

اثر سطوح مختلف پروتئین جیره غذایی بر روند رشد و کارایی غذا بچه ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*)

محمود محسنی^{۱*}، مصطفی کرمی نسب^۲، محمد اسماعیل راست روان^۱ و یونس گل علیپور^۱
^۱مرکز تحقیقات ماهیان سردآبی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تنکابن، ایران، صندوق پستی ۴۶۷ - ۴۶۸۱۵.
^۲کارخانه خوراک آبزیان بهدانه شمال، استان مازندران، بابلسر

چکیده

به منظور مطالعه اثر سطوح مختلف پروتئین جیره غذایی بر روند رشد و کارایی غذا بچه ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*) با متوسط وزن $0/45 \pm 4/85$ گرم، آزمایش رشدی در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی طراحی و اجرا گردید. آزمونها در پنج سطح پروتئینی ۳۵، ۴۰، ۴۵، ۵۰ و ۵۵ درصد، در شرایط یکسان پرورشی به مدت ۶۳ روز انجام شد. میانگین دمای آب در طول دوره پرورش $1/5 \pm 14/7$ درجه سانتیگراد و اکسیژن محلول $0/68 \pm 7/6$ میلیگرم در لیتر در نوسان بود. وزن نهایی، وزن کسب شده، شاخص نرخ رشد ویژه، نسبت بازده پروتئین و ضریب چاقی ماهیان تغذیه شده با جیره محتوی سطوح مناسب پروتئین (۴۰ تا ۴۵ درصد)، بطور معنی داری ($P \leq 0/05$) از ماهیان تغذیه شده با جیره محتوی ۳۵ و ۵۵ درصد پروتئین بالاتر بود. با افزایش پروتئین در جیره غذایی ماهیان به میزان بیش از ۴۵ درصد، ضریب تبدیل غذایی به طور معنی داری افزایش یافت. کمترین مقادیر ضریب تبدیل غذایی در سطوح پروتئینی ۴۰ و ۴۵ درصد مشاهده شد. بجز تیمار ۴۵ درصد پروتئین در سایر تیمارها هیچگونه اختلاف معنی دار آماری در میزان گلبولهای سفید ماهیان تغذیه شده با سطوح مختلف پروتئین مشاهده نشد ($P \geq 0/05$). متوسط لایزوزیم ماهیان تغذیه شده با جیره محتوی ۵۵ درصد پروتئین بطور معنی بالاتر از ماهیان تغذیه شده با جیره محتوی ۳۵ درصد بود. با توجه به نتایج مطالعه حاضر می توان اذعان نمود حد مناسب پروتئین در بچه ماهی آزاد پرورشی، به میزان بالاتر از ۴۰ درصد و پایینتر از ۴۵ درصد در جیره به منظور دستیابی به حداکثر رشد از نظر فیزیولوژیک و اقتصادی و بهبود سیستم ایمنی می باشد.

کلمات کلیدی: پروتئین، ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*)، روند رشد و کارایی غذا

* نویسنده مسئول: mahmoudmohseni73@gmail.com

مقدمه

آلای قهوه‌ای در جهان و از گونه‌های مهم اقتصادی و در معرض خطر انقراض دریای خزر می‌باشد که اهمیت ویژه‌ای دارد. درسالهای اخیر آبی‌پروزی از سریع‌الرشدترین بخش‌های تولید غذا بوده است. به گونه‌ای که این بخش از سال ۱۹۹۵ - ۱۹۸۴ سالانه ۱۰ درصد رشد داشته است، در حالیکه نرخ رشد سالیانه تولید گوشت قرمز برابر ۳ درصد و نرخ رشد سالیانه صید آبی‌پروزی برابر ۱/۶ درصد بوده است (ضیایی، ۱۳۸۲). بخش آبی‌پروزی درکنار این رشد قابل توجه همواره با مشکلاتی نیز روبرو بوده است که از آن جمله مهمترین آن می‌توان به مشکلات تغذیه‌ای اشاره کرد.

نیازمندی‌های تغذیه‌ای یکی از اساسی‌ترین مواردی است که در پرورش یک گونه چه به منظور اقتصادی و چه بازسازی ذخایر، می‌بایست مورد توجه قرار گیرد. از سویی دیگر مشخص گردید نزدیک به ۶۰ درصد از هزینه‌های آبی‌پروزی را هزینه غذا تشکیل می‌دهد (محسنی و همکاران، ۱۳۸۵). تاکنون بسیاری از احتیاجات غذایی ماهی آزاد دریای خزر و جیره غذایی مناسب برای این گونه مورد مطالعه قرار نگرفته است. این گونه به دلیل رژیم گوشتخواری به درصد بالایی از پروتئین در جیره غذایی نیاز دارند. پروتئین‌ها مواد آلی هستند که از کربن، هیدروژن، اکسیژن و نیتروژن تشکیل یافته و اسیدهای آمینه بخش اساسی و اصلی آنها می‌باشند. ماهیان پروتئین را برای بدست آوردن اسیدهای آمینه مصرف می‌کنند، چرا که متابولیت اولیه نقش عمده‌ای در تامین انرژی ماهی دارا می‌باشد (Ahmad et al., 2008).

مصرف پروتئین توسط ماهیان به وجود منابع انرژی غیرپروتئینی جیره از جمله لیپید و کربوهیدرات وابسته است (Quinghui et al., 2004; Mohseni et al., 2011). همچنین افزایش منابع انرژی غیرپروتئینی جهت تأمین نیاز انرژی ماهی، سبب کاهش اکسیداسیون اسیدهای آمینه و متعاقباً افزایش مصرف پروتئین جیره جهت رشد و کاهش دفع ازت می‌شود (De Silva et al., 1991). از آنجائیکه پروتئینها، بخش

عمده هزینه‌های تغذیه‌ای تنظیم شده را در هر گونه پرورشی تشکیل می‌دهند (Miller et al., 2005). بنابراین تعیین احتیاجات پروتئینی، اولین گام موثر در جهت تولید جیره غذایی کم هزینه با کارایی بالا در رشد ماهیان محسوب می‌شود (Coutinho et al., 2012).

نیاز پروتئینی جیره برای گونه‌های مختلف ماهی‌ها بین ۳۰-۵۵٪ می‌باشد که بستگی به نوع گونه ماهی، سایز و منبع تامین پروتئینی و شرایط محیطی این مقدار متفاوت خواهد بود (Yones and Metwalli, 2015).

انرژی قبل از اینکه در دسترس فرآیند رشد قرار گیرد، صرف تأمین نیازمندیهای مربوط به نگهداری و فعالیت اختیاری می‌شود (Kaushik & Medale, 1994).

بعبارت دیگر، در صورتیکه جیره غذایی دارای مقدار کافی چربی و کربوهیدرات باشد، پروتئینها اغلب برای رشد و تولید بافت مورد استفاده قرار می‌گیرند (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۳). بر عکس اگر منابع انرژی غیرپروتئینی به اندازه کافی در جیره وجود نداشته باشند، پروتئینها صرف تأمین انرژی خواهد شد که صرفه اقتصادی در پی نخواهد داشت (Mohseni et al., 2011). لذا به منظور دستیابی به بهترین شرایط رشد و فیزیولوژی ماهی آزاد دریای

خزر (*S. trutta caspius*)، بررسی حاضر جهت تعیین مناسب‌ترین سطح پروتئین جیره غذایی در شرایط یکسان پرورشی طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها:**جیره‌های غذایی و نحوه تهیه آن:**

به منظور تهیه جیره‌های غذایی، ابتدا ترکیبات غذایی مورد نیاز جهت آنالیز به آزمایشگاه (آزمایشگاه آنالیز غذایی مرکز تحقیقات و علوم دامی کشور) منتقل گردید تا بر اساس اطلاعات صحیح از ترکیب مواد اولیه نسبت به تنظیم جیره‌ها اقدام گردد. با استفاده از پودر ماهی کیلکا عمل‌آوری شده در دمای پائین بعنوان منبع پروتئینی، روغن سویا و روغن ماهی کیلکا (به نسبت مساوی) بعنوان منبع چربی و آرد گندم بعنوان منبع کربوهیدرات، پنج

مصرف در فریزر (دمای منفی ۱۸ درجه سانتیگراد) نگهداری شدند. یک ساعت قبل از مصرف و توزیع غذا، جیره‌ها از فریزر خارج و پس از متعادل شدن با دمای اتاق با استفاده از ترازوی دیجیتال توزین و در اختیار ماهیان قرار گرفت.

جیره حاوی سطوح مختلف پروتئین ۳۵، ۴۰، ۴۵، ۵۰ و ۵۵٪ با چربی یکسان فرموله شدند (جدول ۱). ماهیان در شرایط یکسان پرورشی به مدت ۶۳ روز با جیره های فوق الذکر تغذیه شدند. میانگین دمای آب در طول دوره پرورش $14/7 \pm 1/5$ درجه سانتیگراد و اکسیژن محلول $7/6 \pm 0/68$ میلیگرم در لیتر در نوسان بود.

پلیت‌ها به قطر ۲ میلی‌متر تهیه شدند. جیره‌ها پس از خشک شدن، بسته بندی، شماره‌گذاری شده و تا زمان

جدول ۱: ترکیب شیمیایی جیره تجاری آزمایشی

مقدار (گرم در کیلوگرم جیره)					نوع ترکیب
۸۷۷	۸۷۵	۸۷۸	۸۸۳	۸۷۴	ماده خشک
۵۴۸	۵۰۵	۴۵۱	۳۹۵	۳۴۷	پروتئین
۱۴۳	۱۴۲	۱۴۱	۱۴۲	۱۴۵	چربی
۶۳/۱	۵۷/۱	۵۶/۲	۵۵/۸	۵۵/۲	خاکستر
۱۱	۱۱	۱۱	۱۴	۱۸	کربوهیدرات
۱/۸	۲	۲/۵	۲/۸	۳/۱	فیبر
۳۹۶۳/۲	۳۹۰۲/۱	۳۸۸۷/۲	۳۸۰۴/۲	۳۸۰۰/۹	انرژی ناخالص (کیلوکالری در کیلوگرم جیره)

وزن انفرادی ماهیان اندازه‌گیری و مطابق آن مقدار جیره غذایی برای ۱۴ روز آینده تنظیم می‌گردید. با توجه به اهمیت فاکتورهای محیطی از جمله اکسیژن محلول، دما و pH و تاثیر آنها بر تغذیه و در نهایت رشد ماهیان، این فاکتورها در تمام مدت پرورش بطور روزانه کنترل گردید.

آنالیز اجزاء، جیره غذایی:

آنالیز تقریبی ترکیبات و مواد اولیه جیره، جیره‌های آزمایشی با روشهای استاندارد جیره (AOAC 1995) انجام شد. پس از ۱۲ ساعت قطع غذایی به منظور اطمینان از تخلیه شدن محتویات شکمی ماهیان در پایان دوره پرورش و بیهوش نمودن ماهیان توسط محلول ۳۰۰ قسمت در میلیون پودر گل میخک، از هر تکرار ۳ عدد ماهی به طور تصادفی برداشت، لاشه ماهیان جهت تجزیه لاشه (پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر) به آزمایشگاه ارسال گردید.

تهیه ماهیان و نحوه پرورش: تعداد ۲۲۵ عدد بچه ماهی آزاد دریای خزر با وزن متوسط $4/85 \pm 0/45$ گرم، به تعداد ۱۵ عدد ماهی در هر وان بطور تصادفی در ۱۵ وان فایبرگلاس ۲۵۰ لیتری (قطر ۹۰ سانتیمتر و ۶۰ سانتیمتر ارتفاع) در فضای سرپوشیده مجهز به سیستم هوادهی، تخلیه آب مرکزی و شیرهای تنظیم آب (بصورت فواره‌ای) با دبی آب ۵/۸۹ لیتر در دقیقه در قالب یک طرح آماری کاملاً تصادفی متعادل پرورش داده شدند. هر جیره به ۳ وان فایبرگلاس داده شد. مقدار غذای روزانه بر اساس دمای متوسط آب، وزن و تعداد ماهیان موجود در تانک-های پرورشی براساس جدول غذایی محاسبه گردید (Hardy, 1998). به منظور کاهش استرس، ۱۲ ساعت قبل و بعد از زیست سنجی، غذادهی ماهیان قطع می‌گردید. جهت زیست سنجی، ماهیان توسط محلول ۳۰۰ قسمت در میلیون پودر گل میخک بیهوش می‌شدند (محسنی و همکاران، ۱۳۸۵). در هر زیست سنجی طول و

کالریمتر و خاکستر با سوزاندن در کوره الکتریکی ۵۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۹ ساعت اندازه‌گیری شدند. تعیین شاخص‌های رشد: اجهت زیست سنجی هر تانک، فاکتورهای چون وزن کسب شده (WG%; Weight Gain), شاخص رشد ویژه (Specific Growth Rate; SGR) و ضریب تبدیل غذایی (FCR; Feed Conversion Ratio) محاسبه شد (Otubusin et al., 2009).

$100 \times \text{وزن ابتدایی} / (\text{وزن ابتدایی} - \text{وزن انتهایی}) = \text{میزان افزایش وزن (WG\%)}$

$100 \times \text{دوره پرورش به روز} / (\text{لگاریتم وزن ابتدایی} - \text{لگاریتم وزن انتهایی}) = \text{نرخ رشد ویژه (SGR; \% / day)}$

$\text{افزایش وزن بدن به گرم} / \text{وزن غذای خورده شده به گرم} = \text{ضریب تبدیل غذایی (FCR)}$

(Binding site - انگلستان) و با استفاده از کیت آزمایشگاهی Binding site به روش نفلومتری و سنجش میزان لایزوزیم در نمونه های خون بر اساس روش توصیه شده توسط Ellis در سال ۱۹۹۰ اندازه‌گیری گردید. آنالیز آماری: تحقیق حاضر در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی متعادل در سه تکرار روی بچه ماهیان آزاد مورد بررسی قرار گرفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس یک و دو طرفه (ANOVA) و نرم افزارهای Excel و SPSS انجام گرفت. جهت مقایسه میانگین تیمارها از طریق آزمون چند دامنه دانکن انجام شد، وجود یا عدم وجود اختلاف معنی دار در سطح اعتماد ۰/۹۵ تعیین گردید.

نتایج و بحث

نتایج پارامترهای کیفی آب هیچگونه اختلاف معنی‌داری را در طول دوره پرورش نسبت به یکدیگر نشان نداد ($P \geq 0/05$). همچنین در طول دوره پرورش، هیچگونه مرگ و میری مشاهده نشد. نتایج داده‌ها در انتهای دوره پرورش نشان داد (جدول ۲)، در سطح پروتئینی ۴۰ و ۴۵ درصد بیشترین میزان وزن نهایی بدن و افزایش وزن بدن مشاهده شد. با افزایش پروتئین به میزان بیش از ۴۵ درصد، شاخصهای رشد کاهش یافت.

نمونه جیره‌ها و ماهی در ۱۰۵ درجه سانتیگراد بمدت ۶ ساعت تا رسیدن به یک وزن ثابت، برای اندازه‌گیری رطوبت خشک شدند. پروتئین با برآورد نیتروژن کل ($N \times 6/25$) با استفاده از روش کج‌دال استخراج، چربی با روش سوکسله با استفاده از حلال کلروفرم با نقطه جوش ۵۰ تا ۶۰ درجه سانتیگراد به مدت ۴ تا ۶ ساعت استخراج، میزان انرژی موجود در ترکیبات غذایی بوسیله بمب

از ۳۰ درصد جمعیت ماهیان پس از گذشت ۱۸ ساعت از زمان قطع تغذیه و بیهوش نمودن ماهیان توسط محلول ۳۰۰ پی پی ام پودر گل میخک، با استفاده از سرنگ‌های ۲ میلی‌لیتر از ساقه دم ماهیان خونگیری بعمل آمد. سپس ۰/۵ میلی‌لیتر خون به داخل تیوبهای شماره‌گذاری شده آغشته به ماده ضد انعقاد خون (هپارین)، جهت انجام مطالعات فاکتورهای خونی منتقل شد. ۱/۵ میلی‌لیتر باقیمانده به داخل اپندروف غیرهپارینه شماره‌گذاری شده انتقال یافت. نمونه‌ها پس از جمع‌آوری بلافاصله به آزمایشگاه هماتولوژی ارسال گردید. جهت انجام مطالعات فاکتورهای بیوشیمیایی (سرولوژی)، خون موجود در لوله‌های فاقد ماده ضدانعقاد هپارین توسط سانتریفوژ (مدل Labofuge ساخت شرکت Heraeus Sepatch آلمان) با دور ۳۰۰۰ در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ شده، سرم جدا و تا بررسی‌های آتی در دمای ۸۰- درجه سانتیگراد نگهداری شدند.

روش اندازه‌گیری فاکتورهای ایمنی خون: در پایان دوره پرورش جهت بررسی سیستم ایمنی و شاخصهای خونی از ۳۰ درصد جمعیت ماهیان هر وان بصورت تصادفی خون‌گیری و شاخصهایی چون IgM (Total Immunoglobulin) و لایزوزیم اندازه‌گیری گردید (Benfey and Biron, 2000). IgM سرم بر حسب میلی‌گرم در دسی لیتر بوسیله دستگاه نفلومتری Minineph

دو سطح انرژی ۱۹ و ۲۱ کیلوگرم بر مگاژول مشخص گردید، روند رشد، ضریب تبدیل غذایی و شاخص رشد ویژه ماهیانی که از جیره با پروتئین ۴۰ و ۵۰ درصد تغذیه شده بودند بطور معنی داری بالاتر از ماهیان تغذیه شده با جیره محتوی ۳۰ درصد پروتئین بود. در این بررسی بر مبنای افزایش وزن و بازده غذایی، سطح بهینه پروتئین را در حدود ۴۰٪ پیشنهاد نمودند که با نیاز آزاد ماهی چینوک، کوهو و نتایج مطالعات حاضر مطابقت دارد. عبارت دیگر، در صورتیکه جیره غذایی دارای مقدار کافی چربی و کربوهیدرات باشد، پروتئینها اغلب برای رشد و تولید بافت مورد استفاده قرار می‌گیرند. در غیر اینصورت، بخشی از پروتئین به جای تشکیل بافت و رشد صرف تامین انرژی گردیده، بنابراین روند رشد و کارایی غذا کاهش می‌یابد.

ضروری است تا سطح بهینه کربوهیدرات در جیره غذایی ماهیان تعیین شود تا کاتابولیسم پروتئین و چربی به منظور تامین انرژی کاهش یابد و برای سوخت و ساز به طور حدواسط از سایر ترکیبات زیستی مهم استفاده شود، بدین ترتیب خصوصیات فیزیکی غذا نیز بهبود پیدا می‌کند (Quinghui et al., 2004).

یافته‌ها نشان داد که در آزاد ماهیان نیاز به انرژی خام در حدود ۲۰ - ۱۷ کیلوژول بر گرم در هر کیلوگرم جیره می‌باشد (Kaushik & Medale, 1994). با توجه به روند رشد مناسب ماهیان در طول دوره پرورش می‌توان ادعان نمود در مطالعه حاضر، نسبت مناسب پروتئین به انرژی جیره غذایی که نقش مهمی در استفاده بهینه از پروتئین و انرژی جیره را دارد (Hung et al., 1997; Mohseni et al., 2007) کاملاً رعایت شده بود.

بر اساس نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر سطوح مختلف پروتئین جیره بر مقادیر متوسط PER تاثیر داشته، بطوریکه افزایش سطوح پروتئین از ۴۰ به ۴۵ درصد سبب افزایش نسبت بازده پروتئین شده اما با افزایش پروتئین به سطح ۵۰ درصد و بالاتر در جیره مقادیر این شاخص کاهش یافت. احتمالاً دلیل کاهش نسبت بازده پروتئینی

بیشترین وزن کسب شده و شاخص رشد ویژه (SGR; %/day) را نیز ماهیان تغذیه شده با جیره محتوی ۴۰ و ۴۵٪ پروتئین به خود اختصاص دادند ($P \leq 0.05$) که دارای اختلاف معنی دار آماری با ماهیان تغذیه شده با سایر تیمارها بودند. بیشترین میزان ضریب تبدیل غذایی در سطوح پروتئینی ۳۵ و ۵۵ درصد مشاهده شد که به استثنای سطح پروتئین ۵۰ درصد با یرتیمارها دارای اختلاف معنی داری آماری بود ($P \leq 0.05$). بنابراین با افزایش پروتئین، بهبود قابل توجهی در بازده غذایی ماهیان مشاهده نشد. نتایج به دست آمده از آزمایش نشان داد که سطوح متفاوت پروتئین بر برخی شاخصهای رشد مانند ضریب تبدیل غذایی و نسبت بازده پروتئین اثر معنی دار داشته و نتایج نسبتاً بهتری با استفاده از غذای حاوی پروتئین ۴۰ تا ۴۵ درصد گرفته شده است. می‌توان ادعان نمود این سطح از پروتئین مناسب برای رشد ماهی و تامین اسیدآمین ه های ضروری می‌باشد. از آنجائیکه کارایی رشد ماهی با میزان پروتئین جیره غذایی ارتباط مستقیمی دارد و در مسیرهای متابولیکی، پروتئین منبع انرژی به حساب می‌آید (Hepher, 1988). نتایج مشابهی مبنی بر موثر بودن پروتئین بر میزان کارایی رشد برای ماهی آزاد ماسو (*Oncorhynchus masou* (Brevoort), ماهی قزل آلالی رنگین کمان (Weatherup et al., 1997)، ماهی آزاد قهوه ای (Arzel et al., 1994) و ماهی آزاد اقیانوس اطلس (Hillestad et al., 1998) مشاهده شده بود.

در مطالعه حاضر با افزایش پروتئین به میزان بالاتر از ۴۵ درصد میزان وزن نهایی و ضریب رشد ویژه بطور معنی داری بدلیل به هم خوردن تعادل جیره در نتیجه تغییر مسیر قسمتی از انرژی رشد و مصرف شدن آن برای آمین زدایی (افزایش اسیدهای آمینه آزاد و افزایش فعالیت آنزیمهای تجزیه کننده اسیدآمینه در هپاتوپانکراس)، کاهش یافت (Azevedo et al., 2002; Mohseni et al., 2007). در بررسی تغذیه آزاد ماهی ماسو توسط Lee و Kim (۲۰۰۱) به وزن ۹/۲۱ گرم به مدت ۱۰ هفته با ۳ سطح پروتئین ۳۰، ۴۰ و ۵۰ درصد هر یک با

با افزایش سطح پروتئین جیره نسبت بازده پروتئین کاهش می یابد. نتایج مشابهی نیز در ماهی چار قطبی (*Salvelinus alpinus*) تغذیه شده با جیره های حاوی ۲۳ تا ۵۵٪ پروتئین خام مشاهده شد (Gurover et al., 1995).

این است که مازاد پروتئین به منظور تأمین انرژی بافتها مورد مصرف قرار می گیرد. در این راستا Lall و Daekim و Santosh (۲۰۰۱) نشان دادند تغذیه ماهیان (*Melanogrammus aeglefinus* Haddock) با جیره های حاوی ۴۵ تا ۶۵ درصد پروتئین خام موجب می شود که

جدول ۲: مقایسه میانگین شاخصهای رشد و کارایی تغذیه بچه ماهیان آزاد پرورشی تغذیه شده با سطوح متفاوت پروتئین در پایان دوره پرورش

پروتئین (درصد)	وزن اولیه (گرم)	وزن نهایی (گرم)	طول کل (سانتی متر)	وزن کسب شده (درصد)	شاخص رشد ویژه (درصد/روز)	ضریب تبدیل غذایی	کارایی پروتئین
۳۵	۴/۵۰±۰/۴۲	۲۱/۸±۱/۵۶ ^b	۱۲/۷±۰/۲۱ ^b	۳۷۵/۴±۲۸/۱ ^b	۲/۵۳±۰/۱۰ ^b	۱/۶۷±۰/۰۸ ^a	۰/۹۷±۰/۰۶ ^b
۴۰	۴/۸۵±۰/۷۸	۲۶/۹±۱/۴۴ ^a	۱۳/۹±۰/۰۹ ^a	۴۶۱/۹±۳۹/۳ ^a	۲/۸۶±۰/۳۱ ^a	۱/۳۸±۰/۰۲ ^b	۱/۱۴±۰/۰۴ ^a
۴۵	۴/۹۵±۰/۴۱	۲۶/۸±۱/۷۳ ^a	۱۳/۸±۰/۲۲ ^a	۴۴۲/۸±۲۷/۱ ^a	۲/۸۲±۰/۰۹ ^a	۱/۳۴±۰/۰۶ ^b	۱/۲۱±۰/۰۵ ^a
۵۰	۴/۹۰±۰/۵۹	۲۴/۲±۱/۴۳ ^{ab}	۱۳/۳±۰/۴۵ ^{ab}	۳۹۸/۲±۳۳/۳ ^b	۲/۶۶±۰/۳۳ ^b	۱/۵۳±۰/۰۲ ^{ab}	۱/۰۷±۰/۰۵ ^{ab}
۵۵	۵/۱۰±۰/۷۱	۲۱/۵±۱/۳۳ ^b	۱۲/۶±۰/۴۲ ^b	۳۲۳/۷±۸۶/۳ ^b	۲/۴۳±۰/۱۳ ^b	۱/۶۵±۰/۰۹ ^a	۰/۹۶±۰/۰۷ ^b

تأمین کننده انرژی استفاده کند و قسمت اعظم پروتئین صرف تأمین فعالیت های کاتابولیک (تأمین انرژی) ماهی می گردد، برای این کار ابتدا باید از پروتئین آمین زدایی نموده و سپس از منابع کربوهیدراته کربنی پروتئین استفاده نماید و چون تأمین انرژی ماهی امری مداوم و مستمر است روند مستمر کاتابولیسم پروتئین صرف انرژی زیادی را بر ماهی تحمیل می کند (Halver, 1989). ضمناً دفع ازتهای حاصل از آمین زدایی فشار متابولیکی زیادی را بر ماهی وارد می کند (Hillested et al., 2001). در نتیجه کارایی پروتئین (نسبت بازده پروتئین)، روند رشد (وزن نهایی و ضریب رشد ویژه) کاهش پیدا می کند.

تأثیر سطوح مختلف پروتئین بر متوسط پلاسما لایزوزیم و ایمونوگلوبولین: نتایج حاصل از تأثیر جیره غذایی حاوی سطوح مختلف پروتئین روی برخی پارامترهای خونی در جدول ۳ ارائه شده است. هیچگونه اختلاف معنی

میانگین \pm SD، اعداد در یک ستون با حروف متفاوت دارای اختلاف معنادار هستند ($P \leq 0.05$).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد، پروتئین ۴۵ درصد در جیره بوسیله این گونه بطور موثری برای سنتز پروتئین استفاده می شود که با نتایج مطالعات Lee و همکاران (2001) در خصوص گونه *Brachymystax lenok* مطابقت دارد. از سویی دیگر تحقیقات نشان داده است که نسبت نامناسب انرژی و پروتئین جیره غذایی منجر به افزایش هزینه های تولید و کاهش کیفیت آن می شود (Lee & Kim, 2001). ماهیان گوشتخوار جهت فعالیت های آنابولیکی (تولید بافت و رشد از راه فراهم کردن مداوم اسیدهای آمینه، به ویژه اسید های آمینه ضروری جهت رشد) و فعالیت های کاتابولیکی (تأمین انرژی) از پروتئین، چربی و کربوهیدرات استفاده می کنند، اگر میزان انرژی در جیره غذایی کمتر از حد مطلوب باشد، ماهی ناچار است که از پروتئین بیشتر به عنوان منبع

پلازما ایمونوگلوبولین در میان تیمارهای مختلف مشاهده نشد. مقادیر متوسط لایوزیم ماهیان تغذیه شده با جیره محتوی ۵۵ درصد پروتئین بطور معنی بالاتر از ماهیان تغذیه شده با جیره محتوی ۳۵ درصد بود.

دار آماری در میزان گلوبول های سفید ماهیان تغذیه شده با سطوح مختلف پروتئین مشاهده نشد، به استثنای تیمار محتوی ۴۵ درصد پروتئین که به طور معنی داری بالاتر از سایر تیمارها بود. تفاوت معنی دار آماری در مقادیر متوسط

جدول ۳: میانگین گلوبول سفید، لایوزیم و ایمونوگلوبولین (میانگین \pm انحراف معیار) بچه ماهیان آزاد پرورشی تغذیه شده با سطوح مختلف پروتئین در پایان دوره پرورش

ایمونوگلوبولین کل (mg ml^{-1})	لایوزیم (unit ml^{-1})	گلوبولهای سفید (میلی متر مکعب)	پروتئین (%)
$6/01 \pm 0/63$	$51/4 \pm 2/12^b$	$8/60 \pm 1/13^b$	۳۵
$5/65 \pm 0/49$	$53/8 \pm 1/13^{ab}$	$9/11 \pm 0/73^b$	۴۰
$6/40 \pm 0/39$	$56/4 \pm 1/34^{ab}$	$9/95 \pm 0/66^a$	۴۵
$7/65 \pm 0/78$	$55/3 \pm 3/97^{ab}$	$9/15 \pm 0/78^b$	۵۰
$6/91 \pm 0/58$	$61/5 \pm 3/54^a$	$9/20 \pm 0/93^b$	۵۵

میانگین \pm SD، اعداد در یک ستون با حروف متفاوت دارای اختلاف معنادار هستند ($P \leq 0/05$).

مهم در آبی پروری مطرح می باشد. لایوزیم از مهمترین اجزای ایمنی غیراختصاصی ماهی محسوب می شود که موجب تخریب جداره باکتری ها، فعال سازی کمپلمان و افزایش فعالیت بیگانه خواری در ماهی می شود. افزایش میزان فعالیت لایوزیم سرم گویای بهبود وضعیت ایمنی ماهی است و افزایش آن به مقابله بهتر سیستم ایمنی ماهی در برابر عوامل عفونی و استرس زا کمک می نماید. افزایش فعالیت لایوزیم متعاقب تجویز برخی محرک های ایمنی، واکسن ها و برخی پریبیوتیک ها در ماهی مشاهده شده است (Alishahi et al., 2010).

توصیه ترویجی

پروتئین ها از اجزاء ضروری بدن بوده که نقش مهمی در ساختمان و عمل ارگانسیم های زنده به جهت فراهم کردن مداوم اسیدهای آمینه به ویژه اسیدهای آمینه ضروری ایفاء

پارامترهای خونی ماهی تحت تأثیر مجموعه ای از فاکتورهای بیولوژیکی، تغذیه ای و محیط قرار دارد (Benfey and Biron, 2000)، از بین این عوامل، تأثیر جیره غذایی در فاکتورهای خونی، اهمیت ویژه ای دارد (Barnhart, 1969). نتایج حاصل از مطالعه حاضر، با افزایش پروتئین جیره از ۳۵ به ۴۵ درصد مقادیر گلوبول سفید افزایش و در مقادیر بالاتر پروتئین (۵۰ و ۵۵ درصد) میزان آن کاهش پیدا نمود، این امر تأثیرپذیری گلوبولهای سفید از جیره غذایی را تأیید می نماید. می توان دلیل آن را به استرس ناشی از تغییرات گلوبولهای سفید در اثر مصرف جیره های غذایی نامناسب و افت کلی وضعیت رشد و سلامت ماهی نسبت داد (Ellif, 2006). همچنین نتایج مطالعه Docan و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد، تغذیه نامناسب می تواند یکی از عوامل تأثیرگذار بر کاهش تعداد لنفوسیتها باشد. افزایش ایمنی به عنوان یک استراتژی

مرحله عرضه به بازار. انستیتو تحقیقات بین المللی ماهیان خاویاری. موسسه تحقیقات و آموزش شیلات ایران. ۲۲۴ صفحه.

Ahmad M.H., 2008. Response of African catfish, (*Clarias gariepinus*) to different dietary protein and lipid levels in practical diets. Journal of the World Aquaculture Society, 39: 541-548.

Alishahi M., Ranjbar M.M., Ghorbanpour M., Peyghan R., Mesbah M. and Razi jalali M., 2010. Effects of dietary Aloe vera on specific and nonspecific immunity of Common carp (*Cyprinus carpio*). International Journal of Veterinary Research, 4: 189-195.

AOAC, 1995. 16th edn. Official Methods of Analysis of the Association of official Analytical chemist, Vol. I, Washington, DC, USA, 1234 pp.

Azel J., Martinez-Lopez F.S. Metailler R., Stephan G., Viau M., Gandemer G. and Guillaume J., 1994. Effect of dietary lipid on growth performance and body composition of brown trout (*Salmo trutta*) reared in sea water. Aquaculture, 123: 361-375.

Azevedo R.B.R., French V. and Partridge L., 2002. Temperature modulates epidermal cell size in *Drosophila melanogaster*. Journal of Insect Physiology 48. 231-237.

Barnhart R.A., 1969. Effects of certain variables on haematological characteristics of rainbow trout, *Salmo gairdneri*, (Richardson). Transactions of the American Fisheries Society, 98, 411-418. 10.

Benfey T.J. and Biron M., 2000. Acute stress in triploid rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*). Aquaculture, 184, 167-176.

می‌نمایند. بنابراین توازن آن در جیره غذایی از نظر فیزیولوژیکی و اقتصادی بسیار با اهمیت است. افزایش پروتئین جیره سبب افزایش هزینه تولید و کاهش آن نیز سبب کاهش در روند رشد و کارایی غذا می‌شود. با توجه به نتایج مطالعه حاضر می‌توان اذعان نمود حد مناسب پروتئین در بچه ماهی آزاد پرورشی اوزان ۴ تا ۳۰ گرم، به میزان بالاتر از ۴۰ درصد و پایینتر از ۴۵ درصد در جیره به منظور دستیابی به حداکثر رشد از نظر فیزیولوژیک و اقتصادی و بهبود شاخصهای هماتولوژی و سیستم ایمنی می‌باشد.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور در قالب پروژه "بهبود سازی جیره غذایی ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*) به منظور توسعه آبرزی پروری" در مرکز تحقیقات ماهیان سرد آبی کشور طراحی و اجرا گردید. از کلیه همکارانی که طی مراحل اجرایی پروژه از حمایت‌های بیدریغ آنان بهره‌مند شدیم، صمیمانه تشکر می‌گردد.

منابع

ابراهیمی، ع.، پوررضا، ج.، پاناماریوف، س.و.، کمالی، ا. و حسینی، ع. ۱۳۸۳. اثر مقادیر مختلف پروتئین و چربی بر رشد و ترکیب شیمیایی لاشه بچه ماهیان انگشت قد فیلماهی (*Huso huso*). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال ۱۱. شماره ۳. ۱۴۱-۱۵۱.

ضیایی، س.، ۱۳۸۲. تاثیر باکتریهای باسیلوسی به عنوان پروبیوتیک بر رشد، بازماندگی و تغییرات آنزیم های گوارشی میگوی سفید هندی *Fenneropenaeus indicus*). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده منابع طبیعی کرج دانشگاه تهران. ۸۸ ص.

محسنی، م.، پورکاظمی، م.، بهمنی، م.، پورعلی، ح.، کاظمی ر. و علیزاده، م.، ۱۳۸۵. گزارش نهایی پروژه تعیین احتیاجات غذایی فیلماهی از مرحله لاروی تا

- feed utilization and carcass quality of Atlantic salmon. *Aquaculture*, 4: 89-97.
- Hillestad M., Johnsen F. and Asgard T., 2001. Protein to carbohydrate ratio in high energy diet for Atlantic salmon. *Aquaculture*, 105: 175-190.
- Hung S.O.O., Storebakken T., Cui Y., Tian L. and Einen O., 1997. High-energy diets for white sturgeon (*A. transmontanus*) Richardson. *Aquaculture Nutrition*, 3: 281-286.
- Kaushik S.J. and Médale F. 1994. Energy requirements, utilization and dietary supply to salmonids. *Aquaculture* 124, 81-97.
- Lee S.M. and Kim K.D., 2001. Effects of dietary protein and energy levels on the growth, protein utilization and body composition of juvenile masu salmon (*Oncorhynchus masou* Brevoort) *Aquaculture research*, 32: 39-45.
- Lee S.M., Park H.G., Kim C.H. and Hong K.E., 2001. Protein requirement of juvenile Manchurian trout *Brachymystax lenok*. *Sciences*, 67:46-51.
- Miller C., Davis A. and Phelps R.P., 2005. The effects of dietary protein and lipid on growth and body composition of juvenile and sub-adult red snapper, *Lutjanus campechanus* (Poey, 1860). *Aquaculture Research*, 36: 52-60.
- Mohseni M., Sajjadi M. and Pourkazemi M., 2007. Growth performance and body composition of sub yearling Persian sturgeon, (*Acipenser persicus*, Borodin, 1987), fed different dietary protein and lipid levels. *Journal of Applied Ichthyology*, 23: 204-208.
- Mohseni M., Hassani M.H., Pourali F.H., Pourkazemi M. and Bai S.C., 2011. The optimum dietary carbohydrate/lipid ratio can spare protein in growing beluga, *Huso*
- Coutinho F., Peres H., Guerreiro I., Pousao-Ferreira P. and Oliva-Teles A., 2012. Dietary protein requirement of Sharpnose sea bream (*Diplodus puntazzo*, Cetti 1777) juveniles. *Aquaculture*, 35: 391-397.
- De Silva S.S., Gunasekera R.M. and Shim K.F., 1991. Interactions of varying dietary protein and lipid levels in young red tilapia: evidence of protein sparing. *Aquaculture*, 95: 305-318.
- Daekim J. and Lall Santosh P., 2001. Effects of dietary protein level on growth and utilization of protein and energy by juvenile haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). *Aquaculture*, 195: 31-319.
- Docan A., Dediu L. and Cristea V., 2012. Effect of feeding with different dietary protein level on leukocytes population in juvenile Siberian sturgeon, *Acipenser baeri*, Brandt. *Archiva Zootechnica*, 15, 59-67.
- Ellif I.C., 2006. Gill and kidney histopathology in the fresh water fish *Cyprinus carpio* after acute exposure to deltamethrin. *Environmental toxicology and Pharmacology*, 22, 200-204.
- Gurover R.M., Moocia R.D. and Atkinson J.L., 1995. Optimal protein requirement of young Arctic char (*Salvelinus alpinus*) fed practical diets. *Aquaculture Nutrition*, 1: 227-234.
- Halver J.E., 1989. The vitamins. In: Halver, J.E. (Ed.), *Fish Nutrition*, 2nd edn. Academic Press, San Diego, pp. 32-109.
- Hardy R.W. 1998. Practical feeding - Salmon and trout. In: T. Lovell (Editor). *Nutrition and feeding of fish*. Van Nostrand Reinhold, New York, USA: 185-203. doi: 10.1007/978-1-4615-4909-3-10
- Hillestad M., Johnsen F., Austreng E. and Asgard T., 1998. Long- term effects of dietary fat level and feeding rate on growth,

- huso*. Journal of Applied Ichthyology, 27: 737-742.
- Otubusin S.O., Ogunleye F.O. and Agbebi O.T. 2009. Feeding trials using local protein sources to replace fishmeal in pelleted feeds in catfish (*Clarias gariepinus* Burchell 1822) culture. European Journal of Scientific Research, 31(1): 142-147.
- Quinghui Ai., Kangsen M., Huitao L., Chunxiao Z.H., Lu Z., Qingyuan D., Beiping T., Wenbig Z. and Zhigou L., 2004. Effects of dietary protein to energy ration on growth and body composition of juvenile Japanese sea bass, *Lateolabrax japonicus*. Aquaculture, 230: 507-516.
- Yones A.M.M. and Metwalli AA. 2015. Effects of Fish meal substitution with poultry by-product meal on growth performance, nutrients utilization and blood contents of juvenile Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture Research Development. 6: 80-89. doi:10.4172/2155-9546.1000389:1
- Weatherup R.N., McCracken K.j., Foy R., Rice D., McKendry J., Maris F.j. and Hoey R., 1997. The effects of dietary fat content, performance and body composition of farmed rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture, 151: 173-184.

Effect of different dietary protein levels on growth of juvenile Caspian trout (*Salmo trutta caspius*)

Mohseni, M.^{1*}; Karaminasab, M.²; Rastravan, M. E.¹; Golalipour, Y.¹

¹Iranian Fisheries Science Research Institute, Cold-water Fishes Research Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tonekabon, Iran. ² Aquatic food factory, Bahdaneh Sholal, Babolsar- Iran

²Protein, Growth, Caspian trout (*Salmo trutta caspius*), immune response

Abstract

The effects of dietary protein levels on growth and feed efficiency were investigated in Caspian trout, *Salmo trutta caspius*. Five experimental diets containing five different dietary levels of protein (35, 40, 45, 50 and 55% diet) were fed to triplicate groups of 225 with an initial weight of 4.85 ± 0.45 g for 63 days. Oxygen concentration was 7.6 ± 0.68 mg L⁻¹ and average water temperature was 17.7 ± 1.5 °C was in effect throughout the experimental period. Significant higher Final body weight, weight gain, specific growth rate, protein efficiency ratio and condition factor were observed in fish fed diet supplemented with optimum levels of protein (40 and 45%) than that of fish of other dietary groups such as 35 and 55 % protein. Feed efficiency ratio of fish fed 35 and 55 % protein were significantly higher than those of fish fed 40 and 45% dietary protein levels ($P \leq 0.05$). There were no significant differences in white blood cell content of serum in all treatments, expect fish fed diet containing 45 % protein that was significantly higher than that of fish fed other diets. Lysozyme activity of fish fed 55 % protein was significantly higher than this of fish fed 35 % protein. Based on the results of this study, could say that increased levels of protein in the diets of juvenile Caspian trout (*Salmo trutta caspius*) up to 40- 45% in diet, improved growth performance, feed utilization parameters and nonspecific immune response.

Keywords: Protein, Growth, Caspian trout (*Salmo trutta caspius*), immune response

*Corresponding author: mahmoudmohseni73@gmail.com