino, J., Cahu, C., Gatesoupe, F.J., Vazquez-Juarez, R., Lesel, R. (2002). Effect of yeast incorporation in compound diet on digestive enzyme activity in Sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. *Aquaculture*, 204(1-2), 113-123. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00650-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00650-0)



Effects of Diets Containing Different Levels of Prebiotic Inulin on the Growth Rate, Body Composition and Some Blood Parameters in Black Pacu (*Colossoma macropomum*)

Masoumeh Bahrekazemi, Abdolkarim Sbouchin

Department of Fisheries, Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran

(Received 24 December 2018, Accepted 11 March 2019)

Abstract:

BACKGROUND: Pacu is considered as one of the major sources of nutrition in the Amazon basin because of its high growth rate, low food expectation and resistance to diseases and the idea of using inulin in its diet can improve the culture of the species.

OBJECTIVES: In this study the effect of different levels of prebiotic inulin on the growth rate, body composition and some blood parameters in black Pacu was studied.

METHODS: For this purpose 120 Pacu fish (6.50 ± 0.05 g) were fed with 1, 2 and 3 g/kg prebiotic inulin over a period of 60 days.

RESULTS: The results showed that the highest percentage of body weight gained, specific growth rate and condition factor were obtained in 3 g/kg inulin, which were significantly different from other treatments ($P < 0.05$). A significant positive effect was observed in feed conversion ratio (FCR) and protein efficiency ratio (PER) by adding 3 g/kg inulin. It decreased the amount of FCR and increased the amount of PER significantly. Also, there was no dead fish between treatments all during the period and the survival rate was 100%. Addition of inulin to the diet, improved the nutritional composition of the fish and the maximum amount of protein and fat and minimum amount of moisture were measured in 3 g/kg inulin. In hematological parameters, although there were no significant differences in the number of red blood cells, MCV, MCH and MCHC amounts, the maximum numbers of white blood cells and the highest amounts of hemoglobin and hematocrit with the significant differences to other treatments, belonged to 3 g/kg inulin.

CONCLUSIONS: Addition of 3 g/kg inulin can improve the growth rate, nutrient composition and immunity in Black Pacu.

Keyword:

Prebiotic Inulin, Body Composition, Black Pacu

Figure Legends and Table Captions

Table 1. Chemical composition and approximate analysis of the experimental diet used in this study Mineral supplements containing magnesium, iron, zinc, copper, iodine, selenium and choline chloride. * Vitamin Supplements include vitamins E, A, D3, B1, B2, B3, B5, B6, B12 and K.

Table 2. Growth and nutrition parameters in Black Pacu fish fed with different levels of inulin for 60 days.

Table 3. Carcass analysis of Black Pacu fish fed with different levels of inulin for 60 days.

Table 4. Blood parameters of Black Pacu fed with different levels of inulin for 60 days. The numbers in each row with the same letters are not significantly different ($P > 0.05$).

