بررسی اثرات سطوح مختلف پروتئین جیره غذایی بر میزان رشد، ترکیب شیمیایی بدن و قابلیت هضم مواد مغذی در بچه ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*)

محمود محسنی*[۱]، محمد پورکاظمی[۲]، مصطفی کرمی نسب[۲]، محمد اسماعیل راست‌روان[۱]

*mahmoudmohseni73@gmail.com

۱- مرکز تحقیقات ماهیان سردآبی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تنکابن، ایران

۲- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. تهران، ایران

۳- کارخانه خوراک آبزیان بهدانه شمال، استان مازندران، بابلسر، ایران

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۷

چکیده

به منظور بررسی اثرات سطوح مختلف پروتئین جیره (۳۵، ۴۰، ۴۵، ۵۰ و ۵۵ درصد) بر میزان رشد، ترکیب بدن و قابلیت هضم بچه ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*)، آزمایشی در قالب طرح کاملاً تصادفی طراحی و اجرا گردید. تعداد ۲۲۵ قطعه بچه ماهی با میانگین وزن ۰/۴۵ ± ۴/۸۵ گرم در ۱۵ وان فایبرگلاس ۲۵۰ لیتری (۱۵ قطعه در هر وان) با ۳ تکرار در هر تیمار به مدت ۶۳ روز تغذیه شدند. میانگین دمای آب در طول دوره پرورش ۱/۵± ۱۴/۷ درجه سانتی‌گراد و اکسیژن محلول ۰/۶۸ ± ۷/۶ میلی‌گرم در لیتر بود. وزن نهایی، نرخ رشد ویژه، نسبت بازده پروتئین و ضریب چاقی ماهیان تغذیه شده با جیره محتوی ۴۰ درصد پروتئین، به‌طور معنی‌داری از ماهیان تغذیه شده با جیره محتوی ۳۵ و ۵۵ درصد پروتئین بالاتر بود (P<۰/۰۵). با افزایش پروتئین در جیره غذایی ماهیان به میزان بیش از ۴۵ درصد، ضریب تبدیل غذایی به طور معنی‌داری افزایش یافت. نتایج بیانگر تأثیر معنی‌دار سطوح مختلف پروتئین جیره بر مقادیر پروتئین، چربی و رطوبت لاشه بود. میزان پروتئین لاشه با افزایش پروتئین جیره تا سطح ۴۵ درصد افزایش و در سطوح بالاتر کاهش یافت. میزان خاکستر لاشه نیز در تیمار تغذیه شده با جیره حاوی ۴۵ درصد پروتئین نسبت به سایر تیمارها به‌طور معنی‌داری بیشتر بود (P<۰/۰۵). تفاوت معنی‌دار در مقادیر متوسط قابلیت هضم ظاهری پروتئین و انرژی خام لاشه بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد، به جز ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۳۵ درصد پروتئین که به طور معنی‌داری پایین‌تر از سایر تیمارها بود (P<۰/۰۵). نتایج نشان داد، کاهش درصد پروتئین جیره به دلیل کاهش میزان پودر ماهی موجب کاهش قابلیت هضم پروتئین و انرژی شد. بنابراین، میزان بالاتر از ۴۰ درصد و پایین‌تر از ۴۵ درصد پروتئین در جیره بچه ماهی آزاد پرورشی به منظور دست‌یابی به حداکثر رشد و صرفه اقتصادی توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*)، پروتئین، ترکیب شیمیایی بدن، قابلیت هضم، رشد بهینه

*نویسنده مسئول

مقدمه

در دهه‌های اخیر، آبزی‌پروری از بخش‌های تولید غذا بوده که رشد سریعی داشته است. این بخش طی سال‌های ۹۵ – ۱۹۸۴ سالانه ۱۰ درصد رشد داشت، در حالیکه نرخ رشد سالانه تولید گوشت قرمز ۳ درصد و نرخ رشد سالانه صید آبزیان ۱/۶ درصد بود (ضیایی‌نژاد، ۱۳۸۲). بخش آبزی‌پروری در کنار این رشد قابل توجه همواره با مشکلاتی نیز روبرو بوده است که از جمله مهمترین آن می‌توان به مشکلات تغذیه‌ای اشاره کرد. نیازمندی‌های تغذیه‌ای یکی از اساسی‌ترین مواردی است که در پرورش یک گونه به منظور تولید اقتصادی و نیز بازسازی ذخایر بایستی مورد توجه قرار گیرد. گزارش شده است نزدیک به ۶۰ درصد از هزینه تولید آبزیان را هزینه خوراک تشکیل می‌دهد (محسنی و همکاران، ۱۳۸۵). از آنجائی که پروتئین‌ها، بخش عمده‌ای از هزینه جیره‌های تنظیم شده را در هر گونه پرورشی تشکیل می دهند (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 می شود (Coutinho *et al.*, 2012).

پروتئین‌ها مواد آلی هستند که اسیدهای آمینه بخش اساسی و اصلی آنها را تشکیل می‌دهند. ماهیان پروتئین را برای بدست آوردن اسیدهای آمینه مصرف می‌کنند (Mohseni *et al.*, 2011; Ahmad, 2008). نیاز پروتئینی جیره برای گونه‌های مختلف ماهی ۵۵-۳۰ درصد می‌باشد که با توجه به گونه ماهی، سایز و منبع تامین پروتئینی و شرایط محیطی این مقدار متفاوت خواهد بود (Yones and Metwalli, 2015). متابولیسم پروتئین توسط ماهیان به وجود منابع انرژی غیرپروتئینی جیره از جمله چربی و کربوهیدرات وابسته است (Quinghui *et al.*, 2004; Mohseni *et al.*, 2011). انرژی مصرفی قبل از اینکه برای رشد حیوان مورد استفاده قرار گیرد، برای تأمین نیازمندی‌های مربوط به نگهداری و فعالیت اختیاری صرف می‌شود (Kaushik and Medale, 1994). به عبارت دیگر، در صورتی‌که جیره غذایی دارای مقدار کافی چربی و کربوهیدرات باشد، پروتئین اغلب برای رشد و تولید بافت مورد استفاده قرار می‌گیرد (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۳، محسنی و همکاران، ۱۳۹۵). اگر پروتئین بیش از حد نیاز در رژیم غذایی باشد، تنها بخشی از آن در تولید پروتئین جدید برای رشد مصرف شده و باقیمانده به انرژی تبدیل می‌گردد که منجر به افزایش هزینه غذا و افزایش دفع آمونیاک و آلودگی آب می‌شود (Mohseni *et al.*, 2013). افزایش منابع انرژی غیرپروتئینی جهت تأمین نیاز انرژی ماهی، سبب کاهش اکسیداسیون اسیدهای آمینه و متعاقب آن افزایش مصرف پروتئین جیره جهت رشد و کاهش دفع ازت می‌شود (De Silva *et al.*, 1991). بنابراین، تامین پروتئین جیره در سطح بهینه از نظر اقتصادی و زیست محیطی بسیار اهمیت دارد (Akpinar *et al.*, 2011).

اطلاعات پایه در مورد قابلیت هضم منابع پروتئینی در ماهیان، اهمیت زیادی در طراحی و فرمولاسیون یک جیره غذایی مناسب و همچنین تنظیم و کنترل ضایعات آبزی‌پروری دارد (محسنی و همکاران، ۱۳۹۷). روش‌هایی که برای تعیین قابلیت هضم بکار می‌روند، اغلب با استفاده از یک نشانگر بی اثر مانند اکسید کروم (Cr_2O_3) (Glencross *et al.*, 2007) در جیره غذایی و جمع آوری مدفوع ماهی صورت می‌گیرد (Allan *et al.*, 2000; Vielma *et al.*, 2004).

ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*) از جمله ماهیان مهاجر رودکوچ دریای خزر است و یکی از زیرگونه‌های قزل آلای قهوه‌ای است که در معرض خطر انقراض بوده و اهمیت اقتصادی بالایی دارد. اطلاعات در خصوص مدیریت پرورش و تغذیه مناسب و حد بهینه نیازمندی‌های غذایی ماهی آزاد دریای خزر بسیار محدود می‌باشد. این گونه که پرورش آن صنعت نسبتاً جدیدی در ایران بشمار می‌آید، به دلیل رژیم گوشتخواری به درصد بالایی از پروتئین در جیره غذایی نیاز دارد. مطالعه حاضر به منظور تعیین مناسب‌ترین سطح پروتئین جیره غذایی ماهی آزاد دریای خزر برای دستیابی به مقدار ترکیب بدن، روند رشد، کارایی غذا و همچنین تعیین قابلیت هضم مواد

مغذی در شرایط یکسان پرورشی (برای فرمولاسیون نهایی جیره اقتصادی و مقرون به صرفه) طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش ها

جیره‌های آزمایشی و نحوه تهیه آن

به منظور تهیه جیره‌های غذایی آزمایشی، ابتدا ترکیبات غذایی مورد نیاز جهت آنالیز به آزمایشگاه آنالیز غذایی موسسه تحقیقات علوم دامی کشور منتقل گردید. با استفاده از پودر ماهی کیلکا عمل‌آوری شده در دمای پایین و ژلاتین، روغن سویا و روغن ماهی کیلکا (به نسبت مساوی)، آرد گندم و دکسترین بترتیب به عنوان منابع پروتئینی، چربی و کربوهیدرات پنج جیره غذایی حاوی سطوح مختلف پروتئین ۳۵، ۴۰، ۴۵، ۵۰ و ۵۵٪ با چربی یکسان فرموله شدند (جدول ۱). مواد خشک قبل از ترکیب با مواد مرطوب با استفاده از آسیاب (شرکت دامیکور تهران – ایران) به قطر ۲۰۰ میکرون شکسته شدند. مواد ریز مغذی از قبیل ویتامین‌ها و مواد معدنی با پودر گندم به مدت ۱۵ دقیقه با استفاده از دستگاه هم‌زن (میکسر) دو زبانه (ری بونی، شرکت گرما الکتریک – آمل)، کاملا با یکدیگر مخلوط شدند. محصول حاصل با استفاده از دستگاه پلت‌زن (ساخت کشور چین، نمایندگی شرکت گرما الکتریک) به قطر۲ میلی‌متر تولید شدند. سپس پلت‌ها با استفاده از خشک‌کن در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد تا رطوبت تقریبی ۱۰ درصد، خشک، شماره‌گذاری و در محفظه‌های عاری از هوا بسته‌بندی و تا زمان مصرف در 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 ماهی قرار گرفتند (Mohseni *et al.*, 2011). ماهیان در شرایط یکسان پرورشی به مدت ۶۳ روز با جیره‌های مذکور تغذیه شدند.

تهیه ماهیان و نحوه پرورش

تعداد ۲۲۵ قطعه بچه ماهی آزاد دریای خزر با میانگین وزن ۰/۴۵ ± ۴/۸۵ گرم، به تعداد ۱۵ عدد ماهی در هر وان به طور تصادفی در ۱۵ وان فایبرگلاس ۲۵۰ لیتری (قطر ۹۰ و ارتفاع ۶۰ سانتیمتر) در فضای سرپوشیده مجهز به سیستم هوادهی، تخلیه آب مرکزی و شیرهای تنظیم آب (فواره‌ای) با دبی آب ۵/۸۹ لیتر در دقیقه در قالب طرح کاملاً تصادفی متعادل پرورش داده شدند. هر یک از جیره‌ها به ماهیان یک تیمار با ۳ تکرار داده شد. مقدار غذای روزانه تا حد سیری بر اساس دمای متوسط آب، وزن و تعداد ماهیان موجود در وان‌های پرورشی بر اساس جدول غذادهی محاسبه گردید (Hardy, 1998). به منظور کاهش استرس، ۱۲ ساعت قبل و بعد از زیست سنجی، غذادهی ماهیان قطع گردید. برای زیست‌سنجی و نمونه‌برداری، ماهیان با محلول پودر گل میخک (۲۰۰ppm) بیهوش شدند (محسنی و همکاران، ۱۳۸۵). در هر زیست سنجی طول و وزن انفرادی ماهیان اندازه‌گیری و به دنبال آن مقدار جیره مصرفی 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 روزانه در تمام مدت پرورش کنترل شدند. میانگین دمای آب در طول دوره پرورش ۱/۵± ۱۴/۷ درجه سانتی‌گراد، اکسیژن محلول ۰/۶۸±۷/۶ میلی‌گرم در لیتر، آمونیاک ۰/۰۱۵ میلی‌گرم در لیتر و pH ۰/۲ ± ۷/۷ در نوسان بود.

تجزیه اجزاء جیره غذایی

آنالیز تقریبی ترکیبات و مواد اولیه جیره (پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر)، جیره‌های آزمایشی و ترکیب بدن با روش‌های استاندارد AOAC (۱۹۹۵) انجام شد. پس از ۱۲ ساعت قطع غذادهی به منظور اطمینان از تخلیه محتویات شکمی ماهیان در پایان دوره پرورش، از هر تکرار ۳ قطعه ماهی به طور تصادفی برداشت و جهت تجزیه لاشه (بدون محتویات شکمی) به آزمایشگاه ارسال شد.

برای اندازه‌گیری رطوبت، نمونه جیره‌ها و ماهی به مدت ۲۴ ساعت و تا رسیدن وزن ثابت، در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد، خشک شدند.

جدول ۱: اجزای غذایی و ترکیب بیوشیمیایی جیره‌های آزمایشی

Table 1: Food elements and biochemical composition of experimental diets.

ترکیبات غذایی (درصد)	سطوح پروتئین (٪)				
	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵
کازئین[1]	۲۰/۶	۲۰/۶	۲۰/۶	۲۰/۶	۲۰/۶
ژلاتین[1]	۱/۵	۴/۵	۸/۰	۱۰/۲	۱۲/۰
آرد ماهی[2]	۲۴/۵	۲۶/۵	۲۹/۰	۳۴/۵	۴۰/۲
آرد گندم	۱۰/۰	۱۰/۰	۱۰/۰	۱۰/۰	۹/۰
نشاسته	۱۰/۰	۱۰/۰	۱۰/۰	۶/۰	۲/۰
دکسترین[1]	۱۲/۲	۷/۲	۳/۵	۳/۰	۱/۰
روغن ماهی	۶/۱	۶/۱	۶/۱	۵/۸۵	۵/۸۵
روغن سویا	۶/۱	۶/۱	۶/۱	۵/۸۵	۵/۸۵
ویتامین پرمیکس[3]	۲/۰	۲/۰	۲/۰	۲/۰	۲/۰
مواد معدنی پرمیکس[4]	۲/۰	۲/۰	۲/۰	۲/۰	۲/۰
آلفا-سلولز[1]	۵/۰	۵/۰	۲/۷	۰/۰	۰/۰
ترکیب بیوشیمیایی جیره (درصد)					
رطوبت	۱۰/۰	۱۰/۲	۸/۹	۹/۵	۸/۳
پروتئین	۳۴/۷	۳۹/۵	۴۵/۱	۵۰/۵	۵۴/۹
چربی	۱۴/۱	۱۴/۲	۱۴/۳	۱۴/۲	۱۴/۵
خاکستر	۶/۷	۷/۶	۹/۷	۱۱/۲	۱۳/۳
عصاره بدون ازت	۱۸/۶	۱۴/۲	۱۲/۱	۱۱/۲	۱۱/۳
فیبر	۳/۱	۲/۸	۲/۵	۲	۱/۸
انرژی قابل هضم(کیلوکالری در کیلوگرم جیره)	۳۳۹۴/۹	۳۳۷۹/۸	۳۳۸۹/۸	۳۴۰۵/۵	۳۴۱۱/۳

[1]United Satate Biochemical. Cleveland. OH 44122. USA.

[2] ۶۲ درصد پروتئین، ۱ درصد کربوهیدرات و ۸ درصد چربی : آنالیز شیمیایی پودر ماهی

[3]مکمل ویتامینی (برحسب IU یا میلی‌گرم در کیلوگرم):

د- ال- آلفا توکوفرول استات ۶۰ IU . یو،د- ال – کولکلسیفرول IU۳۰۰۰ . تیامین ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، ریبوفلاوین ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، پیریدوکسین ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، ویتامین B12 ۰/۰۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، نیکوتینیک اسید ۱۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، اسیدفولیک ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، اسیداسکوربیک ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، اینوزیتول ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، بیوتین ۲/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، کلسیم پنتوتنات ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم.

[4]مکمل معدنی (بر حسب میلی‌گرم یا گرم در کیلوگرم):

کربنات کلسیم ۴۰ درصد ۲/۱۵ گرم در کیلوگرم، اکسید منیزیوم ۱/۲۴ گرم در کیلوگرم، سیترات فریک ۰/۲ گرم در کیلوگرم، یدید پتاسیم ۰/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم، سولفات روی ۰/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم، سولفات مس ۳ میلی‌گرم در کیلوگرم، سولفات منگنز ۰/۳ گرم در کیلوگرم، دی کلسیم فسفات ۵ گرم در کیلوگرم، سولفات کبالت ۲ میلی‌گرم در کیلوگرم، سلنیت سدیم ۳ میلی‌گرم در کیلوگرم، کلرید پتاسیم ۰/۹ گرم در کیلوگرم، کلرید سدیم ۰/۴ گرم در کیلوگرم.

پروتئین با برآورد نیتروژن کل (N×۶/۲۵) با استفاده از روش کجلدال، چربی با روش سوکسله با استفاده از حلال کلروفروم با نقطه جوش ۶۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶-۴ ساعت، میزان انرژی موجود در ترکیبات غذایی بوسیله بمب کالریمتر و خاکستر با سوزاندن در کوره الکتریکی در حرارت ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۹ ساعت، اندازه‌گیری شدند.

تعیین شاخص‌های رشد

شاخص‌های وزن کسب شده، شاخص رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی با استفاده از معادلات ذیل برای ماهیان هر تانک محاسبه شد (Otubusin *et al.*, 2009):

۱۰۰ × وزن ابتدایی /(وزن ابتدایی - وزن انتهایی) = میزان افزایش وزن

/ (لگاریتم وزن ابتدایی– لگاریتم وزن انتهایی) = میزان رشد ویژه

۱۰۰ × دوره پرورش به روز

افزایش وزن بدن به گرم / وزن خوراک مصرفی به گرم= ضریب تبدیل غذایی

مقدار مصرف پروتئین / افزایش وزن بدن= نسبت بازده پروتئین

تعیین قابلیت هضم

پس از پایان دوره ۶۳ روزه، تغذیه ماهیان با جیره غذایی حاوی ۱ درصد اکسید کروم به میزان ۲ درصد وزن بدن به مدت ۵-۴ هفته دیگر با توجه به مقادیر کمی مدفوع ادامه یافت (Austreng, 1978). در ابتدا و قبل از تغذیه با جیره حاوی اکسید کروم ماهیان به مدت ۲۴ساعت گرسنگی داده شدند تا محتویات قبلی روده کاملاً تخلیه شود. سپس هر دو روز یکبار با پودر گل میخک بیهوش شده و سپس محتویات محوطه شکمی با مالش قسمت شکمی (Stripping) تخلیه گردید. به دلیل افزایش تلفات ماهیان، این روش در هفته دوم متوقف شد. در این راستا تعداد ۱۰-۸ قطعه از ماهیان هر تیمار داخل دو عدد آکواریوم شیشه‌ای ۸۰ لیتری قرار داده شدند. یک ساعت بعد از غذادهی، ماهیان به ده دستگاه آکواریوم مشابه دیگر منتقل شدند (دو آکواریوم شیشه‌ای تمیز با آب شفاف به ازاء هر تیمار). دو ساعت بعد از آخرین تغذیه، مدفوعی که در کف آکواریوم انباشته شده بود، کاملاً بوسیله سیفون جمع‌آوری گردید و در فریزر با دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. نمونه‌های مدفوع جمع آوری شده مربوط به هرتیمار با یکدیگر مخلوط و از هر تیمار ۳ تکرار تهیه شد. نمونه مدفوع ماهیان برای تعیین میزان مواد مغذی و اکسید کروم در تیوپ‌های سرپوشیده به آزمایشگاه ارسال شد. قابلیت هضم واقعی ماده خشک، پروتئین خام و چربی خام با استفاده از فرمول ذیل تعیین شد (Menghe *et al.*, 2013):

ADC% قابلیت هضم مواد مغذی= (مواد مغذی جیره/مواد مغذی مدفوع)× (درصد نشانگر مدفوع/درصد نشانگر جیره×۱۰۰)-۱۰۰

آنالیز آماری

به منظور بررسی توزیع نرمال داده‌ها در گروه‌ها و تکرارها جهت تشکیل تیمارها از آزمون Shapiro-Wilkاستفاده شد. سپس داده‌ها در صورت نرمال بودن به منظور مقایسه آماری بین گروه‌ها در تیمارها با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه (Oneway ANOVA) مورد سنجش قرار گرفتند. پس از انجام آزمون Test of Homogeneity of Variancesجهت مقایسه گروه‌ها با یکدیگر از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد. کلیه آنالیزهای آماری با نرم افزار SPSS (Version 20, Chicago, IL, USA) صورت گرفت.

نتایج

تاثیرجیره‌های آزمایشی بر برخی از فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب و شاخص‌های رشد

نتایج پارامترهای کیفی آب مربوط به تیمارهای مختلف هیچگونه اختلاف معنی‌داری را در طول دوره پرورش نسبت به یکدیگر نشان ندادند (P> ۰/۰۵). همچنین در طول دوره پرورش، هیچگونه تلفاتی مشاهده نشد. نتایج داده‌ها در انتهای دوره پرورش نشان داد (جدول ۲)، بیشترین میزان وزن نهایی بدن، طول کل بدن و نسبت بازده پروتئین در ماهیان تغذیه شده با تیمار محتوی ۴۵ درصد پروتئین مشاهده شد.

جدول ۲: شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای در بچه ماهیان آزاد پرورشی تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح مختلف پروتئین در دوره ۶۳ روزه پرورشی (میانگین±خطای استاندارد

Table 2: Growth performance comparison of juvenile, *Salmo trutta caspius*, fed the diets containing different levels of protein after 63 days.

سطوح مختلف پروتئین جیره (درصد)	وزن اولیه (گرم)	وزن نهایی (گرم)	طول کل (سانتی متر)	افزایش وزن بدن (درصد)	میزان رشد ویژه (روز/درصد)	ضریب تبدیل غذایی	نسبت بازده 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 ± ۱/۳۲ ^{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}

میانگین ± SD ، اعداد در یک ستون با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند (P< ۰/۰۵).

هیچگونه اختلاف معنادار آماری در ماهیان تغذیه شده با سطوح پروتئینی ۴۰، ۴۵ و ۵۰ درصد مشاهده نشد. بیشترین افزایش وزن و میزان رشد ویژه را نیز ماهیان تغذیه شده با جیره‌های محتوی۴۰ و ۴۵٪ پروتئین بخود اختصاص دادند که اختلاف معناداری با ماهیان تغذیه شده با سایر تیمارها نشان دادند (P< ۰/۰۵). بیشترین مقدار ضریب تبدیل غذایی در تیمارهای حاوی ۳۵ و ۵۵ درصد پروتئین مشاهده شد که با ماهیان تغذیه شده با تیمارهای ۴۰ و ۴۵ درصد پروتئین دارای تفاوت معنادار آماری بودند.

تاثیر جیره‌های آزمایشی بر ترکیبات شیمیایی بدن ماهیان

در جدول ۳ نتایج مربوط به اثر سطوح مختلف پروتئین در جیره‌های آزمایشی بر ترکیبات شیمیایی بدن ماهیان نشان داده شده است. بیشترین میزان پروتئین لاشه متعلق به ماهیان تغذیه شده با جیره محتوی ۴۵ درصد پروتئین بود که به طور معنی‌داری نسبت به پروتئین لاشه ماهیان تغذیه شده با تیمارهای محتوی ۳۵ درصد بالاتر بود (P< ۰/۰۵). داده‌های ارائه شده بیانگر تاثیر معنی‌دار سطوح مختلف پروتئین جیره بر مقادیر چربی و رطوبت لاشه بود. بیشترین میزان چربی و رطوبت لاشه مربوط به تیمار ۳۵ درصد بود که با سایر تیمارها بجز تیمار ۴۰ درصد، اختلاف معنی‌دار داشت. در میزان خاکستر لاشه ماهیان تغذیه شده با جیره‌های مختلف غذایی اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نشد، بجز ماهیان تغذیه شده با جیره محتوی ۴۵ درصد پروتئین که به طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها بود (P< ۰/۰۵).

تاثیر تیمارها یا جیره‌های آزمایشی بر قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی

نتایج حاصل از تأثیر جیره‌های غذایی حاوی سطوح مختلف پروتئین بر قابلیت هضم ظاهری مواد مغذی در جدول ۴ ارائه شده است. هیچگونه اختلاف معنی‌داری در مقدار مواد ماده خشک لاشه ماهیان تغذیه شده با تیمارهای حاوی ۴۰، ۴۵ و ۵۰ درصد پروتئین مشاهده نشد (P> ۰/۰۵)، کمترین میزان مواد آلی را ماهیان تغذیه شده با تیمار محتوی ۳۵ درصد پروتئین بخود اختصاص داده بودند که به طور معنی‌داری پایین‌تر از سایر تیمارها بود. تفاوت معنی‌داری در مقادیر متوسط قابلیت هضم ظاهری پروتئین و انرژی خام لاشه در بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد، بجز ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۳۵ درصد پروتئین که به طور معنی‌داری پایین‌تر از سایر تیمارها بود (P< ۰/۰۵).

جدول ۳: ترکیب بیوشیمیایی لاشه بچه ماهیان آزاد پرورشی تغذیه شده با جیره‌های محتوی سطوح متفاوت پروتئین (n=۳، میانگین ± خطای استاندارد)

Table 3: Body composition comparison of juvenile, *Salmo trutta caspius*, fed the diets containing different levels of protein.

سطوح مختلف پروتئین جیره (درصد)	رطوبت (درصد)	پروتئین (درصد)	چربی (درصد)	خاکستر (درصد)
۳۵	۷۵/۷±۲/۲۱ ^{a}	۱۴/۷ ± ۰/۳۲ ^{b}	۷/۲۵ ± ۰/۱ ^{a}	۱/۸۵ ± ۰/۰۷ ^{b}
۴۰	۷۵/۳±۲/۷ ^{ab}	۱۵/۱ ± ۰/۲۸ ^{a}	۶/۷۴ ± ۰/۴ ^{ab}	۱/۹۵ ± ۰/۰۶ ^{b}
۴۵	۷۴/۵±۱/۱۴ ^{c}	۱۵/۷ ± ۰/۲۳ ^{a}	۶/۶۱ ± ۰/۲ ^{b}	۲/۱۵ ± ۰/۰۷ ^{a}
۵۰	۷۴/۵±۳/۲۸ ^{c}	۱۵/۳ ± ۰/۱۳ ^{a}	۶/۲۵ ± ۰/۱ ^{b}	۱/۹۵ ± ۰/۰۶ ^{b}
۵۵	۷۴/۹±۳/۲۱ ^{bc}	۱۵/۴ ± ۰/۲۸ ^{a}	۶/۰۵ ± ۰/۱ ^{b}	۱/۸۵ ± ۰/۰۸ ^{b}

میانگین ± SD ، اعداد در یک ستون با حروف متفاوت دارای اختلاف معنادار هستند ($P \leq ۰/۰۵$).

جدول ۴: مقایسه قابلیت هضم ظاهری مواد ماده خشک، پروتئین و انرژی بچه ماهیان آزاد پرورشی تغذیه شده با جیره‌های محتوی سطوح متفاوت پروتئین

Table 4: Apparent digestibility coefficients (%) for organic matter, protein and gross energy in juvenile, *Salmo trutta caspius* fed the diets containing different levels of protein.

سطوح مختلف پروتئین جیره (درصد)	ماده خشک (درصد)	پروتئین (درصد)	انرژی (درصد)
۳۵	۸۳/۷±۴/۹۸ ^{c}	۸۳/۶ ± ۲/۴۴ ^{b}	۸۵/۴۵ ± ۲/۳ ^{b}
۴۰	۸۷/۰±۴/۷۹ ^{b}	۸۹/۶ ± ۳/۳۶ ^{a}	۸۸/۸۵ ± ۲/۴ ^{a}
۴۵	۸۷/۱±۵/۸۸ ^{b}	۹۰/۴ ± ۲/۴۱ ^{a}	۸۹/۱ ± ۳/۴ ^{a}
۵۰	۸۸/۶±۴/۶۹ ^{b}	۹۰/۹ ± ۴/۳۷ ^{a}	۹۰/۴۵ ± ۳/۳ ^{a}
۵۵	۹۱/۱±۴/۷۳ ^{a}	۹۲/۵ ± ۳/۴۱ ^{a}	۹۱/۸۵ ± ۳/۴ ^{a}

میانگین ± SD ، اعداد در یک ستون با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند ($P \leq ۰/۰۵$).

بحث

بالاترین عملکرد رشد و کارایی غذا را ماهیان تغذیه شده با جیره‌های محتوی۴۰ و ۴۵٪ پروتئین بخود اختصاص دادند. می‌توان اذعان نمود استفاده از جیره‌های حاوی پروتئین بالا در ماهی آزاد دریای خزر، سبب هدر رفتن انرژی و استفاده ناکارآمد از پروتئین شده است. از آنجائی که ماهی بر اساس نیاز به مواد مغذی و انرژی تغذیه می‌کند (با توجه به یکسان بودن تقریبی سطوح انرژی جیره‌ها در مطالعه حاضر) بنظر می‌رسد نیاز اسید آمینه در ماهیان تغذیه شده با جیره‌های حاوی ۴۰ و ۴۵ درصد پروتئین با مقدار کمتر غذا تأمین شده است. بنابراین، می‌توان گفت تغذیه با جیره متعادل با توجه به ارتباط مستقیم شاخص‌های رشد با میزان بهینه پروتئین باعث می‌شود ماهی با مصرف غذای کمتر به رشد بیشتری دست یافته و در نتیجه، کارایی غذا افزایش یابد. نتایج مشابهی مبنی بر موثر بودن پروتئین بر میزان رشد برای ماهی آزاد ماسو (*Oncorhynchus masou*)، ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (Weatherup *et al.*, 1997)، ماهی آزاد قهوه ای (*Salmo trutta macrostigma*) (Arzel *et al.*, 1994) و ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*, L.) (Hillestad *et al.*, 2001) ارائه شد. به گفته این محققین این مقادیر تعیین شده پروتئین، در محدوده ماهیان گوشتخوار می‌باشد و مسلماً این میزان از پروتئین تعیین شده برای گونه همه چیزخوار و گیاهخوار بیشتر است مانند آنچه برای گربه ماهی روگاهی (*Ictalurus punctatus*) (۳۵-۲۸ درصد پروتئین)، (Robinson *et al.*, 2000) و تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) (۳۶-۳۰ درصد پروتئین) (Shiau, 2002) گزارش شده

است. با توجه به مطالعات انجام شده، تعیین مقدار مورد نیاز پروتئین در جیره ماهی پیچیده است، زیرا میزان پروتئین به طور قابل توجهی تحت تاثیر اجزای جیره و همچنین عواملی محیطی از قبیل دما، شوری، سن ماهی و ... (Mohseni *et al.*, 2007; Nankervis and Matthews, 2000) است.

نسبت بازده پروتئین معیاری است که نشان می‌دهد منبع پروتئینی موجود در جیره تا چه حد قادر بوده است که اسیدهای آمینه مورد نیاز حیوان را تأمین کند، همچنین نشان دهنده میزان نقش پروتئین جیره در رشد ماهی که تابع کیفیت و کمیت پروتئین، شرایط محیطی، شرایط فردی ماهی و سایر اجزای جیره غذایی می‌باشد. در مطالعه حاضر افزایش پروتئین جیره از ۴۰ به ۴۵ درصد سبب افزایش مقادیر متوسط نسبت بازده پروتئین گردید، در صورتی‌که افزایش پروتئین جیره در سطح ۵۰ درصد و بالاتر، مقادیر این شاخص کاهش یافت. احتمالاً دلیل کاهش نسبت بازده پروتئینی این است که مازاد پروتئین به منظور تأمین انرژی بافت‌ها مورد مصرف قرار می‌گیرد. در این راستا Daekim و Lall (۲۰۰۱) نشان دادند تغذیه ماهی هداک (*Melanogramus aeglefinus*) با جیره‌های محتوی ۶۵-۴۵ درصد پروتئین خام موجب می‌شود که با افزایش سطح پروتئین جیره نسبت بازده پروتئین کاهش می‌یابد. نتایج مشابهی نیز توسط Lee و Kim (۲۰۰۱) در بچه ماهی آزاد ماسو (وزن متوسط ۹/۲۱ گرم) تغذیه شده با جیره‌های محتوی ۵۰-۳۰ درصد پروتئین و همچنین توسط Gurover و همکاران (۱۹۹۵) در ماهی شار قطبی (*Salvelinus alpines*) تغذیه شده با جیره‌های حاوی ۵۵-۲۳ درصد پروتئین خام مشاهده شد که با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. میزان بالای پروتئین در جیره غذایی ماهیان می‌تواند باعث بروز مشکلاتی از قبیل افزایش مواد نیتروژنی و کاهش نقش پروتئین در راندمان متابولیسم بدن شود (Sales and Janssen, 2003). می‌توان اذعان نمود، به رغم نقش مهم پروتئین جیره غذایی در ماهی آزاد تا حد بهینه، افزایش بیش از حد نیاز آن، افزایش ضریب تبدیل غذایی و کاهش روند رشد ماهی را بهمراه خواهد داشت که این عوامل می‌توانند سبب افزایش هزینه‌های تولید شوند. بنظر می‌رسد این کاهش به دلیل کاهش غذای دریافتی در سطوح بالای انرژی و عدم دریافت مغذی‌های مورد نیاز برای کسب با افزایش پروتئین جیره به میزان بیش از حد نیاز ماهی، بدن با مشکل تجزیه اسید آمینه آزاد ناشی از هضم پروتئین مواجه می‌شود. به عبارت دیگر، افزایش سطح پروتئین در جیره، سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه کننده اسید آمینه در کبد ماهی می‌شود تا اسیدهای آمینه اضافی اکسید شوند. اکسیدکردن اسیدهای آمینه و دفع ازت ناشی از آمین‌زدایی مستلزم مصرف انرژی زیادی می‌باشد که موجب کاهش کارایی پروتئین و در نهایت کاهش رشد می‌گردد (Kaushik *et al.*, 1994). در واقع، چرخه تولید انرژی از پروتئین از طریق آمین زدایی صورت می‌گیرد (Azevedo *et al.*, 2002). این امر موجب افزایش ترکیبات آمونیاکی موجود در خون می‌شود. در نتیجه، موجب کاهش کارایی اکسیژن رسانی از طریق خون به بافت‌ها شده، روند سوخت و ساز و رشد را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Lemarie *et al.*, 2004; Stone *et al.*, 2003).

در مطالعه حاضر، میزان پروتئین لاشه با افزایش پروتئین جیره تا سطح ۴۵ درصد افزایش و در سطوح بالاتر کاهش یافت. افزایش مقدار پروتئین لاشه با افزایش میزان پروتئین جیره تا سطح ۴۵ درصد می‌تواند به دلیل افزایش در مصرف پروتئین و افزایش قابلیت هضم و جذب آن باشد. می‌توان اذعان نمود احتمالاً ماهی آزاد دریای خزر افزایش بیش از حد بهینه پروتئین جیره را به شکل موثری جهت رشد و بهبود ترکیب لاشه استفاده نمی‌کند، بلکه مازاد آن به شکل چربی و انرژی تبدیل می‌شود. در نتیجه، کاهش پروتئین لاشه در سطوح بالاتر از ۴۵ درصد پروتئین جیره می‌تواند به دلیل کاهش در مصرف پروتئین، کاهش قابلیت جذب آن یا تبدیل پروتئین مازاد به چربی باشد (Afzal Khan *et al.*, 2005; Kpogue *et al.*, 2013). میزان چربی بدن ماهیانی که از پروتئین بالاتر تغذیه کرده بودند، به طور معنی‌داری از ماهیانی که از پروتئین پایین‌تر استفاده کرده کمتر بود. Salhi و همکاران (۲۰۰۳) و Shahidul Islam و Tanaka (۲۰۰۴) نیز در پژوهش‌های خود به نتایج مشابهی در خصوص گربه ماهی (*Rhamdia quelen*) و کپور ماهیان (Cypriniformes: Cyprinidae) دست یافتند. آنان دلیل کاهش چربی لاشه را با افزایش پروتئین به کاهش کربوهیدرات و چربی جیره نسبت دادند. Chan و همکاران (۲۰۰۲) با انجام مطالعه بر ماهی کوهو سالمون (*Oncorhynchus kisutch*) بیان

نمودند، میزان پروتئین لاشه با افزایش پروتئین جیره افزایش در صورتیکه میزان چربی لاشه به طور معنی‌داری کاهش یافت. نتایج این تحقیق توسط Anderson و همکاران (۲۰۰۴) نیز تأیید گردید، در آن مطالعه چربی لاشه ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) با افزایش میزان پروتئین جیره به مدت ۱۱۲ روز از روند کاهشی برخوردار بود. بر اساس نتایج بدست آمده پروتئین جیره به صورت معنی‌داری بر خاکستر لاشه تأثیر گذاشت. تأثیر پروتئین جیره بر میزان خاکستر لاشه در سایر تحقیقات نیز ثابت شده است (Deng *et al.*, 2011). خاکستر لاشه می‌تواند تحت تأثیر افزایش وزن و اندازه ماهی قرار گیرد. با توجه به نقش پودر ماهی در تأمین مواد معدنی بنظر می‌رسد افزایش خاکستر لاشه در تیمار ۴۵ ٪ پروتئین با کارایی بالای پروتئین در ارتباط باشد.

نتایج مطالعات Shearer (۱۹۹۴) نشان داد، دو عامل درونی از جمله اندازه ماهی و جنس آن و عوامل بیرونی مانند ترکیب جیره غذایی و نوع مواد تشکیل دهنده موجود در آن و همچنین محیط پرورشی (فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی) می‌تواند بر میزان مصرف پروتئین و ترکیب بدن ماهی تاثیرگذار باشد. در مطالعه حاضر، قابلیت هضم ظاهری پروتئین و انرژی در ماهیانی که از جیره تیمار شاهد تغذیه کرده بودند به طور معنی‌داری از ماهیان تغذیه شده با سایر جیره‌ها کمتر بود که دلالت بر هضم و جذب مناسب غذا در سطوح بهینه پروتئین می‌باشد. نتایج یافته‌های محسنی و همکاران (۱۳۹۵)، در فیل‌ماهی پرورشی نشان داد، کاهش هضم پذیری پروتئین باعث کاهش دسترسی ماهی به اسیدهای آمینه ضروری غذا در نتیجه کاهش روند رشد و کارایی غذا می‌گردد. همچنین Liu و همکاران (۲۰۰۹) گزارش نمودند با کاهش میزان آرد ماهی در جیره غذایی، موجب کاهش قابلیت هضم پروتئین، انرژی و ماده خشک در تاس‌ماهی سیبری (*Acipencer baeri*) می‌شود. دلیل این نتیجه می‌تواند تفاوت در محتوای مواد مغذی و ترکیب پودر ماهی باشد که ممکن است در فعالیت‌های هضم اختلال ایجاد نمایند. محققان اعلام کرده‌اند که قابلیت هضم پروتئین و دسترسی اسیدهای آمینه در آزاد ماهیان با فعالیت‌های ضدتریپسین کاهش می‌یابد (Krogdahl *et al.*, 1994). Zhou و همکاران (۲۰۰۴) با بررسی اثرات تشکیل دهنده جیره و قابلیت هضم‌شان در ماهی سوکلا (*Rachycentron canadum*) دریافتند، کیفیت پودر ماهی بکار رفته در جیره و انواع اسیدآمینه های موجود در آن، همچنین میزان بالای پروتئین موجود در پودر ماهی و سایر مواد تشکیل دهنده در جیره مانند منبع مناسب کربوهیدرات و نوع چربی بکار رفته از جمله روغن ماهی می‌تواند به طور معنی‌داری سبب افزایش قابلیت هضم و مصرف بهینه پروتئین، در ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی مقادیر بهینه پروتئین شود.

با توجه به نتایج این تحقیق و وجود اختلاف معنی‌دار بین سطوح پروتئینی از نظر شاخص‌های رشد، ترکیب لاشه، قابلیت هضم و جذب مواد مغذی در ماهیان تغذیه شده با تیمار۴۰ درصد پروتئین و نبود اختلاف معنی‌دار بین این تیمار و تیمار ۴۵ درصد از نظر شاخص‌های رشد و نیز پایین‌تر بودن هزینه تمام شده، تغذیه ماهیان با جیره حاوی ۴۰٪ پروتئین برای رشد بهینه بچه ماهی آزاد پرورشی اوزان ۳۰-۴ گرم توصیه می‌شود. تحقیق حاضر، زمینه اولیه مطالعات تغذیه‌ای را برای بچه آزاد ماهیان پرورشی فراهم نمود با این حال علاوه بر شناخت کمی و کیفی پروتئین، میزان سایر مواد مغذی مانند چربی، مواد نشاسته‌ای یا اثرات متقابل آنها در یک جیره متعادل جهت ساخت تجاری غذایی کنسانتره نیازمند تحقیق و تفحص بیشتری می‌باشد.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور در قالب پروژه "بهینه‌سازی و تولید غذای ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*)" با شماره مصوب ۹۷۰۶۰۰-۰۱۱-۱۲-۳۲-۰در مرکز تحقیقات ماهیان سرد آبی کشور طراحی و اجرا گردید. از حمایت‌های بی‌دریغ کلیه همکارانی که در اجرای این پروژه شرکت داشته‌اند، 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.

ضیایی‌نژاد، س.، ۱۳۸۲. تاثیر باکتری های باسیلوس به عنوان پروبیوتیک بر رشد، بازماندگی و تغییرات آنزیم‌های گوارشی مراحل لاروی میگو سفید هندی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد،(Penaeus inidicus) دانشگاه تهران، دانشکده منابع طبیعی، 188 صفحه.

محسنی، م.، پورکاظمی، م.، سید حسنی، م.ح. و پورعلی، ح. ۱۳۹۵. اثر مکمل متیونین و لایزین بر روند رشد، کارایی غذا، قابلیت هضم و ترکیب بدن فیل ماهی پرورشی (*Huso huso*) تغذیه شده با جیره محتوی پروتئین سویا. مجله علمی شیلات ایران. شماره ۱، صفحات ۱۳۴-۱۱۹.

محسنی، م. و ملک پور، م. ۱۳۹۷. جایگزینی پودر ماهی با کنجاله کانولا و تاثیر آن بر عملکرد رشد، قابلیت هضم، برخی پارامترهای خونی و سطح هورمون های تیروئیدی تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*). مجله علمی شیلات ایران. شماره ۳، صفحات ۱۸۴-۱۷۱.

محسنی، م.، پورعلی، ح. و سید حسنی، م.ح. ۱۳۸۵. تاثیر دو سطح پروتئین و نسبتهای مختلف کربوهیدرات به چربی جیره غذایی بر رشد و ترکیب لاشه فیل ماهی جوان پرورشی (*Huso huso*) . مجله علوم و فنون دریایی ایران. شماره ۳-۴، صفحات ۷۶-۶۵.

Afzal Khan, M., Jafri, A.K. and Chadha, N.K., 2005. Effects of varying dietary protein levels on growth, reproductive performance, body and egg composition of rohu, *Labeo rohita* (Hamilton). *Aquaculture Nutrition*, 11: 11-17.

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. DOI:10.1111/j.1749-7345.2008.00178.

Akpinar, Z., Sevgili, H., Ozgen, T., Demir, A. and Emre, Y., 2011. Dietary protein requirement of juvenile shidrum, *Umbrina cirrosa* (L). *Aquaculture Research*, 43(3): 421-429. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2011.02845.x.

Allan, G.L., Parkinson, S., Booth, M.A., Stone, D.A.J., Rowland, S.J. and Frances, J., 2000. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. *Aquaculture*, 186: 293-310.

Anderson, J.S., Higgs, D.A., Beames, R.M. and Rowshandeli, M., 2004. The effect of varying the dietary digestible protein to digestible lipid ratio on the growth and whole body composition of Atlantic salmon (*Salmo salar*) (0.5-1.2 kg) reared in seawater; Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences, 20P.

AOAC, 1995. 16th edn. Official Methods of Analysis of the Association of official Analytical chemist, Vol. I, Washington, DC, USA,1234 pp. DOI: 10.4236/oalib.1100932 1,051.

Arzel, 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 trotta*) reared in sea water. *Aquaculture*, 123: 361-375.

Austreng, E., 1978. Digestibility determination in fish using chromic oxide marking and analysis of different segments of the gastrointestinal tract. *Aquaculture* 13(3): 265-272. DOI: 10.1016/0044-8486(78)90008-X.

Azevedo, P.A., Bureau, D.P., Leeson, S. and Cho, C.Y., 2002. Growth and efficiency of feed usage by Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with different dietary protein: Energy ratios at two feeding levels. *Fisheries Sciences*, 68: 878-888.

Chan, J.C.K., Manu, J., Skura, B.J., Roshandeli, M., Rowshandeli, N. and Higgs, D.A., 2002. Effects of feeding diets containing various dietaryprotein and Lipid ratios on the growth performance and pigmentation of post-juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisuteh*) reared in sea water. *Aquaculture Research*, 33: 1137-1156.

Coutinho, F., Peres, H., Guerreiro, I., Pousao-Ferreira, P. and Oliva-Teles, A., 2012. Dietary protein requirement of Sharpsnout sea bream (*Diplodus puntazzo*, Cetti 1777) juveniles. *Aquaculture*, 35: 391-397. DOI*:* 10.1007/978-3-319-51159.

Daekim, J. and Lall S.P., 2001. Effects of dietary protein level on growth and utilization of protein and energy by juvenile hoddock (*Melanogrammus aeglefinus*). *Aquaculture*, 195: 31-319.

Deng, J., Zhang, X., Bi, B., Kong, L., Kang, B., 2011. Dietary protein requirement of juvenile Asian red-tailed catfish *Hemibagrus wyckioides*. *Animal Feed Science and Technology*, 170: 231-238. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2011.08.014

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. DOI:10.1016/0044.

Glencross, B.D., Booth, M. and Allan, G.L., 2007. A feed is only as good as its ingredients – a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture Nutrition*, 13: 17-34. DOI: 10.1111/j.1365-2095.2007.00450.x

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

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: 10.1007/978-1-4615-4909-310

Hillestad, M., Johnsen, F. and Asgard, T., 2001. Protein to carbohydrate ratio in high energy diet for Atlantic salmon. *Aquaculture*, 105: 175-190.

Kaushik, S.J. and Médale, F., 1994. Energy requirements, utilization and dietary supply to salmonids. *Aquaculture*, 124, 81–97.

Krogdahl, A., Lea, T.B. and Olli, J.L., 1994. Soybean proteinase inhibitors affect intestinal trypsin activities and amino acid digestibilities in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Comparative Biochemical Physiology*, 107A: 215–219.

Kpogue, D., Gangbazo, H. and Fiogbe, E., 2013. A preliminary study on the dietary protein requirement of *Parachanna obscura* (Günther, 1861) Larvae. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13: 111-117.

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 masou salmon (*Oncorhynchus masou* Brevoort). *Aquaculture Research*, 32: 39-45. DOI: 10.1046/j.1355-557x. 2001.00004.

Lemarie, G., Dosdat, A., Covès, D., Dutto, G., Gasset, E., Person-Le, and Ruyet, J., 2004. Effect of chronic ammonia exposure on growth

of European seabass, *Dicentrarchus labrax*, juveniles. *Aquaculture*, 229: 479-491.

Liu, H., Wu, X., Zhao, W., Xue, M. Guo, Y., Zhng, Y. and Yu, Y. 2009. Nutrients apparent digestibility coefficients of selected protein sources for juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt), compared by two chromic oxide analyses methods. *Aquaculture Nutrition*, 15 (6): 650-656. DOI:10.1111/j. 1365-2095.2008.00634.x

Menghe, L., Oberla, D. and Penelope, L., 2013. Apparent digestibility of alternative plant-protein feedstuffs for channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque). *Aquaculture Research*, 44(2): 26-33. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2011.03035.x

Miller, C., Davis, A. and Phelps, R.P., 2005. The effects of dietary protein and lipied 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 huso*. *Journal of Applied Ichthyology*, 27: 737-742. DOI:abs/10.1111/j.1439-0426.2011.01706.x

Mohseni, M., Pourali, H.R., Kazemi, R. and Bai, S.C., 2013. Evaluation of the optimum dietary protein level for the maximum growth of juvenile beluga (*Huso huso* L. 1758). *Aquaculture Research*, 45: 1832-1841. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2011.03041.x

Nankervis, L. and Matthews, S.J., 2000. Effect of dietary non-protein energy source on growth and triiodothyronine levels in juvenile barramundi, *Lates calcarifer*. *Aquaculture*, 191: 323-335.

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. DOI:10.1111/j.1365-2095.2009.00658

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. DOI:10.1016/j.aquaculture.2003.09.040.

Robinson, E.H., Li, M.H. and Manning, B.B., 2000. Evaluation of various concentrations of dietary protein and animal protein for pondraised channel catfih, *Ictalurus punctatus*, fed to satiation or at a restricted rate. *World Aquaculture*, 31: 503-510. DOI: 10.1111/j.1749-7345.2000.tb00902.x.

Sales, J. and Janssen, G.P.J., 2003. Nutrient requirements of ornamental fish. *Journal of Aquatic Living Resources*, 16: 533-540.

Salhi, M., Bessonart, M., Chediak, G., Bellagamba, M. and Carnevia, D., 2003. Growth, feed utilization and body composition

of black catfish, *Rhamdia quelen*, fry fed diets containing different protein and energy levels. *Aquaculture*, 231: 435- 444.

Shahidul Islam, M.D. and Tanaka, M., 2004. Optimization of dietary protein requirement for pond-reared mahseer *Tor putitora* Hamilton (Cypriniformes: Cyprinidae). *Aquaculture Reasearch*, 35: 1270-1276. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2004.01149.x.

Shearer, K.D., 1994. Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids. *Aquaculture*, 119: 63−88. DOI: 10.1016/0044-8486(94)90444-8.

Shiau, S.Y., 2002. Tilapia, Oreochromis spp. In: Webster, C.D. and Lim, C.E. (Eds.). Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. CABI Publishing, New York. pp: 273-292

Stone, E.A. Allan, G.L. and Anderson, A.J., 2003. Carbohydrate utilization by juvenile silver perch, *Bidyanus bidyanus*, the protein-sparing effect of wheat starch based carbohydrates. *Aquaculture Research*, 34: 123-134. DOI: 10.1046/j.1365-2109.2003.00774.x.

Vielma, J., Ruohonen, K., Gabaudan, J. and Vogel, K., 2004. Top spraying soybean mealbased diets with phytase improves protein and mineral digestibilities but not lysine utilization in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture Research*, 35: 955-964. DOI: 10.1111.1365-2109. 2004.01106.

Yones, A.M.M. and Metwalli, A.A., 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: 389-395. 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 on performance and body composition of farmed rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 151: 173-184. DOI: 10.1016/S0044-8486(96)01507-4.

Zhou, Q.C., Tan, B.P., Mai, K.S. and Liu, Y.J., 2004. Apparent digestibility of selected feed ingredients for juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. *Aquaculture*, 241: 441–451. DOI:10.1016/j.aquaculture.2004.08.044

Effect of different dietary protein levels on growth, carcass biochemical composition and apparent digestibility coefficient in juvenile Caspian trout (*Salmo trutta caspius*)

Mohseni M.[1*]; Pourkazemi M[2].; Karaminasab M.[3]; Rastravan M. E. [1]

[*]mahmoudmohseni73@gmail.com

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

Abstract

The effects of dietary protein levels were investigated on growth, carcass biochemical composition and apparent digestibility coefficient in Caspian trout, *Salmo trutta caspius*. The present study was carried out in a completely randomized design with five experimental diets containing five different dietary levels of protein: 35, 40, 45, 50 and 55%, and 15 fish per replication of each with an initial weight of 4.85 ± 0.45 g for 105 days. Average oxygen concentration and water temperature were 7.6 ± 0.68 mg L^{-1} and 17.7 ± 1.5 °C, respectively, throughout the experimental period. Significantly higher final body weight, weight gain, specific growth rate, protein efficiency ratio and condition factor were observed in the fish fed diet with 40 and 45% protein compared to those fed on the 35 and 55 % protein diets. Feed efficiency ratio in treatments fed 35 and 55 % protein were significantly higher than those of fish fed 40 and 45% dietary protein levels ($P \leq 0.05$). Crude protein content increased with the increasing dietary protein levels, whereas crude lipid and moisture composition decreased with the increasing dietary protein levels. Therefore, it can be cocluded that increased levels of protein in the diets for juvenile Caspian trout (*Salmo trutta caspius*) up to 40 and 45% improved growth performance, feed utilization parameter and economic aspect.

Keyword: Caspian trout (*Salmo trutta caspius*), Dietary protein level, Carcass biochemical composition, Apparent digestibility coefficient, Optimal Growth

[*]Corresponding author