بررسی نسبت انرژی قابل هضم و انرژی قابل متابولیسم به پروتئین جیره برعملکرد ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

سیدکمال الدین علامه[1*]، نصراله محبوبی صوفیانی[2]، رضا نهاوندی[1]

* allameh40@gmail.com

۱- بخش تحقیقات علوم دامی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران
۲- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان

تاریخ دریافت: مهر ۱۳۹٤ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۵

چکیده

در آزمایش حاضر، اثرات سطوح مختلف انرژی قابل هضم (Digestible Energy) و انرژی قابل سوخت و ساز (Metabolizable Energy) برعملکرد ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) به منظور دستیابی به سطح مطلوب آن نسبت به پروتئین جیره مورد بررسی قرارگرفت. در این آزمایش مقادیر ۲۶۰۰ (جیره شاهد)، ۲۹۰۰، ۳۲۰۰، ۳۵۰۰ و ۳۸۰۰ کیلوکالری برکیلوگرم انرژی قابل هضم که معادل ۲۲۵۰، ۲۵۰۰، ۲۷۵۰، ۳۰۰۰ و ۳۳۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم انرژی قابل سوخت و ساز می باشد با سطح ۳۵ درصد پروتئین ثابت در جیره استفاده گردید. بدین ترتیب، نسبت های DE/CP برابر ۷۴، ۸۳، ۹۲، ۱۰۰ و ۱۰۸ و ME/CP برابر ۶۴، ۷۱، ۷۸، ۸۶ و ۹۴ در قالب طرح کاملا تصادفی با ۵ تیمار و ۴ تکرار به مدت ۹ هفته با ۲۰۰ قطعه ماهی قزل آلای رنگین کمان با میانگین وزنی ۵ ± ۱۹۵ گرم مورد مقایسه قرارگرفتند. نتایج نشان دادکه با افزایش نسبت انرژی به پروتئین در جیره های آزمایشی در مقایسه با گروه شاهد میزان رشد بیشتری مشاهده شد. علاوه بر این، ماهیان دریافت کننده جیره DE/CP= 100 (معادل ME/CP =۸۶) با اختلاف معنی داری نسبت به سایرجیره ها بیشترین افزایش وزن را نشان دادند ($p<۰/۰۵$) و همچنین، مناسب ترین ضریب تبدیل خوراک را نیز به خود اختصاص دادند. افزایش DE جیره تاسطح ۳۵۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم تاثیرمثبت بر میزان رشد ویژه داشت ($p<۰/۰۵$). افزایش نسبت DE/CP تاثیر معنی داری بر ماده خشک و خاکستر گوشت ماهی نداشت، اگرچه به صورت معنی داری افزایش چربی گوشت و به طورغیرمعنی داری کاهش پروتئین را باعث گردید. بر اساس نتایج بدست آمده، جیره حاوی ۳۵ درصدپروتئین و انرژی برابر ۳۵۰۰ و ۳۰۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم به ترتیب برای DE و ME که معادل نسبت های DE/CP و ME/CP برابر ۱۰۰ و ۸۶ می باشد برای ماهی قزل آلای رنگین کمان در مرحله پرواری قابل توصیه است.

کلمات کلیدی: قزل آلای رنگین کمان، انرژی قابل هضم، انرژی قابل متابولیسم، نسبت انرژی به پروتئین

* نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-25]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.1.4.1]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110327]

مقدمه

از آنجایی که فراهم نمودن سطح مناسبی از انرژی در جیره غذایی برای ماهی بسیار ضروری است، کمبود و یا ازدیاد انرژی هر دو کاهش رشد را بدنبال خواهد داشت (NRC, 1989; Jobling, 1996). منابع انرژی قابل استفاده برای ماهی همانند سایر حیوانات شامل کربوهیدرات، چربی و پروتئین می باشد. میزان استفاده و بهره وری از مواد مغذی و مواد خوراکی مختلف متفاوت است. علاوه بر این، قابلیت هضم پروتئین به میزان چربی و کربوهیدرات جیره بستگی دارد (Jobling, 1996). نکته حائز اهمیت در تغذیه ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) آن است که از نظر فیزیولوژی در مصرف کربوهیدرات جیره محدودیت دارد ولی به خوبی می تواند از روغن و چربی به عنوان منبع انرژی استفاده نماید و در صورت تأمین انرژی از این منبع، ماهی می تواند در میزان استفاده از پروتئین جیره صرفه جویی نموده و پروتئین، بیشتر جهت بازسازی بافت ها و رشد ماهی مورد استفاده قرار گیرد که از نظر کاهش هزینه نیز اهمیت دارد (NRC, 1989). در این رابطه Mihalca و همکاران (۲۰۱۰) سطوح مختلفی از پروتئین و چربی (انرژی) را در ماهی قزل آلای رنگین کمان و Du و همکاران (۲۰۰۹) بر روی ماهی کپورعلفخوار مورد مطالعه قراردادند و گزارش نمودندکه با افزایش انرژی جیره، نه تنها میزان رشد ماهی افزایش یافت بلکه در میزان پروتئین جیره نیز صرفه جویی به عمل می آید. همچنین، Lanari و همکاران (۱۹۹۵) با ثابت نگه داشتن انرژی خام، نسبت های مختلف پروتئین قابل هضم به انرژی قابل هضم را مورد آزمایش قرار دادند و به نتایج مشابهی دست یافتند. لازم به ذکراست که در صورت تأمین پروتئین در جیره ماهی در حد لازم و استفاده از سطوح بالاتر انرژی (با استفاده از چربی) اثرات سودمندی بر رشد و ضریب تبدیل خوراک بدست خواهد آمد (Mihalca *et al*., 2010) و با کاهش دفع نیتروژن، فشار متابولیکی کمتری را ماهی متحمل خواهد شد (Kaushik and Teles, 1986; Cho and Kaushik, 1990). نکته حائز اهمیت آن است که انرژی جیره بر قابلیت هضم سایر مواد مغذی اثر می گذارد(Jobling, 1996). از سوی دیگر، افزایش بیش از حد انرژی باعث کاهش فعالیت آنزیم هایی نظیر آمیلاز شده و در نتیجه از قابلیت هضم نشاسته می کاهد (Grisdal *et al*., 1997). بنابر این، تنظیم انرژی در تغذیه ماهی از اهمیت بالایی برخوردار است و متعادل کردن جیره بر اساس انرژی قابل هضم (DE) و انرژی قابل سوخت وساز (ME) مواد خوراکی بسیار دقیق تر و معتبر تر از انرژی خام (GE) می باشد. در جیره نویسی معمول امروزی - علیرغم دقت بیشتر ME نسبت به DE،- استفاده از سیستم ارزشیابی DE مواد خوراکی برای تنظیم نمودن جیره ماهی عملی تر است (Cho and Kaushik, 1990) و در صورت وجود شرایط محیطی نسبتاً ثابت و مطلوب استفاده از روش ME توصیه می‌گردد (Azevedo *et al*., 2005). نکته بسیار مهم دیگر این است که ماهی همچون طیور و اغلب تک معده ای ها خوراک مصرفی خود را بر اساس انرژی جیره و نه بر اساس پروتئین تنظیم می نماید، به طوری که افزایش انرژی جیره باعث کاهش مصرف خوراک و کاهش انرژی جیره باعث افزایش خوراک مصرفی می گردد (Tacon, 1990; Willoughby, 1999). این بدان معنی است که تنظیم جیره بایستی بر اساس انرژی جیره (DE یا ME) صورت گیرد و پروتئین و سایر مواد مغذی جیره نیز بر اساس انرژی برآورد شوند ولی، متأسفانه معمولا" عکس این حالت عمل می شود. با توجه به مطالب ذکر شده و اهمیت انرژی و تأثیر آن بر میزان مورد استفاده قرار گرفتن سایر مواد مغذی، در پژوهش حاضر با ثابت نگه داشتن میزان پروتئین خام (Crude Protein)، سطوح مختلف انرژی قابل هضم و انرژی قابل سوخت وساز به صورت نسبت های مختلف DE/CP و ME/CP بر عملکرد برخی از شاخص های پرورشی ماهی قزل آلای رنگین کمان مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

برای انجام آزمایش از تعداد ۲۰۰ قطعه ماهی قزل آلای رنگین کمان با میانگین وزن ۵ ± ۱۹۵ گرم استفاده شد. پنج جیره آزمایشی حاوی ۳۵ در صد پروتئین ثابت (میزان پروتئین مورد نیاز برای ماهیان پرواری) و مقادیر مختلف انرژی قابل هضم شامل ۲۶۰۰ (جیره شاهد)، ۲۹۰۰،

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-25]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.1.4.1]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110327]

۳۲۰۰، ۳۵۰۰ و ۳۸۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم مورد استفاده قرار گرفت. انرژی قابل متابولیسم به ترتیب برابر ۲۲۵۰ (جیره شاهد)، ۲۵۰۰، ۲۷۵۰، ۳۰۰۰، ۳۳۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم برای جیره های ۱تا ۵ براساس معادله (ME=0.866DE) محاسبه گردید(Allameh *et al.*, 2007). آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۵ جیره آزمایشی در ۴ تکرار به مدت ۹ هفته (یک هفته زمان سازگاری) به اجرا در آمد. تعداد ۲۰ قفس به ابعاد ۱×۱×۱ متر استفاده گردید و ماهی ها به طور تصادفی بین قفس ها تقسیم شدند (۱۰ قطعه برای هر قفس). کلیه قفس ها در یک استخر سیمانی قرار داده شد تا شرایط محیطی به طور یکسان برای همه تیمارها اعمال گردد. در طول آزمایش میزان دما برابر ۱۸- ۱۵ درجه سانتی گراد، اکسیژن برابر ۸/۵-۷ میلی گرم در لیتر و pH آب برابر ۷/۸–۷/۲ با استفاده از دستگاه دیجیتال چندکاره (اکسیژن متر، مدل۸۴۰۳، تایوان) ثبت گردید. ترکیب جیره های آزمایشی که بر اساس جداول انجمن ملی تحقیقات (NRC, 1989) تنظیم گردیده اند و ترکیبات شیمیایی اندازه گیری شده در آن ها در جدول ۱ نشان داده شده اند. همچنین مقادیر مختلف انرژی قابل هضم و انرژی قابل متابولیسم جیره های آزمایشی (براساس جداول NRC) و نسبت آنها به پروتئین در جدول ۲ درج شده است. میزان خوراک دهی بر اساس دمای آب و وزن ماهیان در طول آزمایش با استفاده از جداول NRC محاسبه و در دو نوبت صبح و بعدازظهر در اختیار ماهیان قرار گرفت.

جدول ۱: اجزاء خوراکی درجیره های آزمایشی

Table 1: Feed composition in experimental diets

اجزاء خوراکی (٪)	شماره جیره				
	۱	۲	۳	۴	۵
روغن ماهی کیلکا (داخلی)	۰	۵	۱۰	۱۵	۲۰
پودر ماهی هرینگ	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵	۳۵
کنجاله سویا	۲۳	۲۳	۲۵	۲۷	۲۸
کنجاله پنبه دانه	۱۵	۱۳	۱۰	۷/۵	۵/۵
گندم	۱۰/۵	۸/۵	۶/۵	۴	۲
نشاسته	۱۱	۱۰	۸	۶	۲
ملاس چغندر	۱/۳۵	۱/۳۵	۱/۳۵	۱/۳	۱/۳
دی کلسیم فسفات	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
متیونین	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۲	۰/۱۷	۰/۱۷
مکمل ویتامینی - معدنی*	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
بنتونیت	۱	۱	۱	۱	۱
ویتامین C	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
ویتامینE	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
نمک یددار	۱	۱	۱	۱	۱
ترکیبات شیمیایی اندازه گیری شده:					
ماده خشک(٪)	۹۱/۸۲	۹۰/۲۳	۸۹/۳۲	۹۰/۴۸	۸۹/۲۴

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-25]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.1.4.1]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110327]

اجزاء خوراکی (٪)	شماره جیره				
	۱	۲	۳	۴	۵
پروتئین خام(٪)	۳۵/۲۰	۳۵/۹۰	۳۵/۵۰	۳۵/۲۰	۳۵/۲۰
چربی خام(٪)	۴	۸	۱۲/۷	۱۷/۸	۲۱/۵
خاکستر(٪)	۱۵/۷	۱۵/۴	۱۵/۲۰	۱۴/۹	۱۴/۷

*مکمل ویتامینی - معدنی در هر کیلوگرم (۰/۱ درصد): ویتامین A ۱۲۰۰۰۰۰۰ واحد بین المللی، ویتامین D_3 ۵۰۰۰۰۰۰ واحد بین المللی، ویتامین E ۴۰۰۰۰ میلی گرم، ویتامین K ۳۰۰۰ میلی گرم، ویتامین B_1 ۳۰۰۰ میلی گرم، ویتامین B_2 ۸۰۰۰ میلی گرم، ویتامین B_6 ۴۰۰۰ میلی گرم، ویتامین B_9 ۲۰۰۰ میلی گرم، ویتامین B_{12} ۱۸ میلی گرم، پنتوتنیک ۱۵۰۰۰ میلی گرم، نیاسین ۵۰۰۰۰ میلی گرم، بیوتین ۱۷۰ میلی گرم، کولین ۵۰۰ میلی گرم، آنتی اکسیدان ۵۰۰ میلی گرم، منگنز ۱۲۰۰۰۰ میلی گرم، آهن ۶۰۰۰۰ میلی گرم، روی ۱۰۰۰۰۰ میلی گرم، مس ۱۵۰۰۰ میلی گرم، ید ۱۲۰۰ میلی گرم، سلنیوم ۳۰۰ میلی گرم، کبالت ۱۵۰ میلی گرم.

جدول۲: مقادیرانرژی قابل هضم (DE) و انرژی قابل متابولیسم (ME) (کیلوکالری بر کیلوگرم) و نسبت آن ها به پروتئین خام (۳۵٪) در جیره های آزمایشی

Table 2: Digestible (DE) and metabolizable energy (ME) values and their ratios to protein (35%) in experimental diets

شماره جیره	DE	ME	DE/CP	ME/CP
۱	۲۶۰۰	۲۲۵۰	۷۴/۳	۶۴/۳
۲	۲۹۰۰	۲۵۰۰	۸۲/۸	۷۱/۴
۳	۳۲۲۰	۲۷۵۰	۹۲	۷۸/۶
۴	۳۵۲۰	۳۰۰۰	۱۰۰/۶	۸۵/۷
۵	۳۸۰۰	۳۳۰۰	۱۰۸/۶	۹۴/۳

در پایان آزمایش (هفته هشتم) از هر تکرار ۳ قطعه ماهی به طور تصادفی صید شد که پس از اندازه گیری وزن و طول بدن جهت تعیین ترکیبات شیمیایی گوشت و چربی کبد به آزمایشگاه ارسال گردید. همچنین، افزایش وزن بدن، ضریب تبدیل خوراک (Feed Conversion Ratio)، میزان رشد ویژه (Specific Growth Rate = $100 \times (LnW_2\text{-}LnW_1/t$) و شاخص وضعیت یا ضریب چاقی (Condition Factor = W/L^3) محاسبه شد. در رابطه اول LnW_2 و LnW_1 به ترتیب لگاریتم طبیعی وزن نهایی و ابتدایی ماهی و t مدت زمان پرورش و در رابطه دوم W وزن نهایی و L طول کل بدن ماهی می باشد (Willoughby, 1999). کلیه داده ها به وسیله نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و مقایسه میانگین ها به روش آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گردید (SAS, 1990).

نتایج

صفات پرورشی

نتایج به دست آمده نشان دهنده اثر معنی دار سطوح مختلف انرژی قابل هضم و انرژی قابل متابولیسم بر صفات مختلف پرورشی بود ($p<۰/۰۵$) (جدول۳). با افزایش انرژی قابل هضم جیره تا سطح ۳۵۲۰ کیلوکالری بر کیلوگرم، وزن ماهی افزایش پیدا کرد، درحالی که افزایش سطح انرژی به بیش از این مقدار موجب کاهش رشد گردید. روند مشابهی نیز در مورد بهبود ضریب تبدیل خوراک به دست آمد. همچنین، افزایش سطح انرژی قابل هضم تأثیر مثبتی بر میزان رشد ویژه نشان داد به طوری که جیره های دارای ۳۵۲۰ و ۳۸۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم بالاترین میزان رشد ویژه را موجب گردید و اختلاف معنی‌داری با سایر جیره ها نشان دادند($p<۰/۰۵$). اگر چه افزایش میزان انرژی جیره، افزایش شاخص وضعیت را به دنبال داشته است ولی تفاوت معنی داری در هیچ یک از سطوح انرژی مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-25]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.1.4.1]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110327]

جدول ۳: مقایسه اثر جیره با نسبت های مختلف انرژی به پروتئین بر صفات پرورشی ماهی قزل آلای رنگین کمان (انحراف معیار± میانگین)

Table 3: Effect of diets with different energy to protein ratios on rearing parameters in rainbow trout (means ± standard deviation)

جیره	افزایش وزن (ماهی/گرم)	ضریب تبدیل خوراک	میزان رشدویژه (٪)	شاخص وضعیت
۱	۲۳۱ ±۱۳^{c}	۱/۵۴ ±۰/۵^{ab}	۰/۵۵ ±۰/۳^{b}	۱/۳۸±۰/۴
۲	۲۴۱ ±۱۷^{c}	۱/۵۷ ±۰/۴^{a}	۰/۵۵ ±۰/۲^{b}	۱/۲۵±۰/۵
۳	۲۶۱ ±۲۳^{cb}	۱/۳۷ ±۰/۷^{c}	۱/۵۹ ±۰/۸^{ab}	۱/۴۴±۰/۶
۴	۳۱۲ ±۲۵^{a}	۱/۲۹ ±۰/۴^{c}	۰/۶۴ ±۰/۴^{a}	۱/۴۸±۰/۴
۵	۲۸۰ ±۱۴^{b}	۱/۳۴ ±۰/۵^{c}	۰/۶۴ ±۰/۵^{a}	۱/۸۰±۰/۷
p value	۰/۰۰۲	۰/۰۳	۰/۰۰۱	۰/۱۳

حرف مشابه درهرستون به منزله معنی دارنبودن است ($p > ۰/۰۵$).

ترکیبات شیمیایی بدن

جدول ۴ نشان می دهدکه سطوح مختلف انرژی در جیره بر برخی از ترکیبات شیمیایی گوشت ماهی قزل آلای رنگین کمان تأثیر معنی داری داشته است ($p<۰/۰۵$). تاثیر جیره های آزمایشی بر ماده خشک و خاکستر گوشت معنی دار نبود ($p>۰/۰۵$). با افزایش انرژی جیره، میزان چربی گوشت نیز افزایش یافت به طوری که سطوح بالای انرژی جیره با سطوح پایین تر تفاوت معنی داری نشان داده اند ($p<۰/۰۵$). به عبارتی، نسبت های DE/CP برابر ۱۰۰ و ۱۰۸ با ایجاد بیشترین چربی گوشت با سایر نسبت ها تفاوت معنی داری داشته است ($p<۰/۰۵$). همین روند در مورد چربی کبد نیز مشاهده شد و با افزایش انرژی جیره میزان چربی ذخیره شده در کبد افزایش یافت به طوری که نسبت های مذکور اختلاف معنی داری را با نسبت های پایین تر نشان دادند ($p<۰/۰۵$).

جدول ۴: اثرجیره های آزمایشی بر ترکیبات شیمیایی بدن ماهی قزل آلای رنگین کمان (انحراف معیار± میانگین)

Table 4: Effect of experimental diets on body chemical composition of rainbow trout (means ± standard deviation)

جیره	ترکیبات شیمیایی گوشت (٪)				چربی کبد (٪)
	ماده خشک	چربی	پروتئین	خاکستر	
۱	۲۶/۰۵±۴	۴/۵۶±۱^{c}	۲۰/۰۶±۵^{a}	۱/۴۳±۰/۵	۸/۳۵±۱/۴^{b}
۲	۲۸/۴۲±۶	۷/۰۳±۳^{b}	۱۹/۷۹±۳^{ab}	۱/۶۰±۰/۴	۱۰/۲۵±۱/۵^{ab}
۳	۲۸/۳۳±۵	۷/۱۵±۲^{b}	۱۹/۷۱±۴^{ab}	۱/۴۷±۰/۳	۱۲/۰۰±۱/۷^{ab}
۴	۳۰/۸۶±۵	۸/۷۱±۳^{a}	۱۹/ ۳۸±۶^{c}	۱/۷۷±۰/۶	۱۴/۱۵±۱/۶^{ab}
۵	۲۹/۸۰±۴	۸/۶۴±۲^{a}	۱۹/ ۵۸±۵^{cb}	۱/۵۸±۰/۴	۱۴/۷۵±۱/۸^{a}
P value	۰/۰۹	۰/۰۱	۰/۰۰۴	۰/۱۱	۰/۰۰۳

حرف مشابه درهرستون به منزله معنی دارنبودن است ($p>۰/۰۵$).

بحث

صفات پرورشی

همان گونه که در نتایج مشخص گردید، افزایش انرژی قابل هضم جیره تا سطح ۳۵۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم با ۳۵ در صد پروتئین باعث افزایش وزن بدن ماهی قزل آلای رنگین کمان نسبت به تیمارشماره ۱ (۲۶۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم خوراک) گردیده است. از آنجایی که در آزمایش حاضر از روغن ماهی به عنوان منبع تأمین

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-25]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.1.4.1]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110327]

کننده انرژی استفاده شده است ملاحظه می گردد، وقتی سطح روغن به ۱۵٪ می رسد تا در واقع مقادیر ۳۵۲۰ کیلوکالری بر کیلوگرم انرژی قابل هضم و ۳۰۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم انرژی قابل متابولیسم را فراهم کند بیشترین افزایش وزن حاصل شده است. بنابراین، به نظر می رسد تأمین انرژی (با ۱۵٪ روغن ماهی) در جیره موجب شده است پروتئین خوراک صرف تولید بافت و افزایش وزن گردد. همان طورکه Mihalca *et al.* (2010) گزارش کردند، افزایش انرژی جیره نسبت به پروتئین باعث افزایش ابقای ازت در بدن ماهی قزل آلای رنگین کمان می گردد. Takeuchi *et al.* (1978) و همچنین Lanari and D'Agaro (2002) نتایج مشابهی را از تاثیر سطوح مختلف انرژی جیره بر افزایش وزن بدن ماهی قزل آلای رنگین کمان گزارش نموده اند. آن ها اذعان داشتند چربی در جیره می تواند انرژی مورد نیاز ماهی قزل آلای رنگین کمان را تأمین نموده و با صرفه جویی در پروتئین جیره افزایش وزن مناسبی به دست آید. نتایج بدست آمده از آزمایش Du *et al.* (2009) بر روی ماهی کپور علفخوار نیز چنین اثری را تایید نمود. سطح بالای انرژی در جیره بر قابلیت هضم سایر مواد مغذی نیز اثر می گذارد (Jobling, 1996). همچنین، Grisdal *et al.* (1997) نیز گزارش نمودند مقادیر زیاد انرژی با کاهش فعالیت آنزیم آمیلاز باعث کاهش قابلیت هضم موادی مثل نشاسته شده و منجر به کاهش سرعت رشد ماهی می شود. همانطور که جدول ۳ نشان می دهد، افزایش انرژی جیره اثر مثبتی بر روی ضریب تبدیل خوراک داشته است، به طوری که وقتی مقدار DE/CP تا سطح ۱۰۰/۶ و ME/CP تا ۸۵/۷ افزایش می یابد، بهبود ضریب تبدیل خوراک اتفاق می افتد و به نظر می رسد در این گروه آزمایشی به نحو مطلوبی انرژی و سایر مواد مغذی جیره مورد استفاده قرار گرفته و در سطح مذکور کارآیی و بهره وری خوراک افزایش یافته است.

جیره حاوی بالاترین نسبت DE/CP (نسبت ۱۰۸) نشان داد علیرغم افزایش سطح انرژی جیره، راندمان تبدیل خوراک کاهش یافت و احتمالاً قابلیت دسترسی به مواد مغذی برای این تیمار کاهش یافته است. در این رابطه، EL.Sayed and Garling (1998) گزارش نمودندکه افزایش بیش از حد انرژی جیره موجب کاهش مصرف خوراک شده و در نتیجه ضریب تبدیل خوراک افزایش می یابد. اما افزایش انرژی جیره تا سطحی که بتواند نیاز ماهی را مرتفع سازد، بهبود ضریب تبدیل خوراک را به همراه خواهد داشت. در گزارشات Beamish and Medland (1986) و همچنین Ruohonen *et al.* (1998) آمده است که افزایش انرژی جیره باعث بهبود ضریب تبدیل خوراک شده و کارآیی تغذیه ای مناسب تری را بدون تأثیر منفی بر سرعت رشد نشان می دهد. در گزارش Renitz *et al.* (1978) نیز آمده است که ضریب تبدیل خوراک با میزان انرژی جیره همبستگی داشته و تأمین انرژی مورد نیاز ماهی منجر به اضافه وزن بیشتر به ازای هر گرم خوراک مصرفی می گردد. مطالعه حاضرنشان داد، افزایش سطح انرژی قابل هضم و انرژی قابل متابولیسم و به عبارتی افزایش نسبت های DE/CP و ME/CP در جیره با افزایش میزان رشد ویژه (SGR) و شاخص وضعیت همراه بوده است و این نتیجه مشابه نتیجه گزارش شده توسط Takeuchi *et al.* (1988) و Alvarez *et al.* (1998) نیز می باشد.

ترکیبات شیمیایی بدن

بر اساس نتایج حاصله، تأثیر افزایش نسبت انرژی به پروتئین جیره بر ترکیباتی مثل ماده خشک و خاکستر گوشت ماهی قزل آلای رنگین کمان معنی دار نبود و این افزایش نمی تواند باعث تغییر ماده خشک وخاکستر گوشت این ماهی گردد. این نتیجه با نتایج گزارش شده توسط Alvarez *et al.* (1998) مطابقت دارد. جدول ۴ نشان می دهد با افزایش نسبت انرژی به پروتئین در جیره ها از محدوده ۷۴ به ۱۰۸ میزان چربی ذخیره شده در گوشت و کبد نیز افزایش می یابد و این نتیجه با سایر آزمایشات به عمل آمده از جمله Alvarez *et al.* (1998)، Cho and Shiau (1996) و Grisdal *et al.* (1997) مشابهت دارد. در آزمایش حاضر افزایش سطوح انرژی قابل هضم (DE) و انرژی قابل متابولیسم (ME) جیره بدون تأثیر معنی داری باعث کاهش جزئی پروتئین بدن ماهی شد. این نتیجه مشابه نتایج گزارش شده توسط Alvarez *et al.* (1998) و Weatherup *et al.* (1997)

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-25]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.1.4.1]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110327]

برای ماهی قزل آلای رنگین کمان می باشد. در حالی که Mihalca *et al.* (2010) گزارش نمودند که افزایش غلظت چربی (انرژی) نسبت به پروتئین جیره منجر به ذخیره بیشتر پروتئین در بدن ماهی قزل آلای رنگین کمان شده است. Du *et al.* (2009) با افزایش نسبت انرژی به پروتئین جیره در ماهی کپور علفخوار تاثیر معنی داری بر ترکیبات شیمیایی بدن مشاهده نکردند. بنابراین، به نظر می رسد در آزمایش های گوناگون، استفاده از منابع انرژی متفاوت (چربی گیاهی، حیوانی و یا مخلوطی از آن ها) و یا روش آزمایشی و شرایط پرورشی مختلف از جمله دلایلی باشند که منجر به بدست آمدن نتایج متفاوت شده است.

با توجه به نتایج حاصله و مقایسات آماری در پژوهش انجام شده می توان چنین نتیجه گرفت که DE/CP برابر ۱۰۰ و ME/CP برابر با ۸۶ مناسب ترین نسبت انرژی به پروتئین برای متعادل کردن و تنظیم جیره ماهی قزل آلای رنگین کمان در مرحله پرواری می باشد. بنابراین، با در اختیار داشتن اطلاعات مربوط به DE و ME مواد خوراکی، سطح مطلوب انرژی قابل هضم (DE) و انرژی قابل متابولیسم (ME) به ترتیب برابر ۳۵۰۰ و ۳۰۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم با سطح ۳۵ درصد پروتئین برای جیره پرواری ماهی قزل آلای رنگین کمان توصیه می گردد. از آنجایی که ممکن است از مقادیر مختلفی از انرژی و پروتئین (به ویژه پروتئین) در جیره نویسی استفاده شود، تاکید می گردد نسبت آن دو به یکدیگر سنجیده شود و در هر شرایطی نسبت انرژی قابل هضم به پروتئین برابر ۱۰۰ و یا نسبت انرژی قابل متابولیسم به پروتئین برابر ۸۶ در نظر گرفته شود.

منابع

Allameh, S.K., Soofiani, N.M. and Pourreza, J., 2007. Determination of digestible and metabolizable energy of fishmeal and soybean meal in rainbow trout with two different sizes (*Onchohynchus mykiss*). Pakistan Journal of Biological Sciences, 10(20): 3722-3725. doi: 10.3923/pjbs.2007.3722.3725.

Alvarez, M.J., Lopez-Bote, C.J., Kaushik S.J. and Baoutista, M., 1998. Dietary fish oil and digestible protein modify susceptibility to lipid per oxidation in the muscle of rainbow trout and sea bass. British Journal of Nutrition, 80: 281-289. doi.org/10.1017/S0007114598001330.

Azevedo, P.A., Milgen, J.V., Leeson, S. and Bureau, D.P., 2005. Comparing efficiency of metabolizable energy utilization by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*) using factorial and multivariate approaches. Journal of Animal Science, 83(4): 842-851. doi: 10.1021/jf9013235.

Beamish, F.W.H. and Medland, T.E., 1986. Protein sparing effects in large rainbow trout. Aquaculture 55(1): 35-42. doi: 10.1016/0044-8486(86)90053.

Cho, C.Y. and Kaushik, S.J., 1990. Nutritional energetic in fish protein and energy utilization in rainbow trout. Symposium on Energy Metabolism of Farm Animals. EAAP Publ, pp: 37-40.

Cho, B. and Shiau, S., 1996. Optimal dietary lipid level for growth of juvenile hybrid tilapia. Aquaculture, 143: 185-195. doi: 10.1016/0044-8486(96)01266-5.

Du, Z.Y., Tian, L.X., Liang, G.Y. and Liu, Y.J., 2009. Effect of dietary energy to protein ratios on growth performance and feed efficiency of juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). The Open Fish Science Journal, 2: 25-31.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-25]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.1.4.1]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110327]

EL. Sayed, A.M. and Garling, D.L., 1988. Carbohydrate to lipid ratio in diets for Tilapia zillii fingerlings. Aquaculture 73: 157-163. http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486(88)90050-6.

Grisdal, E., Helland, B. and Helland, S.J., 1997. Replacement of protein by fat and carbohydrate rate in diets for Atlantic salmon at the end of fresh water stage. Aquaculture, 152: 162-180. http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(97)00003-3.

Kaushik, S.J. and Teles, O., 1986. Effect of digestible energy on nitrogen and energy balance in rainbow trout. Aquaculture, 50: 89-101. http://dx.doi.org/10.1016/0044-8486(85)90155-3.

Lanari, D., D'Agaro, E. and Ballestrazzi, R., 1995. Effect of dietary DP/DE ratio on apparent digestibility, growth and nitrogen and retention phosphorus retention in rainbow trout. Aquaculture Nutrition, 1(2): 105-110. doi: 10.1111/j.1365-2095.1995.tb00025.x.

Lanari, D. and D'Agaro, E., 2002. Effects of changes in dietary DP/DE ratio during the growing phase on growth performance and carcass composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum). Aquaculture International, 10: 421-432. doi: 10.1023/A:1023396524383.

Jobling, M., 1996. Fish Bioenergetics. Chapman and Hall, pp: 15-115.

Mihalca, G.L., Tita, O., Tita, M. and Mihalca, A., 2010. Growth and feed utilization of large size rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Diet and Effects. Food Technology, 16(2): 11-12.

NRC. 1989. Nutrient requirements of coldwater fishes. National Research Council. National Academy Press, pp: 7-58.

Ruohonen, K., Vielma, I. and Grove, D.J., 1998. Growth and food utilization of rainbow trout fed low-fat herring dry diets enriched with fish oil. Aquaculture, 163: 275-285. http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00234-8.

Renitz, G.L., Orme, L.E. and Hitzel, F., 1978. Influence of varying lipid concentrations with two protein concentrations in diets rainbow trout. Transactions of the American Fisheries Society, 107(5): 751-754. http://dx.doi.org/10.1577/1548-8659(1978)107.

SAS. 1990. STAT Users Guide, Release 6.03. SAS Institute Inc., Cary, NC.

Takeuchi, T., Yokoyama, M., Watanabe, T. and Ogino, C., 1978. Optimum ratio of dietary energy to protein for rainbow trout. Bulletin of the Japanese Society for the Science of Fish, 44(7): 729-732.

Takeuchi, T., Watanabe, T., Ogino, C., Nishimura, K. and Nose, T., 1988. A long-term feeding with rainbow trout by a low protein diet with a high energy value. Bulletin of the Japanese Society for the Science of Fish, 47(5): 637-643.

Weatherup, R.N., MC Cracken, K.J., Foy, R., Rice, D. and Hoey, R., 1997. The effects of dietary fat content on performance and body composition of

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-25]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.1.4.1]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110327]

Willoughby, S., 1999. Manual of salmonid farming. Blackwell Science, INC, pp: 5-113.

farmed rainbow trout. Aquaculture, 151: 173-784. http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(96)01507-4.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-25]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.1.4.1]

[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110327]

Study of dietary digestible and metabolizable energy to protein ratio on growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Allameh S.K.[1]*; Soofiani N.M.[2]; Nahavandi R.[1]

* allameh40@gmail.com

1- Animal Science Research Department, Isfahan Agriculture and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, P.O.Box: 81785- 199, Isfahan, Iran
2-Isfahan University of Technology, Faculty of Natural Resources, Aquaculture Department, Isfahan, Iran

Abstract

The present study aimed to investigate the effects of different digestible and metabolizable energy levels to protein ratio to obtain optimum ratio in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diet. This experiment was carried out with 2600 (control), 2900, 3200, 3500 and 3800 kcal/kg digestible energy (DE) that equal to 2250, 2500, 2750, 3000 and 3300 kcal/kg metabolizable energy (ME) with 35 % protein (CP) in the diet. The DE/CP ratios were 74, 83, 92, 100, 108 and for ME/CP; 64, 71, 78, 86 and 94, respectively. Five treatments were compared in a completely randomized design with 200 fish (average weight; 195 ± 5 g) with 4 replicates for 9 weeks. According to the results, the higher growth rate was observed, when the energy to protein ratio increased compared to control group. Fish fed DE/CP=100 (ME/CP=86) dietary content significantly showed the highest weight gain compared to other treatments and improved feed conversion ratio (FCR) and specific growth rate as well ($p<0.05$). In all treatments, no significant differences were observed for dry matter and ash content of flesh compared to control group ($p>0.05$). Moreover, fat content significantly increased, but protein content significantly decreased when DE/CP increased ($p<0.05$). Therefore, it is recommended that diet contains 35 % CP and 3500 or 3000 kcal/kg DE and ME, respectively (DE/CP = 100 and ME/CP = 86) at the finishing stage of rainbow trout is more effective.

Keywords: Rainbow trout, Digestible energy, Metabolizable energy, Energy to protein ratio

*Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2026-06-25]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1396.26.1.4.1]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2017.110327]