مجله علوم و فنون دريايي، ۱۳۸۵، دورة پنجم، شمارة ۳ و۴، صفحات ۱-۱۱

تأثيرکاهش سطح پروتئين جيره در يک وعده غذايي روزانه بر رشد و کارايي تغذيه قزل‌آلای رنگين‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum)

مجيد بختياری[۱]*، مهرداد فرهنگی[۲]، احمد ايمانی[۳]، شفق کمال[۴]، سيد احمد ميرهادی[۵]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبيعی، دانشگاه تهران
۲- استاديار گروه شيلات و محيط زيست، دانشکده منابع طبيعی دانشگاه تهران
۳- دانش‌آموخته کارشناسي ارشد دانشکده منابع طبيعي، دانشگاه تهران
٤- دانش‌آموخته کارشناسي ارشد دانشکده منابع طبيعي، دانشگاه تهران
۵- استاديار مؤسسه تحقيقات و علوم دام کشور

چکيده

امکان کاهش ميزان پروتئين جيره در يک وعده غذايي قزل آلای رنگين کمان با ميانگين وزنی ۴۵/۸۵g بررسی شد. دو جيره با سطوح پروتئينی ۴۱/۵% و ۳۶/۵% با سطح انرژی برابر فرمولبندي و ساخته شدند. با توجه به دو زمان غذادهی و دو سطح پروتئين، چهار رژيم غذايي (تيمار) ايجاد شدند. تيمار۱ در هر دو وعده، غذای ۴۱/۵%، تيمار۲ صبح ۴۱/۵% و عصر ۳۶/۵%، تيمار (۳) صبح ۳۶/۵% و عصر ۴۱/۵% و تيمار(۴) در هر دو وعده، غذای دارای ۳۶/۵% پروتئين را دريافت کردند. غذادهی در حد اشباع يک ساعت بعد از شروع روشنايي (مصنوعی) و يک ساعت قبل از شروع تاريکی انجام شد. طول مدت روز و شب ۱۲:۱۲ تعيين شد. با کاهش ميزان پروتئين جيره از تيمار اول به تيمار چهارم شاخصهای مربوط به رشد، بقا، کارايي تغذيه و FCR، کاهش نشان دادند. از اين نظر تيمارهای دوم و سوم حد واسط بودند. ميزان کارايي و ارزش توليدی پروتئين نيز در بين تيمارها اختلاف معناداری نشان نداد ($p>۰/۰۵$). به لحاظ مصرف غذا، به طور معناداری تمام تيمارها در وعده صبح تمايل بيشتری به مصرف غذا و به تبع آن مصرف پروتئين و انرژی دريافتی نشان دادند ($p<۰/۰۵$). نتايج اين آزمايش امکان کاهش پروتئين جيره در يک وعده غذايي را تأييد می‌کند.

کليد واژگان: پروتئين جيره، زمان غذادهی، مصرف غذا، کارايي تغذيه، رشد، قزل‌آلای رنگين کمان.

۱- مقدمه

پروتئين گرانترين و پر اهميت‌ترين ترکيب يک جيره غذايي محسوب می‌شود. بنابراين هر گونه اقدام برای کاهش مصرف آن بسيار حايز اهميت است. يکی از راههای اصلي مؤثر در کاهش ميزان مصرف پروتئين در آبزی پروری، پايين آوردن ميزان آن در جيره و کمک به افزايش قابليت هضم و افزايش بازده جذب ترکيبات پروتئينی در بدن آبزی مورد پرورش است. از سوی ديگر بايد توجه داشت که آبزيان و بويژه ماهيان گوشتخوار به مقادير بالاتری از پروتئين در جيره غذايي خود نيازمندند که دليل آن کاتابوليسم پروتئين به منظور

* نويسندة مسؤول مقاله: تلفن: ۰۲۱۳۳۸۰۱۲۸۶، Email: Bakhtiyari@gmail.com

تأمين انرژی مورد نیاز می‌باشد[۱، ۲]. انرژی توليدي از طريق آمين‌زدايي اسيدهای آمينه حاصل می‌شود[۳]. در این میان توجه به نقش فیزیولوژی تغذیه در آبزیان بسیار با اهمیت است. هورمونها نقش اصلی را در تنظیم رشد و مصرف غذا در آبزيان ايفا مي‌كنند. سیستمهای درون ریز ماهیان به تغییرات مصرف مواد غذايي حساسند. ایجاد تغییر در سطوح نسبی ترکیب جیره، دوره‌های نوری و زمان غذادهی می‌توانند روی هورمونهای متابولیک اثر بگذارند[۴]. گونه‌های مختلف آبزیان در ساعات خاصی از روز تلاش و اشتهای بیشتری برای به دست آوردن غذا از خود نشان می‌دهند[۵، ۶]، از اینرو در صورت رعایت این امر می‌توان از خارج شدن بخشی از جیره که در شرایط معمول از دسترس خارج می‌شود جلوگیری کرد. از طرفی تحقيقات متعددي در سالهاي اخير دلالت بر بازده جذب بيشتر برخي از مواد مغذي در ساعات مشخصي از روز دارند[۷، ۸]. رعایت این زمان در غذادهی باعث افزایش راندمان هضم و جذب اجزاي غذايي مي‌شود و خروج آنها از دستگاه گوارش (به شکل مدفوع) را کاهش می‌دهد. همچنین توجه به ترکیب اجزاي جيره در تغذيه آبزيان بسيار اهميت دارد. براساس مطالعات متعدد، آبزیان قادرند ترکیب غذايي مطلوب خود را تشخيص دهند و انتخاب كنند[۹، ۱۰] که این پدیده کمک بزرگی به بازده تغذیه می‌کند.

مطالعاتی وجود دارند که اثر زمان غذادهی بر راندمان رشد را تأکید می‌کنند. نتایج مطالعه این درخصوص تأثیر زمان غذادهی بر قابلیت هضم، میزان رشد و متابولیسم پروتئین در قزل‌آلای رنگین کمان، نشان داد که متابولیسم پروتئین با زمان غذادهی و سطح انرژی جیره مرتبط است[۸]. ماهیان دوره‌های روزانه مشخصی را در اشتها از خود نشان می‌دهند و بیان شده است که تغذیه در اوج اشتها، رشد را افزایش می‌دهد. اوج اشتها زمانی رخ می‌دهد که شرایط داخلی بدن در بهترین وضعیت برای استفاده و بهره‌برداری از مواد مغذی باشد[۶]. افزایش فعالیت و ترشحات گوارشی به نحو مطلوبی می‌توانند در افزایش جذب اجزاي جيره مانند پروتئین مؤثر واقع شوند و از هدر رفتن آنها از طریق مدفوع جلوگیری کنند. بازده غذايي و بازده جذب پروتئین در ماهیان قزل‌آلای‌رنگین‌کمانی که در دوره زمانی مناسب غذادهی شدند، بالاتر از گروهی ثبت شده است که در خارج از این دوره تغذیه شده بودند[۱۱].

به عنوان جمع‌بندی باید اذعان کرد غذا بیشترین هزینه جاری در آبزی پروری را به خود اختصاص می‌دهد. بنابراین تغذیه در زمان و با ترکیب مناسب، راندمان تبدیل غذايي را بهبود مي‌بخشد و به طور معناداری هزینه‌های پرورش را کاهش می‌دهد. براساس این، با فرض مؤثر بودن زمان و درصد پروتئین موجود در غذا بر بازده جذب آن، این آزمایش به منظور افزایش کنترل میزان مصرف پروتئین به عنوان ارزشمندترین جزء جیره و با هدف افزایش راندمان جذب این ماده مغذی از طریق تعیین زمان مناسب غذادهی به منظور افزایش بهره‌وری از پروتئین جیره انجام شد.

۲- مواد و روش‌کار

۲-۱- تهیه جیره‌ها

به منظور تهیه جیره‌ها از مواد اولیه براي اجراي تجزيه‌هاي شيميايي به روش استاندارد نمونه‌برداري شد[۱۲]. پس از تعیین ترکیب مواد مغذی آنها (جدول ۱) با استفاده از نرم‌افزار UFFDA جيره‌هاي مورد نياز كه شامل دو جيره با درصدهای پروتئین، ۴۱/۵ و ۳۶/۵ و انرژي همسان بودند،[1] تهیه شدند (جدول ۲). پس از ساخت جیره‌ها، تجزیه تقریبی و همچنین میزان انرژی آنها تعیین شد (جدول ۳).

1. Iso enenergetic

جدول۱ میزان ترکیبات شیمیایی و انرژی مواد غذایی تشکیل دهنده در جیره‌های آزمایشی (As fed)*

ماده غذايي	پودر ماهي	کنجاله سویا	آرد ذرت	گلوتن ذرت
پروتئین %	۶۵/۰۸ ±۰/۴۴	۴۵/۶۹ ±۰/۴۲	۴/۵۸ ±۰/۲۵	۵۵/۲۴±۰/۰۹۹
انرژي**kcal/kg**	۴۵۲۹/۱±۱۴/۲	۴۴۱۹/۴ ±۱۱/۴	۳۶۹۶/۷±۳۵/۴	۵۲۶۲/۲±۲۱/۳
چربي %	۱۵/۶۸±۰/۳۱	۱۴/۲۹±۰/۰۴	۸/۱ ±۰/۱۹	۱۰/۹۸±۰/۳۲
کلسیم %	۳/۶۸ ±۰/۱۷	۰/۲۷ ±۰/۰۰۴	۰/۰۱ ±۰/۰۰۱	۰/۰۶۱±۰/۰۰۳
فسفر %	۲/۲ ±۰/۱۸	۰/۵۴ ±۰/۰۲۵	۰/۰۳ ±۰/۰۰۴	۰/۳۱ ±۰/۰۱۴
خاکستر %	۱۷/۴۹±۰/۱۹۵	۶/۱۱ ±۰/۰۹	۰/۲۵ ±۰/۰۰۱	۱/۷۴ ±۰/۰۰۵
ماده خشك%	۹۳/۴۴±۰/۴۴۹	۸۹/۸۴±۰/۱۹۶	۸۶/۰۹±۰/۲۶۷	۹۴/۶ ±۰/۱۹۴

* مقادیر براساس انحراف معیار±میانگین بیان شده‌اند.

جدول۲ میزان مواد غذایی تشکیل دهنده جیره‌های آزمایشی به درصد

ماده غذايي	جیره۱	جیره۲
گلوتن ذرت	۱/۴	۱/۴
آرد ذرت	۱۸	۲۱
کنجاله سویا	۱۰/۷۳	۲۵/۰۰
روغن ماهي	۱۰/۵۴	۱۰/۷۰
پودر ماهي	۵۳/۰۳	۳۵/۱۰
همبند	۳/۰۰	۳/۵۰
آنتي اکسیدان	۰/۵	۰/۵
کولین کلراید	۰/۷۰	۰/۷۰
ویتامین **C**	۰/۱۰	۰/۱۰
مکمل معدني	۱/۰۰	۱/۰۰
مکمل ویتامین	۱/۰۰	۱/۰۰
کل	۱۰۰	۱۰۰

جدول۳ میزان ترکیبات شیمیایي و انرژی جیره‌های آزمایشی براساس ماده تر (انحراف معیار± میانگین)

جیره	جیره۱	جیره۲
پروتئین%	۴۱/۴۹±۱۱/۳۱	۳۶/۵۳±۰/۲۳
انرژي **kcal/kg**	۴۵۹۶/۵±۵۴/۴۵	۴۵۷۹/۵±۴۴/۵۵
چربي%	۲۳/۷۱±۰/۰۹	۲۳/۳۱ ± ۰/۲۵
کلسیم%	۲/۹۸±۰/۲۴	۲/۱۶±۰/۲۲
فسفر%	۱/۳۸±۰/۰۳	۱/۰۳±۰/۰۳
خاکستر%	۱۴/۱۷±۰/۰۸	۱۲/۳۸±۰/۱۷
ماده خشك%	۹۲/۷±۰/۲۳	۹۱/۸±۰/۱۶

۲-۲- اجرای آزمایش

در اين تحقيق از چهار رژيم غذايي (حاصل از دو سطح پروتئين و دو وعده غذادهی) در قالب چهار تيمار استفاده شد. به همين منظور از واحدهای آزمايشی متشكل از مخازن ۱۰۰ ليتري استوانه‌ای- مخروطی استفاده شد. در هر واحد آزمايشی ۱۴ عدد ماهی با ميانگين و انحراف معيار ۰/۳۰g±۴۵/۸۵ رها شدند. براي ثبات شرايط دمايي و نوری در طي دوره، اين مطالعه در يک محيط بسته و سازگان باز- چرخشی آب با ۳۰% تعويض روزانه انجام شد. تيمارها در واقع از تلفيق درصد پروتئين جيره (۴۱/۵ و۳۶/۵%) و زمان غذادهي ايجاد شدند. تيمار اول در هر دو وعده (صبح و عصر) جيره با پروتئين بالا و تيمار چهارم در هر دو وعده جيره پايين را دريافت كردند. تيمار دوم در وعده صبح جيره با پروتئين بالا و در وعده عصر جيره دارای سطح پروتئين پايين را دريافت كرد و ماهيان تيمار سوم به عكس تيمار دوم تغذيه شدند. دوره آزمايش ۴۶ روز و تا بيش از دو برابر شدن وزن اوليه به طول انجاميد. پيش از شروع آزمايش ۵ قطعه ماهي به صورت كاملاً تصادفي انتخاب و ميزان پروتئين، چربی، انرژی، خاكستر و رطوبت آنها اندازه‌گيری شد. در انتهاي آزمايش به طور مجدد از هر تكرار به صورت كاملاً تصادفي۳ عدد ماهي انتخاب و موارد مذكور براساس روشهای تجزيه شيميايي استاندارد اندازه‌گيری شدند[۱۳، ۱۴]. برای تعيين پروتئين از روش كلدال[1] و در مورد چربی از مجموعه سوكسله استفاده شد. همچنين از بمب كالريمتری[2] برای تعيين انرژی و از دستگاه ICP[3] در تعيين كلسيم و فسفر استفاده شد. به منظور خشک كردن مواد غذايي از آون فن‌دار[4] در ۱۰۵°C (۶ ساعت) و برای خشک كردن لاشه ماهيان از فريز درايرر استفاده شد. لازم به ذكر است كه براي شكستن كامل بافتهای سخت پروتئينی مانند كلاژن، لاشه ماهيان ابتدا در دمای ۱۲۱°C و فشار ۱ اتمسفر به مدت ۳ ساعت (اتوكلاو) كاملاً پخته و در مرحله بعد خشک شدند و تركيب شيميايي آنها تعيين شد[۱۵]. به منظور تهيه خاكستر نيز از كوره الكتريكی[5] ۵۵۰°C (در۶ ساعت) استفاده شد.

ميانگين وزن و طول ماهی در هر واحد آزمايشي (تكرار) در ابتدا و انتهای آزمايش با ترازوی ديجيتال (دقت ۰/۱g) و تخته زيست‌سنجي (دقت ۱mm) تعيين شد. به منظور بررسی تمايل ماهی برای دريافت غذا با درصد پروتئين متفاوت در دو زمان، غذادهی در هر وعده تا حد اشباع انجام مي‌شد و ميزان مصرف غذا برای هر واحد آزمايشي طي دوره آزمايش به تفكيک زمان غذادهی صبح و عصر تعيين گرديد. طول روز و شب نسبت برابر ۱۲:۱۲ داشت و غذادهی صبح يک ساعت پس از شروع روشنايي و غذادهی عصر يک ساعت قبل از شروع تاريكی انجام می‌شد. از ميان پيراسنجه‌های فيزيكوشيميايی آب، دما (۱۷/۳۳°C±۰/۱۶)، pH (۷/۶±۰/۰۴) و اكسيژن محلول (۷/۶mg/L ±۰/۱۲) به صورت هفتگی اندازه‌گيری شدند[۱۶]. جريان آب در گردش نيز معادل ۵/۴۰±۰/۰۱۸ (انحراف معيار± ميانگين) بود. تمام اين موارد شرايط مطلوب زيست ماهي قزل‌آلاي رنگين كمان را طي اجراي آزمايش تأمين كردند.

شاخصهای رشد و كارايی تغذيه از قبيل افزايش وزن (WG)، نرخ رشد ويژه (SGR %day^{-1})، شاخص وضعيت (CF)، نرخ تبديل غذايی (FCR)، نرخ كارايی پروتئين (PER)، ارزش توليدی پروتئين (PPV)، نرخ كارايی انرژی (EER)، نرخ كارايی چربی (LER) و ارزش توليدی چربی (LPV) براساس روابط زير بررسی شدند[۱۵].

1. Foss Teecator (2006 Digestor)
2. IKA 5000
3. GBC Integra XL
4. Heraeus (FO.J FO 538)
5. Vecstor Furnaces

۱) WG: Weight gain = W_2-W_1

۲) SGR: Specific growth rate (%day^{-1}) =
$(\log_e W_2 - \log_e W_1) / t \times ۱۰۰$

۳) CF: Condition factor=
$۱۰۰ \times [(\text{whole live body weight (g)}) / (\text{fork length(cm)})^3]$

۴) FCR: Feed conversion ratio =
g feed intake / g live weight gain

۵) *NER: *N efficiency ratio=g live weight gain/*N intake

۶) *NPV: *N productive value=g *N retained / *N intake

*N در روابط ۵ و ۶ شامل پروتئين (P)، چربی (L) و انـرژی (E) می‌باشد که برای آنها نـرخ کـارایی(ER.) و ارزش توليـد (PV) محاسبه می‌شود.

۳-۲- روشهای آماری مورد استفاده

ايـن مطالعه در قـالـب طـرح کـاملاً تـصـادفی بـا ۴ تيمـار و ۲ تکرار اجرا شـد. از آزمونهـای شـاپيرو- ويلـك[1] و کـالموگروو- اسميرنوو[2] بـه منظـور بـررسی نرمال بودن داده‌ها استفاده شـد. تمـام داده‌هـای درصـدی بـه صـورت $\arcsin\sqrt{x}$ تبـديل شـدند. بـرای مقايـسه داده‌هـای جفتـی غيرنرمـال آزمـون ويلکوکسـون[3] بـه کـار رفت. از آزمـون تجزيـه واريانس يک طـرفه بـرای مقايسـه واريـانس تيمارهـا و از آزمـون دانکـن بـرای بررسی وجود يا نبـود اخـتلاف معنـادار بـين ميـانگين تيمارها استفـاده شد. بـرای بـررسی وجود رابطه بين متغيرهـا روش رگـرسيـون خطی به کار رفت. اين موارد در نـرم‌افـزار SPSS۱۱/۵ اجرا شـدند. بـه منظـور حـذف اثـر متغيرهـای همسو از آزمـون کوواريانس و آزمـون ميـانگين بنفرونـي[4] در نـرم‌افـزار Minitab۱۴ استفاده شـد. رسـم نمـودارها نيـز در نرم‌افزار اِکسـل انجـام شـد.

1. Shapiro -Wilk
2. Kolmogorov_Smirnove
3. آزمون غير پارامتر مربوط به مقايسه داده‌هاي جفتي Wilcoxon
4. Bonferroni

۳- نتايج

۳-۱- شاخصهاي رشد

نتايج داده‌هاي ميـزان رشـد ويـژه (SGR)، وزن اوليـه (Wi)، افزايش وزن (WG)، درصد بازماندگي (SR)، درصد رشد(G) و ضريب چاقي (CF) در جدول ۴ بيان شده‌اند.

همانگونه که در جدول ۴ مشاهده مـی‌شـود، تيمارهـای اول و سوم عملکرد بهتری را نشان داده‌اند، هر چند اخـتلاف معناداری بين تيمارها مشاهده نشد.

۳-۲- شاخصهاي کارايي تغذيه

نتايج مربوط به محاسـبه ميـزان تبـديل غـذا (FCR)، ميـزان کارايي پروتئين (PER)، ميزان کـارايي چربـي (LER)، ميـزان کـارايي انـرژي (EER) و همچنـين مقـادير ارزش توليـدي پـــروتئين (PPV)، ارزش توليـــدي چربـــي (LPV) و ارزش توليدي انرژي (EPV) در جدول ۵ به تفکيـک تيمارهـا بيـان شده‌اند.

ميزان تبديل غذايي (FCR) به‌وسـيلة آزمـون دانکـن در تيمار چهارم به طور معنـاداري ضـعيف‌تـر شـد و تيمـار اول مطلوبتر و تيمارهاي دوم و سوم بينابين بودند[5]. از ميـان سـاير شاخصها، ميزان کـارايي انـرژي و چربـي و همچنـين مقـدار ارزش توليدي انرژي در تيمار چهـارم اخـتلاف نـشان داده و اين تيمار مقادير پايينتري نسبت به ساير تيمارها از خود نشان داد.

۳-۳- مصرف غذا

طي آزمايش ميزان مصرف غذا به تفکيک صـبح و عـصر در هر روز تعيين شد. ميزان دريافت غذا، پـروتئين و انـرژي بـه تفکيک تيمارها از طريق آزمون ويلکوکسون بررسي شد. ايـن نتايج در جدول ۶ ارائه شده است.

۵. نتايج آزمون دانکن بدون معنادار بودن تجزيه و تحليل واريانس نيز قابل قبولند[۱۷].

جدول۴ نتایج حاصل از شاخصهاي رشد در تیمارهای مختلف (انحراف معیار± میانگین)*

شاخص	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴	p
وزن اولیه	۴۵/۸۹±۰/۵۷^{a}	۴۶/۲۱۵±۰/۹۰^{a}	۴۵/۵۸±۰/۴۳^{a}	۴۵/۷۰±۰/۳۴^{a}	۰/۷۴۹
وزن نهایی	۱۲۶/۰۲±۴/۶۶^{a}	۱۰۳/۲±۱۵/۹۸^{a}	۱۲۳/۲±۲۳/۹۰^{a}	۹۶/۱±۲۸/۹۹^{a}	۰/۴۷۰
افزایش وزن	۸۰/۱۳±۴/۱۰^{a}	۵۷/۰±۱۱/۸۸^{a}	۷۷/۶±۲۳/۴۸^{a}	۵۰/۴±۲۸/۷۱^{a}	۰/۴۶۳
رشد ویژه	۲/۲±۰/۰۵^{a}	۱/۷۳±۰/۳۸^{a}	۲/۱۴±۰/۴۰^{a}	۱/۵۷±۰/۶۵^{a}	۰/۴۶۷
ضریب چاقی	۱/۶۱±۰/۰۲^{a}	۱/۵۹±۰/۰۳^{a}	۱/۵۸±۰/۰۷^{a}	۱/۵۲±۰/۰۶^{a}	۰/۴۵۵
میزان بقا	۹۶/۴۳±۵/۰۵^{a}	۸۵/۱۶±۰/۷۸^{a}	۹۲/۸۶±۱۰/۱۰^{a}	۸۹/۲۹±۱۵/۱۵^{a}	۰/۶۹
*حروف متفاوت در هر ردیف نشانه وجود اختلاف معنادار در آزمون دانکن می‌باشند.					

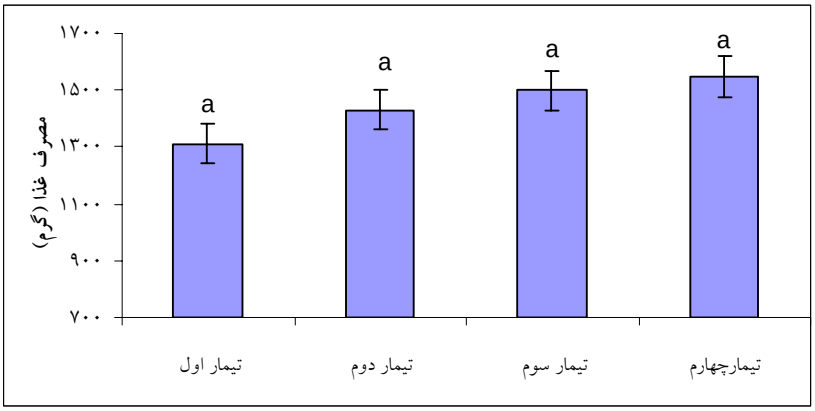
جدول۵ نتایج حاصل از محاسبات مربوط به کارایي تغذیه در تیمارهای مختلف (انحراف معیار ± میانگین)*

شاخص	تیمار ۱	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴	p
PER	۱/۷۱±۰/۱۶^{a}	۱/۶۱±۰/۰۳^{a}	۱/۶۲±۰/۱۰^{a}	۱/۵۱±۰/۱۶^{a}	۰/۵۵۸
PPV	۰/۲۸۲±۰/۰۴^{a}	۰/۲۷±۰/۰۱^{a}	۰/۲۸.±۰/۰۲^{a}	۰/۲۴۸±۰/۰۳^{a}	۰/۵۹۳
EER	۳۶/۷۷±۳/۴۲^{a}	۳۲/۷۶±۰/۵۹^{ab}	۳۲/۵۰±۲/۱۰^{ab}	۲۸/۷۶±۳/۱۶^{b}	۰/۱۴۲
EPV	۳/۵۷±۰/۱۷^{a}	۳/۶۱±۰/۰۷^{a}	۳/۵۱±۰/۰۴^{a}	۲/۹۸±۰/۱۹^{b}	۰/۰۲۶
LER	۲/۹۹±۰/۲۸^{a}	۲/۶۸±۰/۰۵^{ab}	۲/۶۷±۰/۱۷^{ab}	۲/۳۷±۰/۲۵^{b}	۰/۱۶۴
LPV	۰/۴۸۶۱±۰/۰۲^{a}	۰/۴۷۹±۰/۰۱^{a}	۰/۴۷±۰/۰۱^{a}	۰/۴۴±۰/۰۷^{a}	۰/۶۸۸
FCR	۱/۴۱±۰/۱۳^{b}	۱/۵۸±۰/۰۳^{ab}	۱/۶±۰/۱۰^{ab}	۱/۸۲±۰/۲۰^{a}	۰/۱۴۵
* حروف متفاوت در هر ردیف نشانه وجود اختلاف معنادار در آزمون دانکن می‌باشند.					

جدول۶ بررسي اختلاف ميانگين تغذيه در صبح و عصر در تمام واحدهاي آزمايشي (انحراف معيار± ميانگين)

وعده	تيمار	صبح	عصر	P
مصرف غذا(گرم)	۱	۱۸/۹۰±۵/۶^{a}	۱۵/۵۲±۴/۱۱^{b}	۰/۰۰۰
	۲	۱۴/۲۳±۵/۲^{a}	۱۲/۳۹±۴/۵^{b}	۰/۰۰۳
	۳	۲۱/۱۰±۶/۹^{a}	۱۶/۳۴±۶/۳^{b}	۰/۰۰۰
	۴	۱۴/۳۶±۵/۸^{a}	۱۳/۰۰±۵/۹^{b}	۰/۰۱۲
مصرف پروتئين(گرم)	۱	۷/۸۴±۲/۳^{a}	۶/۴۴±۱/۷^{b}	۰/۰۰۰
	۲	۵/۹±۲/۲^{a}	۴/۵۳±۱/۶^{b}	۰/۰۰۰
	۳	۷/۷۱±۲/۵^{a}	۶/۷۸±۲/۶^{b}	۰/۰۱۰
	۴	۵/۲۵±۲/۱^{a}	۴/۷۵±۲/۲^{b}	۰/۰۱۲
مصرف انرژي **kcal**	۱	۸۶/۸۷±۲۵/۵^{a}	۷۱/۳۴±۱۸/۹۱^{b}	۰/۰۰۰
	۲	۶۵/۳۹±۲۳/۸۵^{a}	۵۶/۷۶±۲۰/۶^{b}	۰/۰۰۲
	۳	۹۶/۶۴±۳۱/۴^{a}	۷۵/۱۲±۲۹/۰^{b}	۰/۰۰۰
	۴	۶۵/۷۷±۲۶/۸^{a}	۵۷/۵۹±۲۷/۳^{b}	۰/۰۱۲

* حروف متفاوت در هر رديف نشانه وجود اختلاف معنادار در آزمون ويلكوكسون مي‌باشند.



شكل ۱ ميانگين تصحيح شده با كوواريانس، براي مصرف غذا در طول دوره آزمايش با ثابت گرفتن تغييرات رشد

در ايـن مطالعـه بـين ميـانگين مـصرف روزانـه غـذا و رشـد همبستگي وجود داشت (p =۰/۰۰۰، r=۹۶). به منظور بررسی ميزان مصرف غذا براسـاس اخـتلاف بـين تيمارهـا، از طريـق آزمون كوواريانس، ميزان رشد ثابت شـده و مـصرف غـذا در حالت رشد و بيومس ثابت بررسی شد. در اين آزمـون، تـأثير هم متغير (رشد) معنادار بوده (P=۰/۰۰۳) و اثر آن حذف شد. اما با اين حال اختلافـی بـين تيمارهـا از نظـر آزمـون تجزيـه واريانس ديده نشد (P=۰/۲۶۷). مقادير تصحيح شده ميـانگين مصرف غذا در تيمارهای مختلف با ثابت در نظر گرفتن رشـد و بيومس در شكل ۱ ارائه شده است.

۴- بحث

۴-۱- شاخصهای رشد و كارايی تغذيه

رژيمهای غذايی به كار رفته در اين آزمايش تفاوت معنـاداری در رشد ايجاد نكردند. اما در ميان عمده اين شاخـصها، تيمـار سوم كه در وعده صـبح، جيـره بـا سـطح پـروتئين پـايينتر را دريافت كرده بود بـا اخـتلاف كمـی بعـد از تيمـار اول و در شرايط مناسبتری نسبت به ساير تيمارها قرار گرفت (جـدول ۴). با توجه به غذادهی تا حد اشـباع، ماهيـان احتياجـات غـذايی خود را تا حد نياز دريافت مـی‌كردنـد و در نهايـت اخـتلاف معناداری در رشد نشان ندادند. آنچه از اين مطالب بر می‌آيـد اين است كه اثـر ايـن اختلافهـا را مـی‌تـوان روی تفـاوت در مصرف غذا و FCR بررسی كـرد. در شاخـصهای مربـوط بـه كارايی تغذيه، تيمار چهارم (۳۶/۵% پروتئين در هر دو وعـده) ضـعيفترين و تيمـار اول (۴۱/۵% پـروتئين در هـر دو وعـده) مطلوبترين مقدار را از نظر FCR نشان دادند و تيمارهـای دوم و سوم در حد ميانه قرار گرفتند. در مطالعـة مـشكوه (۱۳۸۲) نيز افزايش سطوح پروتئين جيره از ۴۰ به ۴۵% FCR را بهبود بخشيد[۱۸]. قزل‌آلای رنگين كمان گونـه‌ای اسـت كـه ميـزان مصرف غذا در آنها محدود به تـأمين انـرژی نيـست، بلكـه از ساير نيازهـای غـذايی در حـد تـأمين رشـد مطلـوب تغذيـه می‌كند[۱۹، ۲۰]. به ايـن ترتيـب از آنجـا كـه در ايـن مطالعـه غذادهی تا حد اشباع انجام گرفـت، بايـد گفـت نتـايج FCR منطقی به نظر می‌رسند و روشن است كه تيمار چهارم تـلاش و صرف انرژی بيشتری را براي دريافت غذا و همچنين حفظ شرايط زيستی خود داشته كه اين امر در كارايي ذخيره انـرژی كمتر در اين تيمار قابل مشاهده است (جدول ۵).

در اين مطالعه سطوح انرژی و چربی جيـره‌هـا ثابـت و تفاوت در درصد پروتئين جيره‌ها بود. با توجـه بـه جـدول ۵ شاخصهای مربوط به كارايی پروتئين اختلاف معناداري نـشان ندادند اما در مقدار ارزش توليد انرژی، اختلاف معنادار نـشان دادند. تيمار اول كه در هر دو وعده جيره با سطح پروتئين بالا را دريافت كرده بود از نظر شاخصهای كارايی تغذيـه مربـوط به پروتئين، چربی و انرژی در بالاترين سطح قرار گرفت. لي[1] و همكاران (۲۰۰۲) نشان دادند كـه كـارايي تغذيـه در مـورد PER و PPV (كارايی پروتئين) در جيـره دارای چربـی قابـل هضم ۱۴%، بالاتر از جيره دارای چربی ۷% است. دليل آن نياز به انرژی برای سنتز پروتئين مـی‌باشـد[۲۱] كـه در نهايـت در جيره بـا انـرژی كمتـر، پـروتئين بـرای توليـد انـرژی تجزيـه می‌شود. در واقع در مطالعه آنها ميزان پروتئين جيره‌هـا ثابـت بود و تيمار دارای چربی ۷% نسبت پروتئين به انرژی بـالاتری در مقابل تيمار دارای چربی ۱۴% داشته كـه منجـر بـه تجزيـه پروتئين براي توليد انرژی شـد. ايـن مـوارد نـشان دهنـده آن است كه در مطالعه حاضر، تيمار اول نسبت پروتئين به انرژی بالاتری در مقايسه با ساير تيمارها دريافت كرده و هرچند كـه باعث بهبود FCR شده اما افزايش ميزان پروتئين در جيـره تـا جايی بهينه است كه صرف توليـد انـرژی نـشده و عمـده آن صرف توليد بافت شود. در تيمار اول پروتئين مصرفی عـلاوه بر اينكه صرف توليد بافت شد و PER و PPV را افزايش داد، مازاد آن تجزيه و به همراه مازاد انرژی كـه در تمـام جيـره‌هـا يكسان در نظر گرفتـه شـده بـود، موجـب افـزايش (E)LER

1. Lee

وLPV(E) نیز گردید. دلیل این امر این است که با توجه به مطالعه راسموسن و همکاران (۲۰۰۰)، حفظ پروتئین در این گونه کمتر از سایر آزاد ماهیان است و پروتئین مازاد تجزیه و به صورت ترکیبات انرژی‌دار ذخیره می‌شود[۲۲]. منابع مختلفی نیز در دست مي‌باشند که تجزیه مقادیر بالای پروتئین براي توليد انرژی را بیان می‌دارند[۲۳، ۲۴]. کارایی تغذیه در تیمارهای دوم و سوم تا حدود زیادی نزدیک به هم بود و در این دو تیمار پروتئین کمتر تجزیه شد و مقدار انرژی نیز متعادل بوده که علاوه بر تأمین نیازهای انرژي‌خواه ماهی، انرژی مورد نیاز براي سنتز پروتئین نیز فراهم بود. لازم به ذکر است که نتایج مقادیر عددی تا حدودی به سود تیمار سوم مي‌باشند.

۴-۲- مصرف غذا

تمام واحدهای آزمایشی و تیمارها در هر روز به طور متوسط صبحها غذای بیشتری نسبت به عصرها مصرف کردند (جدول ۶). این اختلاف در حدی بوده که میزان مصرف پروتئین و انرژی نیز به تفکیک تیمارها در صبح بالاتر از عصر بود. میزان مصرف غذا در ساعات مختلف روز در بین گونه‌ها می‌تواند متفاوت باشد و مطالعات نشان می‌دهند که بازده جذب مواد مغذی در ساعات مختلف روز متفاوت است [۸، ۲۵]. محققان دیگر هم زمان تغذیه مناسب برای هر گونه را متفاوت و اوج فعالیت تغذیه برای قزل آلای رنگین کمان را در آغاز روز بیان کرده‌اند[۷، ۲۶] که نتایج مطالعه حاضر مبنی بر مصرف غذای بیشتر در صبح را همسو با نتایج آنها نشان می‌دهد.

کلینه[1] و همکاران (۲۰۰۲) بیان داشتند قزل‌آلای رنگین کمان در حدی که توانایی دارد غذا مصرف نمی‌کند، بلکه در حدی غذا می‌گیرد که به آن نیاز دارد[۸]. این مطلب محققان دیگر نیز بیان کرده‌اند که مصرف غذا را در قزل‌آلای رنگین کمان و چینوک، برای تأمین رشد نهایی و احتیاجات غذایی دانسته و نقش انرژی را کم رنگتر نشان داده‌اند[۱۹]. همین محققان بیان داشته‌اند که در قزل آلای رنگین کمان پروتئین نقش بیشتری در تأمین انرژی بازی می‌کند. مطالب عنوان شده بیانگر این موضوع هستند که در جیره‌های دارای سطح انرژی برابر برای ماهی قزل آلای رنگین کمان غلظت پروتئین و در واقع نسبت پروتئین به انرژی می‌تواند در میزان مصرف غذا تأثیرگذار باشد. در مطالعه حاضر در میزان رشد ثابت، میزان مصرف غذا از تیمار اول تا چهارم به ترتیب افزایش یافت (شکل ۱). در تیمار اول که در هر دو وعده غذایی صبح و عصر جیره با سطح پروتئین بالا دریافت کردند، نسبت پروتئین به انرژی بیشتری در مقابل تیمار چهارم، مصرف شد. علاوه بر این از آنجا که میزان مصرف غذا در صبح بالاتر از عصر بوده باید گفت تیمار سوم که صبحها جیره با پروتئین پایینتری مصرف کرده، در مجموع تغذیه روزانه خود نسبت پروتئین به انرژی کمتری در مقابل تیمار دوم دریافت کرد. در واقع در اینجا زمان غذادهی توانسته روی نسبت پروتئین به انرژی دریافتی اثرگذار باشد. به عبارت دیگر در این آزمایش از تیمار اول به سمت تیمار چهارم به ترتیب نسبت پروتئین به انرژی دریافتی سیر نزولی داشت و به تبع آن با توجه به شکل ۱، میزان مصرف غذا از تیمار اول تا چهارم سیر صعودی داشت. به این ترتیب بهره‌برداری از انرژی و مواد مغذی هر جیره بستگی به سطح مصرف غذا و همچنین ترکیب آن دارد[۲۳]. همین نتایج در مورد قزل‌آلای رنگین کمان را به وسیله ازودو[2] و همکاران (۲۰۰۴) بیان کردند و در مطالعه آنها مصرف غذا با کاهش نسبت پروتئین قابل هضم به انرژی قابل هضم افزایش یافت[۱۹].

در این آزمایش روشن شد که زمان غذادهی روی مصرف غذا اثر دارد و ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان در صبح تمایل بیشتری برای مصرف غذا دارند. تغییر سطوح پروتئین جیره از حدود ۴۱% در دو وعده (تیمار اول) به ۳۶% در دو وعده (تیمار چهارم) روی کارایی تغذیه، رشد و FCR اثر نامطلوب گذاشت. نتایج این آزمایش نشان داد، کاهش ۵%

1. Gelineaue

2. Azevedo

پروتئین جیره در یک وعده، اختلاف معناداری از نظر رشد و کارایی تغذیه ایجاد نمی‌کند، اما با توجه به اینکه ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در حد تأمین نیازهایش غذا دریافت می‌کند، کاهش میزان پروتئین در یک وعده موجب افزایش کنترل موجود بر حفظ نسبت متوازن پروتئین به انرژی مصرفی می‌شود.

۵- سپاسگزاري

به این وسیله از آقای دکترغلامرضا رفیعی استادیار گروه شیلات و محیطزیست دانشکده منابع طبیعی کرج، مهندس فرهاد عطایي از آموزشکده محیط زیست و همچنین از اعضای هیأت مدیره شرکت آریا آبزی گستر به‌دلیل خدماتی که در اختیار اجرای این آزمایش قرار داده‌اند، سپاسگزاری می‌شود.

۶- منابع

[1] Avnimelech Y.; «Carbon/Nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems»; *Aquaculture*; 1999; 176: 227-235.

[2] Cowey C. B.; «Protein and amino acid requirement: A critique of methods. Journal of Applied Ichthyology»; 1995; 11: 199-204.

[3] Leung K. M. Y., Chu J. C. W., Wu R. S. S.; «Interacting effects of water temperature and dietary protein levels on post-prandial ammonia excretion by the areolated grouper *Epinephelus areolatus* (Forskal)»; *Aquaculture Research;* 1999; 30: 793-798.

[4] Mackenzie D. S., Vanputte C. M., Leiner K. A.; «Nutrient regulation of endocrine function in fish»; *Aquaculture*; 1998; 16: 3-25.

[5] Jobling M., Koskela J., Pirhonen J.; «Feeding time, feed intake and growth of Baltic salmon, *Salmo salar*, and brown trout, *Salmo trutta*, reared in monoculture and duoculture at constant low temperature»; *Aquaculture*; 163: 73-84.

[6] Spieler R. E.; Feeding - entrained circadian rhythms in fishes. In Rhythms in Fishes (Ali, A., ed). Plenum Press. New York; 1992; pp. 137-147.

[7] Bolliet V., Cheewasedtham C., Houlihan D., Gelineau A.; Boujard T.; Effect of feeding time on digestibility, growth performance and protein metabolism in the rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*: interactions with dietary fat levels, Aquatic Living Resources. 13(2): 107-113.

[8] Gelineau A., Medale F., Boujard T.; «Effect of feeding time on post prandial nitrogen excretion and energy expenditure in rainbow trout»; *Journal of Fish Biology*; 1998; 52: 655-664.

[9] Guillaume J., Kaushik S., Bergot P., Metailler R.; «Nutrition and Feeding of Fish and Crustaceans; Springer and Praxis Publishing; Chichester; U.K; 2001.

[10] Yamamoto T., Shima T., Furuita H., Shiraishi M., Sanchez-Vazquez F. J., Tabata M.; «Self-selection of diets with different amino acid profiles by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)»; *Aquaculture*; 2000; 187: 375-386.

[11] Boujard T., Gelineau A., Corraze G.; «Time of a single daily meal influences growth performance in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*»; *Aquaculture Research*; 1995; 26:341-349.

[12] Lichon M. J.; Sample preparation. In: Handbook of Food Analysis; Ed. Nollet, L. M. L. Volume 1. Marcel Dekker. New York; 1996; pp. 1-19.

[13] AOAC (Association of Official Analytical Chemists); Official Methods of Analysis AOAC; Washington, DC; 1990; 1963 p.

[14] Petterson D. S., Harris, D. J., Rayner C. J., Blakeney A. B., Choct M.; «Methods for the analysis of premium livestock grains»; *Australian Journal of Agricultural Research*; 1999; 50: 775-787.

[15] Farhangi M., Carter C. G.; «Growth, physiological and immunological responses of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to different dietary inclusion levels of dehulled lupin (*Lupinus angustifolius*)»; *Aquaculture Research*; 2001; 32 (Suppl. 1): 329-340.

[16] APHA; Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (20th ed.); American Public Health Association. American Water Works Association, Water Environment Federation, Washington; DC; 1998.

[۱۷] بصیری ع.؛ طرحهای آماری در علوم کشاورزی؛ چاپ هفتم؛ دانشگاه شیراز؛ ۱۳۸۰؛ ص۵۱.

[۱۸] مشکوة روحانی، آ.؛ «بررسی اثر نسبتهای مختلف کربوهیدرات به چربی در دو سطح پروتئین روی رشد، ترکیب بدن و شاخص هپاتوسوماتیک ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)»؛ *پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد*؛ دانشگاه تربیت مدرس؛ ۱۳۸۲.

[19] Azevedo P.A., Lesson S., Cho C.Y., Bureau D. P.; «Growth, nitrogen and energy utilization of juveniles from four salmonid species: diet, species and size effects»; *Aquaculture*; 2004; 234: 393-414.

[20] Gelineau A., Bolliet V., Corraze G., Boujard T.; «The combined effects of feeding time and dietary fat levels on feed intake, growth and body composition in rainbow trout»; *Aquatic Living Reasources*; 2002; 15: 225-230.

[21] Lee M. S., Geon I. J.; Lee Y. J.; «Effects of digestible protein and lipid levels in practical diets on growth, protein utilization and body composition of juvenile rockfish (*Sebastes schlegeli*)»; *Aquaculture*; 2002; 211: 227-239.

[22] Rasmussen R. S., Ostenfeld T. H., McLean E.; «Growth and feed utilisation of rainbow trout subjected to changes in feed lipid concentrations»; *Aquaculture International*; 2000; 8: 531-542.

[23] Cho C. Y., Bureau D. P.; «Determination of the energy requirements of fish, particularly with reference to salmonids»; *Journal of Applied Ichthyology*; 1995; 11:141-163.

[24] Melo J. F. B., Lundstedt L. M., Meton I., Baanante I. V., Moraes G.; Effects of dietary levels of protein on nitrogenous metabolise of *Rhamdia quelen* (Teleostei: Pimelodidae); Comparative Biochemistry and Physiology. Ms. 11972 ReRevised-section A; 2006.

[25] Baras E., Melard C., Grignard J. C.; Thoreau X.; Comparison of food conversion by pirapatinga (*Piaractus brachypomus*) under different feeding times; The Progressive Fish-Culturist; 1996; 58: 59-61.

[26] Sanchez-Vazquez F. J., Tabata M.; «Circadian rhythms of demand-feeding and locomotor activity in rainbow trout»; *Journal of Fish Biology*; 1998; 52: 255-267.