تاثير نسبت‌هاي مختلف كربوهيدرات به چربي در دو سطح متفاوت از پروتئين بر رشد، تركيبات بدن و شاخص هپاتوسوماتيك ماهي قزل‌آلاي رنگين‌كمان (*Oncorhynchus mykiss*)

آرزو مشكوه روحاني[۱]، عبدالمحمد عابديان*[۲] و فريد شريعتمداري[۳]
[۱] دانش آموخته كارشناسي‌ارشد شيلات، دانشگاه تربيت مدرس، ايران
[۲] استاديارگروه شيلات، دانشكده منابع طبيعي و علوم دريايي، دانشگاه تربيت مدرس، ايران
[۳] دانشيار گروه علوم دامي، دانشكده كشاورزي، دانشگاه تربيت مدرس، ايران
(تاريخ دريافت: ۸۳/۲/۷، تاريخ تصويب: ۸۴/۱۱/۹)

چكيده

در اين تحقيق اثر نسبت‌هاي مختلف كربوهيدرات به چربي در دو سطح از پروتئين بر عملكرد رشد، تركيب شيميايی بدن و شاخص هپاتوسوماتيك ماهي قزل‌آلاي رنگين‌كمان بررسي شد. بدين منظور از ماهياني با ميانگين وزن اوليه ۰/۵۵±۶۰ گرم استفاده شد. پرورش ماهی در مخازن ۱۰۰۰ ليتري كه با ۵۰۰ ليتر آب پر شده بود، به مدت ۶۰ روز انجام پذيرفت. آزمايش به روش فاكتوريل دو عامله با ۲ سطح پروتئين (۴۰ و ۴۵ %) و ۴ نسبت كربوهيدرات به چربي (۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲) در سه تكرار و به صورت طرح كاملا تصادفي انجام گرفت. مقدار انرژي جيره‌ها تقريبا ثابت و معادل ۴۰۰۰ Kcal/Kg در نظر گرفته شد. غذاي مصرفي روزانه بر اساس دو درصد از وزن توده زنده هر حوضچه دو مرتبه در روز به مصرف رسيد. وزن توده زنده حوضچه‌ها هر ۱۴ روز يك بار طي عمل زيست سنجي تعيين و شاخص‌هاي رشد محاسبه شدند. نتايج حاصله نشان داد كه با افزايش مقدار پروتئين، بين تيمارها از نظر شاخص‌هاي رشد تفاوت معني‌داري نبوده است ($p\geq ۰/۰۵$) و شاخص‌هاي رشد (افزايش وزن بدن، كارايي پروتئين و ضريب رشد ويژه) با زياد شدن پروتئين افزايش پيدا نكردند. ضريب تبديل غذايي و شاخص قيمت نيز در سطح پروتئين كمتر (۴۰ درصد) وضعيت بهتري داشتند. از طرفي با افزايش نسبت كربوهيدرات به چربي (افزايش كربوهيدرات و كاهش چربي) نيز بين تيمارها از نظر شاخص‌هاي رشد تفاوت معني‌داري ديده نشد ($p\geq ۰/۰۵$) ، ولي در مجموع در نسبت كربوهيدرات به چربي ۰/۵ وضعيت بهتر بوده است. نتايج اين تحقيق نشان داد كه سطوح پروتئيني كمتر(۴۰%) و نسبت كربوهيدرات به چربي ۰/۵ بدون اينكه اثر منفي روي تركيبات بدن و عملكرد كبد داشته باشند، بهترين حالت را از نظر عملكرد رشد ايجادكردند.

واژه‌های كليدي: قزل‌آلاي رنگين‌كمان،تغذيه، پروتئين، نسبت كربوهيدرات به چربي، عملكرد رشد، تركيب شيميايی بدن وشاخص هپاتو سوماتيك

*نويسنده مسئول: تلفن: ۳- ۰۱۲۲-۶۲۵۳۱۰۱ فاكس: ۰۱۲۲-۶۲۵۳۴۹۹ E-mail: aabedian@modares.ac.ir

مقدمه

از مهم‌ترین چالش‌هایی که توسعه پرورش آبزیان در سال‌های آینده در پیش رو خواهد داشت، تامین غذای مناسب از نظر کمیت، کیفیت و قیمت، برای آبزیان پرورشی است. بنابر این با توجه به روند رو به رشد آبزي پروري در ایران و نیاز فراوان به غذاي دستی در سال‌هاي آتي، توجه بیشتر به‌این مسئله و تولید غذاي مناسب و مرغوب بر بازده اقتصادي تولید اثر تعیین‌کننده دارد و موجبات توسعه و تولید پایدار این صنعت را فراهم مي‌آورد. مسئله تغذیه و غذا در پرورش ماهي قزل‌آلاي رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با توجه به گوشتخوار بودن این موجود و وابستگي زیاد آن به غذای‌دستی، بسیار قابل توجه است. در تغذیه آبزیان، علاوه بر مواد مغذي و تعادل بین ترکیبات غذایي، مبحثي با نام Protein sparing یا جایگزیني پروتئین با مواد انرژي زاي غیر پروتئیني مثل کربوهیدرات‌ها و چربي‌ها اهمیت بسزایي دارد. ماهي قزل‌آلاي رنگین‌کمان نیز چون یك ماهي گوشتخوار است، پروتئین را هم برای فعالیت‌های آنابولیکی (رشد) و هم برای فعالیت‌های کاتابولیکی (تامین انرژی) به سایر منابع تامین‌کننده انرژی مثل کربوهیدرات‌ها و چربي‌ها ترجیح می‌دهد (۶) به طوري‌که بیش از ۴۳ درصد انرژي مورد نیاز ماهي قزل‌آلاي رنگین‌کمان از پروتئین جیره تامین مي‌شود (۵) که‌این مورد موجب افزایش قیمت غذا می‌شود، بنابراین جایگزینی منابع غذایي غیر پروتئینی (کربو هیدرات‌ها و چربي‌ها) به جای منابع پروتئینی در جیره‌این ماهي ضروری به نظر می‌رسد. وجود مواد انرژي زا مانند کربوهیدرات و چربي از اکسید شدن پروتئین و تولید انرژي از این منبع مي‌کاهد و بدین ترتیب کارایي پروتئین افزایش مي‌یابد.کربوهیدرات‌ها جزء منابع ارزان‌قیمت، فراوان و سهل‌الوصول انرژي به شمار مي‌آیند، ولي هضم و استفاده متابولیکي از آنها در بیشتر ماهیان استخواني بخصوص ماهیان گوشتخوار محدود است. چربي‌ها هم به‌عنوان منبع بالقوه انرژي، ارزش انرژی زایي بیشتری نسبت به کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها دارند. در ماهی قزل‌آلای رنگین کمان نیز چربي‌ها تا حدود بیشتری نسبت به کربو هیدرات‌ها می‌توانند نقش پروتئین براي تامین انرژي را به‌عهده بگیرند (۱۶، ۲۲)، ولی افزایش مقدار چربی ازحد معیني درجیره غذایی موجب کاهش رشد می‌شود (۲۱)، چنانچه منابع غیر پروتئینی یعنی کربوهیدرات‌ها و چربي‌ها در جیره به حالت متعادل و متناسب با پروتئین استفاده شوند، می‌توانند از شکسته شدن پروتئین برای تولید انرژی جلوگیري کرده و خود انرژی مورد نیاز را تامین کنند. دراین صورت پروتئین فقط برای تولید بافت جدید و رشد به کار می رود و به‌این ترتیب کارایي پروتئین افزایش می یابد (۱۴). در این تحقیق با توجه به اهمیت تغذیه ماهي قزل‌آلاي رنگین‌کمان سعي شده که نسبت مناسب کربوهیدرات به چربي در جیره غذایي این ماهي در سطوح پروتئیني متفاوت تعیین و عملکرد این نسبت‌ها، روي رشد، ترکیبات شیمیایی بدن و وضعیت کبد بررسي شود.

مواد و روش‌ها

ابتدا مواد اولیه مورد نیاز برای تهیه جیره‌های غذایی شامل پودر ماهی، پودر گوشت، آرد گندم، کنجاله سویا، آرد ذرت، سبوس گندم، روغن ماهی، روغن سویا، مخلوط ویتامین، مخلوط مواد معدنی، آنتی اکسیدان، ضد قارچ، دی کلسیم فسفات، کولین کلراید، ویتامین ث و ماسه بادی به عنوان فیلر تهیه شد. بعد از انتقال به آزمایشگاه، آزمایش‌های تجزیه تقریبي مواد اولیه شامل پروتئین،چربی، رطوبت، خاکستر و فیبر به روش AOAC(1990) (جدول ۱) انجام شد. مقدار انرژی کل نیز با استفاده از دستگاه بمب کالریمتر اندازه‌گیری گردید. سپس جیره‌هاي غذایي بر اساس طرح مورد نظر تنظیم شدند. اساس تنظیم جیره‌های غذایي، نسبت‌های مختلف کربوهیدرات به چربی (۰/۵، ۱، ۲،۱/۵) و دو سطح پروتئین (۴۰ و ۴۵ درصد) بود. برای به دست آوردن این نسبت‌ها از سطوح کربوهیدرات ۱۰/۵، ۱۶، ۲۱ و۲۴ درصد و سطوح چربی ۲۱، ۱۶، ۱۴ و۱۲ درصد استفاده شد (۷). بنابراین در این آزمایش ۸ تیمار وجود داشت که ۳ تکرار برای هریک از تیمارها در نظر گرفته شد. درمجموع ۲۴ مخزن به‌صورت طرح کاملاً تصادفی (Completely Randomized Design) توزیع شدند. پس از انجام آزمایش های مربوط به تجزیه

تقريبي مواد اوليه، جيره نويسي براي تهيه هر يك از (Lindo) انجام شد (جدول۲).
جيره‌هاي آزمايشي با استفاده از نرم‌افزار رايانه‌اي ليندو

جدول۱ – نتايج تجزيه شيميايی مواد اوليه مصرف شده در هر يک از جيره‌های غذايي

نوع ماده اوليه غذايي / نوع ماده مغذی(%)	پودر ماهی	پودر گوشت	کنجاله سويا	آرد گندم	سبوس گندم
رطوبت	۱۰/۴۱	۱۰/۸۴	۱۲/۴	۱۴/۲۸	۱۴/۱
پروتيين خام	۴۹/۲۶	۳۵/۶۶	۳۸/۵۶	۱۱/۰۷	۱۲/۷۷
فيبر	۵/۱۵	۹/۹۵	۸/۱۵	۰/۵۵	۱۰/۷
چربی خام	۱۸/۵۲	۲۶/۴۸	۳/۳۵	۱/۹۷	۸/۸۳
خاکستر	۱۱/۱۵	۷/۴۵	۶/۴۵	۰/۴۵	۲/۶۵
(NFE)*	۵/۵۱	۱۰/۵۲	۳۱/۰۹	۷۲/۱۹	۵۰/۷۵
انرژی کل (Kcal/Kg)	۳۹۹۳/۹	۳۶۱۴/۵۶	۴۰۰۵/۰۸	۳۲۵۰/۶۶	۴۰۰۹/۴

* عصاره عاري از ازت (رطوبت+پروتئين+چربی+خاکستر+الياف) - ۱۰۰

جدول ۲- اجزا و تركيب غذايي هر يك از جيره‌هاي آزمايشي

نوع ماده اوليه مصرفی	ترکيب جيره آزمايشي (%)							
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
پودر ماهی	۴۱/۱۴	۳۸	۳۷/۰۹	۴۸/۰۴	۵۴/۳۸	۴۴/۴۸	۴۳/۲۶	۴۱/۹۷
پودر گوشت	۲۰	۲۰	۲۰	۳/۷۴	۲۰	۱۴/۳۹	۶/۳۲۵	۲/۷۲
کنجاله سويا	۱۹/۷۱۴	۲۰	۲۰	۲۰	۱۵/۷۵	۲۵	۳۳	۳۸
آرد گندم	۰	۰/۶۹	۱۱/۱۷	۲۰	۰	۶/۱	۱۰/۷۷	۱۱/۹۳
سبوس گندم	۰	۱۰	۵/۰۵	۰/۵۹	۰	۰	۰	۰
روغن ماهی	۲/۴۶	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰
روغن سويا	۵	۱/۵۷	۰	۰/۵	۲/۶۱	۰/۵	۰/۵	۰/۵
کولين کلرايد	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
مولتی ويتامين	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
مکمل مواد معدنی	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
آنتی‌اکسيدان	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
ضد قارچ	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵
دی کلسيم فسفات	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
ويتامين ث	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
(پرکن ماسه بادی)	۷/۵۷	۴/۹۴	۲/۰۵	۲/۵	۲/۶۱	۴/۹۱	۱/۵۲	۰/۷۵۹
جمع کل	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
قيمت غذا(ريال)	۳۹۷۳	۳۸۴۶	۳۸۳۰	۴۱۷۱	۴۶۲۳	۴۱۴۶	۴۱۴۹	۴۱۲۴

پس از جيره نويسي، ابتدا مواد اوليه مورد نياز توزين, سپس به داخل دستگاه مخلوط‌كن به ظرفيت ۴۵ كيلوگرم ريخته شد و پس از آن روغن و در نهايت آب با دماى ۸۰ درجه سانتيگراد براى تامين رطوبت لازم و شكل‌پذيرى به مخلوط اضافه شد. آنگاه مواد حاصل به مدت ۲۰ تا۳۰ دقيقه كاملا مخلوط شدند و پس از شكل‌پذيري، مخلوط حاصل از چرخ گوشت با قطر چشمه ۴ ميليمتر عبور داده شد (۳). حبه‌هاي خوراكي (Pellet) خارج شده از چرخ گوشت در دستگاه خشک‌كن برقي و خودكار با دماي ۶۰-۵۰ درجه سانتيگراد (۶) به مدت ۴ تا ۵ ساعت قرار داده شدند.

نتايج حاصل از تجزيه جيره‌هاي غذايي در جدول ۳ آمده است. نتايج نشان می‌دهند كه مقادير همان مقادیری هستند كه در جيره‌نويسی در نظر گرفته شده بود.

جدول ۳- نتايج تجزيه شيميايي جيره‌هاي غذايي

تركيبات جيره (%)	تيمار غذايي							
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸
پروتيين خام	۳۸/۸۱۵	۳۸/۷۶۱	۳۹/۹۴	۳۹/۶۵۵	۴۳/۲۹	۴۳/۱۹۳	۴۳/۱۲۵	۴۳/۱۰۷
چربي خام	۲۱/۳۴	۱۶/۳۳	۱۴/۲۴	۱۱/۸۹	۲۰/۹۸	۱۶/۴۷	۱۴/۲۷	۱۲/۲۲
فيبر	۷/۵۵	۸/۱۴	۶/۹۵	۵/۷۷	۴/۴۲	۴/۷۷	۳/۵۹	۳/۶۳
رطوبت	۵/۵۷۹	۵/۳۰۸	۵/۲۳	۵/۸۶	۵/۱۶	۵/۱۲۶	۵/۱۹۶	۵/۲۳۲
خاكستر	۱۶/۸	۱۵/۵	۱۲/۸	۱۲/۴	۱۵/۵	۱۴/۲	۱۲/۱	۱۱/۹
NFE	۱۰/۲۶	۱۵/۹۷	۲۰/۵	۲۴/۴۳	۱۰/۶۵	۱۶/۳۲	۲۱/۶۵	۲۳/۸۹
انرژي كل (Kcal/kg)	۴۰۲۴/۷۸	۴۰۴۳/۲۵	۴۰۴۷/۰۷	۴۰۲۷/۷۲	۴۰۲۵/۷۷	۴۰۴۳/۱۸	۴۰۳۸/۱۲	۴۰۱۹/۳۴

بعد از توليد جيره‌هاي آزمايشي (۸ نوع جيره مختلف)، غذاها به كارگاه شهيد باهنر كلاردشت، محل انجام تحقيق انتقال داده شدند. بعد از آماده سازي مخازن، ماهيان قزل‌آلای جوان با ميانگين وزن ۰/۵۵± ۶۰ گرم ازكارگاه تهيه و به تعداد ۲۵ قطعه به ازای هر تكرار به حوضچه‌های بتنی ۱۰۰۰ ليتري (به شكل مربع به ابعاد ۱*۱*۱ متر) كه با ۵۰۰ ليتر آب پر شده بود، معرفی شدند. بعد از يك هفته عادت‌پذيري ۲۰ قطعه ماهی به هر تكرار اختصاص داده شد. مقدار غذای مورد نياز هم با توجه به وزن ماهي و دماي آب ۲ درصد وزن توده زنده كل تعيين شد (۲۵). هر ۱۴ روز يك‌بار نيز زيست سنجي همه ماهي‌ها انجام مي‌شد. ميانگين تغييرات دمای آب در كل دوره بين ۱۲/۷۷- ۱۱/۱۷ درجه سانتيگراد بود. نوسانات pH آب در طول دوره پرورش به‌دليل جريان دائمي‌آب حوضچه‌ها كم و بين ۸/۴-۷/۸ در تغيير بود. برداشت محصول پس از پايان دوره هشت هفته‌ای پرورش انجام شد. از هر تكرار ۴ قطعه ماهی به صورت تصادفی انتخاب و پس از ثبت مشخصات آنها، منجمد وبرای تجزيه لاشه به آزمايشگاه برده شد. بعد از انتقال ماهي‌هاي منجمد شده به آزمايشگاه، لاشه ماهي‌ها از پوست و استخوان جدا و برای تجزيه تقريبي آماده شد. همچنين كبد همه ماهي‌ها جدا و توزين شد و نسبت آن به وزن بدن براي به دست آوردن شاخص هپاتو سوماتيك به دست آمد (۱۳)، مقدار رطوبت و چربی كبد نيز مطابق روش تجزيه تقريبي سنجش شد. بعد از دوره پرورش، مقدار افزايش وزن بدن، خوراك مصرفي،ضريب تبديل غذايي (FCR)، ضريب رشد ويژه (SGR)، شاخص وضعيت (CF)، شاخص هپاتوسوماتيک (HSI) (۱۳)، شاخص قيمت (۲) و كارايی پروتئين (PER) از طريق معادله‌هاي زير (۲۴) محاسبه شدند:

وزن اوليه - وزن پاياني = (گرم) افزايش وزن بدن
افزايش وزن بدن/ميزان غذاي مصرفي= (FCR) ضريب تبديل غذايي
۱۰۰ *{ روزهاي پرورش/ (lnw_2_lnw_1)} = (SGR) ضريب رشد ويژه
پروتئين مصرفي (گرم) / افزايش وزن بدن (گرم) = (PER) ميزان كارائی پروتئين
۱۰۰× ^{3} (طول(سانتيمتر)) / وزن (گرم)= (CF) شاخص وضعيت
قيمت يك كيلو گرم غذا × ضريب تبديل غذايي= شاخص قيمت
شاخص هپاتوسوماتيک (HSI) = وزن بدن / وزن كبد
وزن پاياني = W_2 وزن اوليه= W_1

تجزيه و تحليل آماري داده‌ها با استفاده از روش تجزيه واريانس دو طرفه (Two – Way ANOVA) و با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد و مقايسه ميانگين‌ها به كمك آزمون Tukey صورت گرفت و وجود يا نبود اختلاف معني‌دار در سطح ۵ درصد ($p\leq$۰/۰۵) بررسي شد.

نتايج

عملكرد رشد

مقايسه ميانگين شاخص‌هاي رشد ماهي قزل‌آلاي رنگين‌كمان نسبت به اثر سطوح پروتئين در جدول ۴ آمده است. نتايج نشان دادند كه بين سطوح ۴۰ و ۴۵ درصد از نظر شاخص‌هاي رشد شامل مقدار افزايش وزن بدن،غذاي مصرفي، ضريب تبديل غذايي، ضريب رشد ويژه، شاخص وضعيت و شاخص قيمت اختلاف معني‌داري مشاهده نشد ($p\geq$۰/۰۵). به‌طوركلی بين اين دو سطح پروتئين تغييرات محسوسی از نظر شاخص‌های رشد وجود نداشت، حتی در بعضی موارد با افزايش مقدار پروتئين، شاخص‌های رشد از نظر عددی كاهش نيز داشتند،ولي از نظر كارايي پروتئين بين اين دو سطح اختلاف معني‌دار بوده، به طوري‌كه در سطح پروتئين ۴۰ درصدكارايي پروتئين بيشتر بوده است.

جدول ۴- مقايسه ميانگين شاخص‌هاي رشد ماهي قزل‌آلاي رنگين‌كمان نسبت به اثر سطوح پروتئين*

سطوح پروتيين(%) عوامل رشد	۴۰	۴۵
افزايش وزن بدن(g)	۵۱/۹۵±۷/۷۶^a	۵۱/۶۵±۸/۴۹^a
مقدار غذاي مصرفي(g)	۸۵/۳۷± ۲/۹۱^a	۸۵/۶۷±۳/۶۹^a
ضريب تبديل غذايي(FCR)	۱/۶۷± ۰/۲۱^a	۱/۶۹±۰/۱۹^a
ضريب رشد ويژه(SGR)	۱/۱۴±۰/۱۳^a	۱/۱۴±۰/۱۳^a
كارايي پروتيين(PER)	۱/۵۴±۰/۱۹^b	۱/۳۹±۰/۱۷^a
شاخص وضعيت(CF)	۱/۳۷±۰/۱۲^a	۱/۳۱± ۰/۱۱^a
شاخص قيمت (تومان)	۶۶۰/۸۲±۸۴/۵۴^a	۷۱۶/۴۲±۶۴/۲۵^a
درصد بازماندگی	۱۰۰± ۰/۰^a	۱۰۰± ۰/۰^a

*ميانگين ±S.D , اعداد در يك رديف با حروف متفاوت اختلاف معني‌داری دارند ($p\leq$۰/۰۵)

نتايج اثر نسبت‌هاي مختلف كربوهيدرات به چربي بر شاخص‌هاي رشد ماهي قزل‌آلاي رنگين‌كمان در جدول ۵ ارائه شده است. نتايج نشان دادند كه با افزايش نسبت كربوهيدرات به چربي يعني افزايش كربوهيدرات و كاهش چربي، شاخص‌هاي رشد نيز كاهش يافتند، به طوري‌كه در نسبت كربوهيدرات به چربي ۰/۵ تمامي‌شاخص‌هاي رشد داراي وضعيت بهتري بودند، ولي در مجموع بين نسبت‌هاي كربوهيدرات به چربي از نظر شاخص‌هاي رشد اختلاف معني‌داری ديده نشد ($p\geq ۰/۰۵$).

جدول ۵- مقايسه ميانگين شاخص‌هاي رشد ماهي قزل‌آلاي رنگين‌كمان نسبت به اثر نسبت‌هاي مختلف كربوهيدرات به چربي*

نسبت‌هاي كربوهيدرات به چربي / عوامل رشد	۰/۵	۱	۱/۵	۲
افزايش وزن بدن(g)	۵۸/۱ ±۷/۷۹^{a}	۵۲/۱۴±۹/۳۱^{a}	۴۸/۴۵±۵/۱۷^{a}	۴۸/۴۴±۶/۴۳^{a}
مقدار غذاي مصرفي(g)	۸۷/۵۷ ± ۲/۸۹^{a}	۸۵/۴۷ ±۴/۰۷^{a}	۸۴/۴۷±۲/۷^{a}	۸۴/۵۷± ۲/۹۵^{a}
ضريب تبديل غذايي (FCR)	۱/۵۳± ۰/۱۸^{a}	۱/۶۷± ۰/۲۲^{a}	۱/۷۶± ۰/۱۴^{a}	۱/۷۷ ±۰/۱۷^{a}
ضريب رشد ويژه(SGR)	۱/۲۵ ± ۰/۱۳^{a}	۱/۱۵± ۰/۱۴ ^{a}	۱/۵±۰/۰۸^{a}	۱/۰۸ ± ۰/۱۱^{a}
كارايي پروتئين (PER)	۱/۶۲±۰/۱۹^{a}	۱/۴۹±۰/۱۹^{a}	۱/۳۸± ۰/۱۴^{a}	۱/۳۹±۰/۱۸^{a}
شاخص وضعيت(CF)	۱/۴۲±۰/۱۳^{a}	۱/۳۶±۰/۰۹^{a}	۱/۳۱± ۰/۱^{a}	۱/۲۸± ۰/۱۲^{a}
شاخص قيمت (تومان)	۶۵۴/۶±۸۱/۴^{a}	۶۶۶/۸±۸۴/۲۳^{a}	۷۰۱/۲±۷۳/۴^{a}	۷۳۱/۸±۱۸/۷^{a}
درصد باز ماندگي	۱۰۰± ۰/۰^{a}	۱۰۰± ۰/۰^{a}	۱۰۰± ۰/۰^{a}	۱۰۰± ۰/۰ ^{a}

*ميانگين ±S.D , اعداد در يك رديف با حروف متفاوت اختلاف معني داری دارند $p\leq ۰/۰۵$)

همچنين اثر متقابل معنی‌داری($p\geq ۰/۰۵$) بين سطوح مختلف پروتئين و نسبت‌های كربوهيدرات به چربی از نظر شاخص‌هـای رشد وجود نداشت (جدول ۶).

جدول ۶- وجود يا نبود تاثيرات معنی‌دار متغيرها بر شاخص‌های رشد

شاخص‌های رشد / اثر متغيرها	افزايش وزن بدن	افزايش طول بدن	ميزان غذای مصرفی	ضريب تبديل غذا	ضريب رشد ويژه	كارايی پروتئين	شاخص وضعيت	شاخص قيمت
اثر سطوح پروتئين	۰/۹۲۳	۰/۲۶۵	۰/۸۱	۰/۸۲۵	۰/۹۷۳	۰/۰۴ *	۰/۱۶۵	۰/۰۹
اثر سطوح نسبت‌ها	۰/۱۳۱	۰/۹۳۸	۰/۳۰۷	۰/۱۵۱	۰/۱۱۵	۰/۰۹۱	۰/۱۳	۰/۳۳
اثر متقابل پروتئين و نسبت‌ها	۰/۴۹	۰/۶۳	۰/۱۷	۰/۶۱	۰/۵۴	۰/۸۳	۰/۲۹۴	۰/۷۶

* دارای اثر معنی‌دار در سطح ۵ درصد است ($p\leq ۰/۰۵$)

ترکیبات بدن

نتايج حاصل از تاثير سطوح پروتئين جيره در تركيبات لاشه ماهي قزل‌آلاي رنگين‌كمان در جدول۷ آمده است. مطابق اين جدول، بين سطوح مختلف پروتئين اختلاف معني‌داري در هيچ يك از تركيبات لاشه شامل پروتئين، چربي، خاكستر، رطوبت و انرژي مشاهده نشده است. در سطح پروتئين ۴۰ درصد، مقدار پروتئين لاشه بيشتر از سطح پروتئين ۴۵ درصد بوده، ولي انرژي لاشه در سطح پروتئين ۴۵ درصد بيشتر از ۴۰ درصد بوده است.

نتايج اثر نسبت‌هاي كربوهيدرات به چربي بر تركيب لاشه ماهي قزل‌آلاي رنگين‌كمان (جدول۸) نشان مي‌دهد كه بين نسبت‌هاي مختلف كربوهيدرات به چربي اختلاف معني‌داري در مقدار رطوبت، خاكستر و انرژي ديده نشد،اما از نظر مقدار پروتئين و چربي لاشه، بين نسبت‌ها اختلاف معني‌داری مشاهده شده است ($p\leq ۰/۰۵$). كمترين مقدار پروتئين و بيشترين مقدار چربي در نسبت كربوهيدرات به چربي ۰/۵ و بيشترين مقدار پروتئين و كمترين مقدار چربي لاشه در نسبت ۲ ديده شده است.

جدول ۷- مقايسه ميانگين تركيبات بدن ماهي قزل‌آلاي رنگين‌كمان نسبت به سطوح پروتئين*

سطوح پروتئين(%) ⟵ ⟸ تركيبات لاشه(%)	۴۰	۴۵
رطوبت	۷۳/۸۵±۲/۹۳[a]	۷۵/۱۸±۰/۶۴[a]
خاكستر	۴/۲۱± ۰/۱۷[a]	۴/۳۴ ± ۰/۲۴[a]
چربي خام	۱۸/۳۶ ± ۱/۷۷[a]	۱۸/۳± ۲/۳۷[a]
پروتئين خام	۷۷/۵۸±۳/۷[a]	۷۵/۴۵± ۴/۰۹[a]
انرژي كل (Kcal/Kg)	۵۲۲۲/۱۸ ±۲۸۷/۷۱[a]	۵۵۵۷/۵۵± ۲۷۵/۳۴[a]

* ميانگين ±S.D , اعداد در يك رديف با حروف متفاوت داراي اختلاف معني دارند ($p\leq ۰/۰۵$)

جدول ۸- مقايسه ميانگين تركيبات بدن نسبت به اثر نسبت‌هاي مختلف كربوهيدرات به چربي*

نسبت‌ها ⟵ ⟸ تركيبات لاشه(%)	۰/۵	۱	۱/۵	۲
رطوبت	۷۳/۰۲±۳/۹۹[a]	۷۵/۱۱±۰/۷۷[a]	۷۴/۹۳±۰/۹ [a]	۷۵/۰۰±۱ [a]
خاكستر	۴/۲۷±۰/۳[a]	۴/۱۲±۰/۱۶ [a]	۴/۳۹±۰/۱ [a]	۴/۳۳±۰/۱۹[a]
پروتئين خام	۷۳/۴۷± ۳/۲۵[a]	۷۵/۰۱±۳/۸۸[ab]	۷۸/۲± ۳/۰۷[ab]	۷۹/۴ ± ۳/۴ [b]
چربي خام	۲۱/۱۴±۰/۷۱ [a]	۱۹/۰۳±۰/۴۲ [c]	۱۷/۱± ۰/۵۸ [b]	۱۶/۰۶± ۰/۳۶ [a]
انرژي كل (kcal/kg)	۵۶۰۸/۳±۷۷/۳[a]	۵۵۲۰/۷±۸۶/۳۶ [a]	۵۴۶۱/۸±۱۲۷/۵ [a]	۵۸۶۸/۹±۴۹/۷۹ [a]

*ميانگين ±S. D , اعداد در يك رديف با حروف متفاوت داراي اختلاف معني دار ند ($p\leq ۰/۰۵$)

همچنين به غير از چربی بدن اثر متقابل معنی‌داری ($p\geq ۰/۰۵$) بين سطوح مختلف پروتئين و نسبت‌های كربوهيدرات به چربی از نظر تركيبات بدن وجود نداشت (جدول ۹).

جدول ۹- وجود يا نبود تاثيرات معنی‌دار متغيرها بر تركيبات بدن

تركيبات بدن اثر متغيرها	پروتئين	چربی	خاكستر	رطوبت	انرژي كل
اثر سطوح پروتئين	۰/۱۵۵	۰/۷۵	۰/۰۹	۰/۱۲۶	۰/۴۴۸
اثر سطوح نسبت‌ها	۰/۰۳۸ *	۰/۰۰۰ *	۰/۱۰۹	۰/۲۵۸	۰/۲۳۶
اثر متقابل پروتئين و نسبت‌ها	۰/۸۳۱	۰/۰۰۸ *	۰/۲۹۷	۰/۳۱	۰/۵۲۵

* دارای اثر معنی‌دار در سطح ۵ درصد است($p\leq ۰/۰۵$)

وضعيت كبد و شاخص هپاتوسوماتيك

تاثير سطوح پروتئين و نسبت‌هاي كربوهيدرات به چربي بر شاخص هپاتوسوماتيك و وضعيت كبد در جدول هاي ۱۰ و ۱۱ آمده است. مطابق اين جداول، بين سطوح پروتئين و نسبت‌هاي كربوهيدرات به چربي از نظر شاخص هپاتوسوماتيك اختلاف معني‌داري نبوده، ولي با افزايش نسبت كربوهيدرات به چربي، شاخص هپاتوسوماتيك نيز افزايش داشته است، به طوري‌كه بيشترين مقدار آن در نسبت ۲ و كمترين آن در نسبت ۰/۵ ديده شده است. از نظرمقدار چربي كبد نيز بيشترين مقدار مربوط به نسبت ۲ و كمترين آن مربوط به نسبت ۰/۵ بوده است. همچنين ديده شده كه از نظر چربی كبد اثر متقابل معنی‌داری بين پروتئين و نسبت‌ها وجود داشت (جدول ۱۲).

جدول۱۰- مقايسه ميانگين شاخص هپاتوسوماتيك و آناليز كبد نسبت به سطوح پروتئين*

نتايج بررسي كبد⇦ سطوح پروتئين⇩	شاخص هپاتوسوماتيك	مقدار رطوبت كبد	مقدار چربي كبد
۴۰	۱/۴۴± ۰/۱۷^{a}	۷۱/۴۷±۰/۸۹^{a}	۱۳/۲۳±۰/۷۱^{a}
۴۵	۱/۳۸± ۰/۱۸^{a}	۷۱/۵۵± ۰/۴۹^{a}	۱۳/۲۹ ±۱/۸۲^{a}

* ميانگين ±S.D , اعداد در يك ستون با حروف متفاوت داراي اختلاف معني‌دارند ($p\leq ۰/۰۵$)

جدول ۱۱- مقايسه ميانگين شاخص هپاتوسوماتيك و آناليز كبد نسبت به نسبت‌هاي مختلف كربوهيدرات به چربي*

نتايج بررسي كبد⇩ نسبت‌هاي كربوهيدرات به چربي⇨	شاخص هپاتوسوماتيك	مقدار رطوبت كبد	مقدار چربي كبد
۰/۵	۱/۳۲ ± ۰/۱۲^{a}	۷۱/۵۴±۰/۵۹^{a}	۱۱/۹۸±۰/۵۳^{a}
۱	۱/۴ ± ۰/۲۱^{a}	۷۱/۷۶±۰/۵۵^{a}	۱۲/۲۹±۰/۷۶^{b}
۱/۵	۱/۴۱± ۰/۰۸^{a}	۷۱/۴۲±۰/۷۲^{a}	۱۴/۷±۰/۴۵^{c}
۲	۱/۵۲ ± ۰/۲۱^{a}	۷۱/۳۲±۰/۹۸^{a}	۱۴/۰۸±۰/۹۹^{d}

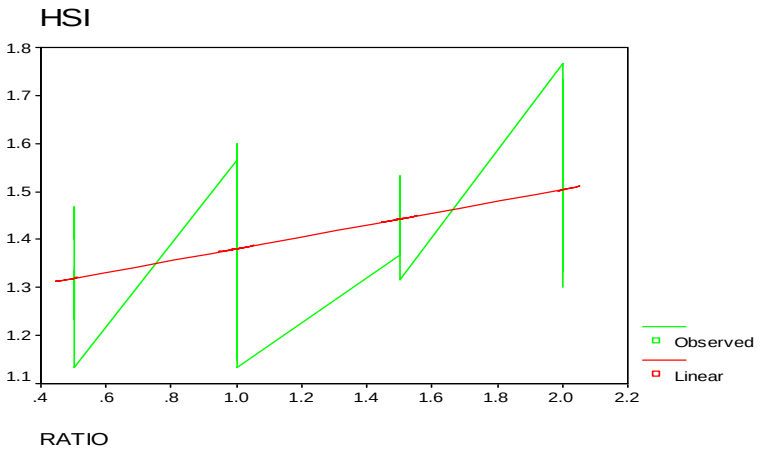
*ميانگين ±S.D , اعداد در يك ستون با حروف متفاوت داراي اختلاف معني‌دارند ($p\leq ۰/۰۵$)

جدول ۱۲- وجود یا نبود تاثیرات معنی‌دار متغیرها بر شاخص‌های کبدی

شاخص کبدی اثر متغیرها	شاخص هپاتوسوماتیک	چربی کبد	رطوبت کبد
اثر سطوح پروتئین	۰/۴۶۶	۰/۱۱	۰/۷۶
اثر سطوح نسبت‌ها	۰/۳۱۶	۰/۰۰۰ *	۰/۷۰۴
اثر متقابل پروتئین و نسبت‌ها	۰/۹۲	۰/۰۰۰ *	۰/۱۲۱

* دارای اثر معنی‌دار در سطح ۵ درصد است($p\leq ۰/۰۵$)

نتايج مربوط به ضريب همبستگي بين نسبت‌هاي كربوهيدرات به چربي و شاخص هپاتو سوماتيك ماهيانی كه از اين جيره‌ها تغذيه كردند (شكل ۱)، نشان می‌دهد كه بين شاخص هپاتوسوماتيك و افزايش نسبت كربوهيدرات به چربي همبستگي مثبت معنی‌داری وجود داشت ($p\leq ۰/۰۵$). مقدار ضريب همبستگي (R) بين اين دو عامل ۰/۴۱۴ بوده است.



شكل ۱- همبستگي بين نسبت‌هاي كربوهيدرات به چربي **(Ratio)** و شاخص هپاتوسوماتيك**(HSI)**

بحث

با افزايش پروتئين از ۴۰ به ۴۵ درصد، تفاوت معنی‌داری از نظر شاخص‌های رشد مشاهده نشد. اين مطلب نشان می دهد كه در اين مرحله از رشد، مقدار پروتئين ۴۰ درصد مي‌تواند براي رشد كافي باشد و به طور كامل اسيد آمينه‌هاي ضروري براي رشد را در اختيار موجود قرار دهد. به‌نظر مي‌رسد، افزايش مقدار پروتئين از اين حد در جيره، بدن را با مشكل دفع اسيد آمينه‌هاي آزاد ناشي از هضم پروتئين روبه رو مي‌كند.با افزايش سطح پروتئين در جيره، فعاليت آنزيم‌هاي تجزيه كننده اسيدهاي آمينه در كبد ماهي افزايش مي‌يابد تا بتواند اسيدهاي آمينه اضافي را اكسيد كند (۱۵) كه هم اكسيد كردن اسيدآمينه و هم دفع ازت هاي ناشي از آمين زدايي آنها انرژي زيادي را مصرف مي‌كند كه موجب كاهش كارايي پروتئين و انرژي و درنتيجه رشد مي‌شود. يافته‌هاي محققان ديگر هم اين نتيجه را تاييد مي‌كند. مورات و همكاران (۲۰۰۲) گزارش كردند كه مقدار پروتئين، در جيره ماهي قزل‌آلاي رنگين‌كمان، در مرحله پرواري مي‌تواند از ۴۷ به ۴۲ درصد برسد، بدون اينكه سرعت رشد، مقدار افزايش وزن و بازده غذايي را تحت تاثير قرار دهد و به اين ترتيب علاوه بر مسئله كاهش قيمت از آلودگي ناشي از شكسته شدن پروتئين اضافي براي تامين انرژي، به مقدار ۲۷ درصد

كاسته مي‌شود. عليزاده (۱۳۷۹) نيز طي تحقيقي كه در آن اثر نسبت‌هاي مختلف پروتئين به انرژي را روي شاخص‌هاي رشد ماهي قزل‌آلاي رنگين‌كمان بررسي كرد، همين نتيجه را به دست آورد. در اين آزمايش از سطوح پروتيين ۳۵، ۴۰ و۴۵ درصد، مقدار انرژي KCal/100g ۴۳۰ و نسبت‌هاي پروتئين به انرژي ۸۱/۴، ۹۳ و ۱۰۴/۶ ميلی گرم پروتئين بر كيلو كالری انرژی استفاده شده بود و گزارش شد كه بين سطوح پروتئيني در تيمارهای مختلف تفاوت معني‌داری وجود نداشته است. با وجود اين شاخص‌هاي رشد ماهيان تغذيه‌شده با پروتئين ۳۵ درصد وضعيت بهتري داشتند. بدين ترتيب نتايج اين تحقيق از طريق نظريات ارائه‌شده تاييد می شود و بيانگر آن است كه اگر سطح انرژي مورد نياز ماهي با استفاده از مقادير مشخص و متعادل از منابع تامين‌كننده انرژي (كربوهيدرات و چربي) تامين و حفظ شود، مي‌توان با در نظر گرفتن حداقل پروتئين، حداكثر رشد را فراهم كرد. نتايج حاصل از اثر نسبت‌هاي مختلف كربوهيدرات به چربي بر شاخص‌هاي رشد در اين تحقيق، نشان می دهدكه با افزايش نسبت كربوهيدرات به چربي يعني افزايش كربوهيدرات و كاهش چربي بين تيمارها از نظر شاخص‌هاي رشد تفاوت معني‌داری ديده نشده است) ($p\geq$۰/۰۵)، ولي از نظر عددي، مقدار افزايش وزن و غذاي مصرفي در نسبت كربوهيدرات به چربي ۰/۵ (۱۰/۵ : ۲۱) بيشتر از بقيه نسبت‌ها بوده و ضريب تبديل غذايي هم در اين نسبت كمترين و بهترين حالت را داشته است. همچنين با افزايش نسبت كربوهيدرات به چربي از ضريب رشد ويژه و كارايي پروتئين و شاخص وضعيت كاسته شده است، به طوري‌كه بيشترين كارايي پروتئين و ضريب رشد ويژه در نسبت كربوهيدرات به چربي ۰/۵ (۱۰/۵: ۲۱) و كمترين آن در نسبت كربوهيدرات به چربي۲ (۲۴ : ۱۲) بوده است. اين مورد ممكن است به علت كم بودن قابليت هضم منابع كربوهيدرات نسبت به منابع چربي باشد. چربي‌ها هم قابليت هضم بيشتري دارند و هم در واحد وزن، انرژي بيشتري را توليد مي‌كنند، ولي كربوهيدرات‌ها قابليت هضم كمتری دارند و انرژي قابل هضم كمتري را در اختيار ماهي قرار مي‌دهند. در نتيجه وقتي منبع تامين‌كننده انرژي اغلب كربوهيدرات باشد، نسبت به جيره‌هايي كه منبع تامين انرژي آنها بيشتر چربي است، حتي اگر از نظر انرژي خام (Gross Energy) با هم يكسان باشند، انرژي قابل هضم (Digestible Energy) كمتري را در اختيار موجود قرار مي‌دهند و چون ماهي ابتدا به منظور تامين نيازهاي انرژي خود تغذيه مي‌كند و در صورت تامين اين انرژي، مازاد آن را براي توليد بافت و رشد مصرف مي‌كند، پس چربي به علت تامين انرژي بيشتر، بهتر مي‌تواند نيازهاي انرژي موجود را برطرف كند و موجب افزايش بازده و كارايي پروتئين و رشد شود.

تسين سادز نيز در سال ۱۹۹۱ گزارش كرد كه در سطح انرژي پايين‌تر، مقداري از پروتئين مصرفي، صرف تامين انرژي می شود و مسير كاتابوليسم را طي مي‌كند و از اين رو كاهش استفاده از پروتئين براي رشد در نسبت‌هاي كربوهيدرات به چربي بالاتر موجب كاهش رشد و كارايي پروتئين و ضريب رشد ويژه و افزايش ضريب تبديل غذايي مي شود. در نسبت‌هاي پايين تر كربوهيدرات به چربي (سطوح چربي بالاتر و كربوهيدرات پايين‌تر) به علت بالاتر بودن قابليت هضم منابع چربي نسبت به منابع كربوهيدرات خام، انرژي مورد نياز ماهي قزل‌آلاي رنگين كمان، بيشتر و بهتر تامين شده و موجب مي‌شود تا از پروتئين بيشتر در مسير آنابوليسم (رشد و نمو) استفاده شود و پروتئين كمتري در مسير كاتابوليسم قرار بگيرد. در حقيقت، اين تحقيق نشان مي‌دهد كه منابع چربي بيشتر از منابع كربوهيدراتي مي‌توانند در جايگزيني پروتئين يا protein sparing نقش داشته باشند. ولي در تحقيق براگ و همكاران(۱۹۹۴) كه از سطوح كربوهيدرات (كربوهيدرات ژلاتيني) به ميزان ۲۴ -۸ درصد و چربي ۱۱/۱-۵/۷ درصد استفاده شده بود، بين تيمارهايي كه پروتئين و انرژي يكساني داشتند، از نظر هيچ كدام از شاخص‌هاي رشد تفاوت معني‌داري وجود نداشت وگزارش شده بود كه نرخ رشد در قزل‌آلاهاي پرورشي در اين اندازه، تحت تاثير منبع غير پروتئيني و مقدار آنها نبوده است. در حقيقت آنها به‌اين نتيجه رسيدند كه كربوهيدرات و چربي اثر جايگزيني

يكساني دارند. ادواردز و همكاران نيز در سال ۱۹۷۷ به‌اين نتيجه رسيده بودند و مشاهده كردند كه تا ۲۵ درصد از انرژي مورد نياز براي متابوليسم مي‌تواند توسط كربوهيدرات فراهم شود و نسبت‌هاي كربوهيدرات به چربي در اين دامنه تفاوت معني‌داري را از نظر رشد نشان نمي‌دهند. يافتن چنين نتايجي شايد به‌اين دليل باشد كه منبع كربوهيدراتي مورد استفاده در اين آزمايش‌ها از نوع نشاسته ژلاتيني (Gelatinized Starch) بوده است، ولي در تحقيق حاضر از منابع كربوهيدرات خام (Crude Carbohydrate) استفاده شد كه قابليت هضم كمترى نسبت به نشاسته ژلاتيني دارد، زيرا حرارت دادن با بخار عامل موثرى در شكستن پيوند بين پلي ساكاريدها و تبديل آنها به واحدهاي كوچك‌تر (منوساكارید) است. بدين ترتيب كربوهيدرات‌ها انرژي در دسترس بيشتري را مي‌توانند در اختيار موجود قرار داده و جذب پروتيين را افزايش دهند.

نتايج تحقيق هيگز و همكاران در سال ۱۹۹۲ با نتايج تحقيق براگ و همكاران (۱۹۹۷) مغاير بود. در اين تحقيق از جيره‌هايي با سطح پروتئين و انرژي يكسان و نسبت‌هاي كربوهيدرات به چربي۶/۱۷ : ۰/۳، ۱۳/۱ : ۱۳/۸ و ۷/۴ : ۲۴/۴ استفاده شد، همچنين براي تامين كربوهيدرات جيره، از نشاسته ژلاتيني استفاده كردند. نتايج نشان داد كه با افزايش مقدار كربوهيدرات در جيره، بين تيمارها از نظر مقدار رشد تفاوت معني‌دارى مشاهده شده و رشد كاهش يافته است و دليل كاهش وزن را كاهش مصرف غذا به علت افزايش مقدارکربوهيدرات در جيره گزارش كردند. ولي دليل تفاوت نتايج اين دو گزارش ممكن است اختلاف دماي آب، اختلاف ژنتيكي ماهي‌ها، منابع گوناگون مورد استفاده در جيره‌ها (بخصوص منابع كربوهيدراتي)، مقدار غذادهي در روز و عوامل ديگر باشد.

مقدار پروتئين جيره بر مقدار رطوبت و خاكستر لاشه تفاوت معني‌داري نداشته است($p\geq ۰/۰۵$)، همچنين با افزايش نسبت كربوهيدرات به چربي، در مقدار رطوبت و خاكستر لاشه تفاوت معني‌داري ديده نشده است و نظم خاصي نيز بين داده‌ها ديده نمي‌شود. اين مطلب توسط ساير محققان نيز گزارش شده بود (۶، ۷، ۱۵). مقادير پروتئين جيره‌ها بر روي مقدار پروتئين لاشه اثر معني‌داري نداشته و از نظر عددي مقدار پروتئين لاشه در سطح ۴۰ درصد بيشتر بوده است كه مي‌تواند به علت بالاتر بودن بازده پروتئين در اين سطح باشد.با افزايش نسبت كربوهيدرات به چربي، بين تيمارها از نظر مقدار پروتئين تفاوت معني‌داري ايجاد شده و بيشترين مقدار پروتئين در نسبت كربوهيدرات به چربي ۲ ديده شده است. آسترنگ نيز در سال ۱۹۷۸ گزارش كرد كه با افزايش سطح كربوهيدرات در جيره، از چربي لاشه كاسته شده و به پروتئين لاشه افزوده مي‌شود. نفيسي نيز در سال ۱۳۸۰ گزارش كرد كه با افزايش چربي جيره، پروتئين لاشه ماهى قزل‌آلا كاهش و چربي لاشه افزايش مي‌يابد. مقدار پروتئين جيره اثر معني‌دارى بر چربي لاشه نداشته، ولي اثر نسبت‌هاي مختلف كربوهيدرات به چربي روي چربى لاشه معني دار بوده است، به طوري‌كه بيشترين مقدار چربي لاشه در نسبت كربوهيدرات به چربي ۰/۵ (۲۱ : ۱۰/۵) و كمترين مقدار آن در نسبت كربوهيدرات به چربي ۲ (۱۲ : ۲۴) ديده شده است. تحقيق گوويا در سال ۱۹۹۲ نشان دادكه مقدار چربي لاشه در ماهيان قزل‌آلايي كه به مدت ۱۸ هفته با جيره غذايي حاوي ۲۴ درصد چربي تغذيه شده بودند،از ۶/۵۳ به ۱۳ درصد در پايان دوره پرورش رسيده است. محققان ديگر نيز گزارش كردند كه انرژي قابل هضم زياد جيره‌هاي غذايي در جيره‌هاي داراي پروتئين متعادل منجر به ذخيره سازي چربي و تغيير در تركيبات لاشه مي‌شود (۸، ۹، ۱۹). در آزمايش حاضر همچنين اثر پروتئين بر مقدار انرژي كل لاشه معني دار نبوده است. همچنين با افزايش نسبت كربوهيدرات به چربي از نظر مقدار انرژي لاشه بين تيمارها ترتيب خاصي ديده نمي‌شود. اثر متقابل اين دو عامل نيز بر مقدار انرژي معني دار نبوده است($p\geq ۰/۰۵$). اين نتيجه در تحقيق محققاني چون براگ و همكاران (۱۹۹۴) و مدال و همكاران (۱۹۹۱) نيز آمده بود. آنها گزارش كرده بودند كه سطوح كربوهيدرات به چربي روي مقدار انرژي لاشه اثرمعني‌داري ندارد.

بين سطوح پروتئين و همچنين نسبت‌هاي كربوهيدرات به چربي از نظر شاخص هپاتوسوماتيك تفاوت معني‌داري مشاهده نشد، ولي در مجموع با افزايش نسبت كربوهيدرات به چربي (افزايش كربوهيدرات و كاهش چربي) شاخص هپاتوسوماتيك افزايش يافته است، به طوري‌كه بيشترين مقدار آن در نسبت كربوهيدرات به چربي ۲ و كمترين مقدار آن در نسبت كربوهيدرات به چربي ۰/۵ بوده است. اين افزايش وزن كبد ممكن است به علت افزايش فعاليت ليپوژنز (ساخت چربي از كربوهيدرات) با افزايش مقدار كربوهيدرات در جيره باشد، زيرا همان طور كه گفته شد، مقادير زياد كربوهيدرات در جيره موجب افزايش فعاليت آنزيم‌هاي ليپوژنيك شده ودر نتيجه تجمع بيشتر چربي در كبد مي‌شود كه استمرار اين حالت سبب بروز اختلالات فيزيولوژيكي، بيماري و مرگ موجود مي‌شود (۶، ۱۶،۷).

نتايج مربوط به مقدار چربي كبد نيز اين گفته را تاييد مي‌كند. با افزايش مقدار كربوهيدرات در جيره مقدار چربي كبد نيز افزايش داشته است. به طوري‌كه بيشترين چربي در نسبت كربوهيدرات به چربي ۱/۵ و ۲ و كمترين آن در نسبت كربوهيدرات به چربي ۰/۵ وجود داشته است. نتايج محققان ديگر هم اين نتيجه را تاييد مي‌كنند مورات و همكاران (۲۰۰۲) و براگ و همكاران (۱۹۹۴ و۱۹۹۵) گزارش كردند كه با افزايش مقدار كربوهيدرات،جيره چربي كبد به علت افزايش فعاليت آنزيم‌هاي Lipogenes (سازنده چربي از كربوهيدرات) افزايش مي‌يابد.

نتيجه گيري

تفاوت معنی‌داری بین سطوح پروتئین ۴۰ و ۴۵ درصد از نظر شاخص‌های رشد و ترکیبات بدن وجود نداشت و از نظر کارایی پروتئین نیز سطح ۴۰ درصد به طور معنی‌داری بهتر بود. بنابراین برای این اندازه ماهی می‌توان سطح ۴۰ درصد پروتئین را پیشنهاد کرد. همچنین با کاهش نسبت کربوهیدرات به چربي وضعیت رشد بهبود یافته است، به طوري‌كه عملكرد رشد در نسبت كربوهيدرات به چربي ۰/۵ بهترين حالت را داشته است، بدون اينكه از نظر تركيبات بدن و سلامت كبد مشكلی ايجادشود.

تقدير و تشكر

بدين وسيله از مديريت و كاركنان زحمتكش كارگاه ماهيان سرد آبی شهيد باهنر كلاردشت كه با اين پروژه همكاری عملی داشتند،صميمانه تشكر می‌شود. همچنين از آقايان مهندس بور و مهندس كمالی مسئولان آزمايشگاه های شيمی‌و شيلات دانشكده منابع طبيعی و علوم دريايی نور به منظور كمک در انجام آزمايش ها تقدير می‌شود.

منابع

۱- عليزاده، مرتضي،۱۳۷۹. روابط متقابل سطوح مختلف پروتئين و انرژي بر روي قزل‌آلاي رنگين‌كمان در آب لب شور كويري. پايان نامه دوره دكتري تخصصي (Ph.D) رشته شيلات، واحد علوم و تحقيقات، دانشگاه آزاد اسلامي‌تهران. ص۹۲.

۲- فخرايي، ج، ۱۳۸۰. بررسي اثرات سطوح مختلف پروتئين و انرژي بر عملكرد مرغان تخمگذار تجاري، پايان نامه كارشناسي‌ارشد، رشته علوم دامي، دانشكده كشاورزي، دانشگاه تربيت مدرس. ص۷۷.

۳- نفيسی بهابادی، محمود (۱۳۸۰). بررسی سطوح مختلف جايگزينی آرد ضايعات كشتارگاهی طيور به جای آرد ماهی و كاربرد سطوح مختلف انرژی در جيره غذايی ماهی قزل‌آلای رنگين كمان، *Oncorhynchus mykiss*، در آب لب شور، پايان‌نامه دوره دكتری تخصصی رشته شيلات. دانشگاه تربيت مدرس. ص۹۵.

4- AOAC (Association of Official Analytical Chemists) (1990) Official Methods of Analysis AOAC,Washington, DC,1963/pp.

5- Austreng , E. (1978). Fat and protein in diets for Salmonid fishes. Meld-Nor-Land bruk shogsk, 57, 22:1-2.

6- Brauge. C., F. Medale & G. Corraze. (1994). Effect of dietary carbohydrate levels on growth, body composition and glycaemia in rainbow trout, reared in sea water. Aquaculture,123:109-120.

7- Brauge, C., G. Corraze & F. Medale. (1995). Effect of dietary levels of lipid and carbohydrate on growth performance, body composition, nitrogen excretion and plasma glucose levels in rainbow trout reared at 8 or 18 ^{0}c. Repred Nutr Dev,35:517-520.

8- Buckley, J.T & T.D.D. Groves. (1979). Influence of feed on the body composition of finfish. Finfish Nutrition and Fish feed Technology, 2:335-343.

9- Cowey, C.B.(1979). protein and amino acid requirements of finfish. Finfish Nutrition and Fish feed Technology, 1: 3-16.

10- Edwards, D.J ; E. Austreng; S. Risa & T. Gjedrem. (1977). Carbohydrate in rainbow trout diets. I. Growth of fish of different families fed diets containing different proportions of carbohydrate. Aquaculture11:31-38.

11- Gouveia, A.I.R.(1992). The use of poultry by –product and hydrolyzed feather meal as a feed for rainbow trout. Published by Institute of Zoology Faculty of Science University of Porto, NO 227.24pp. Rainbow Trans. Am. Fish.Soc, 107: 751-754.

12- Higgs, D. A., B.S. Dosanjh., B.A. Himhck & J.G. Eales. (1992). Effects of dietary lipid and carbohydrate levels and chronic 3, 5, 3´-triiodo-L-thronine treatment on growth, appetite, food and protein utilization and body composition of immature Rainbow trout at low temperature. Aquaculture, 105:175-190.

13- Hillestad, M., F. johnsen & T. Asgard. (2001). Protein to carbohydrate ratio in high energy diet for Atlantic salmon. Aquaculture, 32:517-520.

14- Kaushik, S.J & A. Oliva Teles. (1989). Effect of digestible energy on nitrogen and energy balance in rainbow trout. Aquaculture, 50:89-101.

15- Kim, J.D & S.J. Kaushik. (1992). Contribution of digestible energy from carbohydrate and estimation of protein/energy requirements for growth of rainbow trout. Aquaculture, 106:161-169.

16- Lee, D.J & G.B. Putnam. (1973). The response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in a test diet. J Nutr, 103: 916-922.

17- Medale, F & S.J. Kaushik. (1991). Utilization of dietary carbohydrate by rainbow trout at two water temperatures European Association for Animal Production. 58:392-395.

18- Murrat, Y., O. Yardim & S. H. Koshio. (2002). The protein sparing effects of high levels in diet s for rainbow trout with special reference to reduction of total nitrogen excretion. Bamidgeh ,54:79-88.

19- Reinitz, G., L.E. Orme & F. Hitzel. (1978). Influence of varying lipid concentrations with two protein concentrations in diet for rainbow trout. Trans. Am. Fish. Soc, 107: 751-754.

20- Ogino, C., J.Y Chiou & T. Takeuchi. (1976). Protein nutrition in fish, effects of dietary energy sources on the utilization of protein by rainbow trout and Carp. Bull. Jpn.soc. sci.fish, 42, 29:213-218.

21- Page, J.W & J.W. Andrews. (1973). Interactions of dietary levels of protein and energy on channel catfish (*Ictalurus punctatus*). J.Nutr, 103:1339-1346.

22- Takeuchi, T., T. Watanabe & C. Ogino. (1978). Optimum ratio of protein to lipid in diets in rainbow trout. Bull Jpn Soc Sci Fish, 44: 683-688.

23- Tsintsadze, Z.A. (1991). Adaptational capabilies of various size, age groups of rainbow trout in relation to gradual change of salinity. J. Ichthyology, 31,3 : 31-38.

24- Tacon Albert, G.J. (1990). Standard Methods for the Nutrition and Feeding of Farmed Fish and Shrimp. Argent Laboratones Press, PP:4-27.

25- Zaccorate, I.., L. Gasco., B. Sicuro., G.B. Palmegiano & U. Luzzana. (1996). Use of by-product from poultry slaughtering in rainbow trout feeding. Rivista Italiana Diaquacoltura, 31:127-134.

Effects of dietary Carbohydrate to lipid ratios at two levels of Protein on Growth Performance, body composition and Hepatosomatic index of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

A. Meshkat Rohani[1], A. M. Abedian*[2], F. Shariatmadari[3]
[1]M. Sc. Graduate, Fisheries Department. Faculty of Marine Science. Tarbiat Modares University, I.R. Iran
[2]Assi. Prof. Fisheries Department. Faculty of Marine Science. Tarbiat Modares University, I.R. Iran
[3]Asso. Prof. Animal Science Department. Faculty of Agriculture. Tarbiat Modares University, I.R. Iran
(Received 26 April 2004, Accepted 8 February 2006)

Abstract

Effects of carbohydrate to lipid ratio at two different protein levels on the activity, growth, chemical composition of the body and the Hepatosomatic index of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) were investigated in this trial. For this purpose, fishes with the average weight of 60 ± 0/55g were used. The fishes grew in 1,000-L tanks filled up to 500 L of water for a period of 60 days. The experiment was conducted as a 2 × 2 factorial at two protein levels (40% and 45%) and four carbohydrates to lipid ratios (0.5, 1, 1.5 and 2). The experiments were carried out randomly in triplicate. The food quota was almost fixed and equal to 4,000 kcal/kg. The food to be daily consumed by the fishes was determined as 2% of the biomass in each tank and the fishes were fed twice a day. The weight of the biomass was measured every 14 days though biometry and growth indexes were calculated. Results showed that the increase in the protein content produces almost no significant difference among the treatments in terms of growth indexes ($p \geq 0.05$), and this increase did not improve growth indexes (weight gain, SGR, and PER). The FCR and price index were also better at the lower protein content (40%). On the other hand, an increase in the carbohydrate to lipid ratio (increase in carbohydrate and decrease in lipid) showed no significant difference among the treatments in terms of growth indexes ($p \geq 0.05$) but the growth improved at the ration of 0.5 in general. Results of this research shows the most favorable conditions for growth exist at lower protein content (40%) when the carbohydrate to lipid ratio is 0.5 without any negative effects on the liver.

Key words: *Oncorhynchus mykiss*, Nutrition, protein, carbohydrate/lipid ratio, growth performance, body composition, Hepatosomatic index

* Corresponding author: Tel: 0122-6253101 Fax: 01226253499 E-mail: aabedian@modares.ac.ir