

اثر دو سطح چربی جیره بر روی رشد، ترکیب بدن و برخی شاخص‌های بیوشیمیایی پلاسمای قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در دوره گرسنگی و غذادهی مجدد

راحله میرزایی^۱، سیده صدیقه بابایی^۲، عبدالمحمد عابدیان کناری^{۳*}

۱- دانش آموخته‌ی کارشناسی ارشد، گروه شیلات، موسسه آموزش عالی غیر دولتی-غیر انتفاعی خزر، محمود آباد

۲- دانش آموخته‌ی دکتری، گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور

۳- استاد، گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور

دریافت: ۹۵/۰۴/۱۴ پذیرش: ۹۵/۱۲/۰۴

*نویسنده مسئول مقاله: aabedian@modares.ac.ir

چکیده:

تأثیر ترکیب جیره و گرسنگی بر رشد و متابولیت‌های پلاسمای قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزن ۱۴ گرم بررسی شد. تعداد ۲۴۰ عدد بچه به‌طور تصادفی در ۱۲ تانک ۱۵۰ لیتری توزیع شدند. آزمایش به‌صورت آزمون فاکتوریل ۲×۲ با ۲ سطح چربی (۱۰ و ۱۸ درصد) و ۲ رژیم غذایی (تغذیه و گرسنگی) انجام شد که در ۴ تیمار و سه تکرار انجام شد. ماهیان از دو جیره ۱ (چربی ۱۰ درصد، کربوهیدرات ۲۹ درصد) و جیره ۲ (چربی ۱۸ درصد، کربوهیدرات ۱۹ درصد) با سطح پروتئین (۴۷ درصد) و انرژی یکسان تغذیه شدند. بچه ماهیان به‌مدت ۳ هفته در حد سیری ظاهری تغذیه شدند، سپس دو هفته گرسنه مانده و مجدد ۳ هفته غذادهی شدند. زیست‌سنجی و سنجش شاخص‌های بیوشیمی پلازما در روز ۲۱ (پایان ۳ هفته غذادهی)، ۳۵ (پس از دو هفته گرسنگی) و ۶۰ (پایان ۳ هفته غذادهی مجدد) صورت گرفت. طبق نتایج، جیره با چربی ۱۰ درصد در گروه شاهد (تغذیه کامل) سبب بالاترین میزان رشد در ماهی شد و با اعمال دو هفته محرومیت غذایی در این تیمار غذایی، ماهی قادر به رشد جبرانی کامل نگردید. همچنین نتایج حاصل از ترکیب لاشه نشان داد که گرسنگی و ترکیب جیره تأثیر بیشتری بر میزان چربی بدن نسبت به پروتئین داشت و گرسنگی سبب کاهش محتوای چربی بدن گردید. گرسنگی و نوع جیره تأثیر معناداری بر کلسترول و تری‌گلیسرید نداشته در حالی که سبب افت سطوح گلوکز خون ماهی شد.

کلید واژگان: گرسنگی و غذادهی مجدد، قزل‌آلای رنگین‌کمان، رشد، چربی

مقدمه

همچنین در طول دوره‌های محرومیت غذایی جانوران سازوکارهای رفتاری، فیزیولوژیک و ساختاری مختلفی را برای پوشش نیازهای متابولیک به کار می‌گیرند تا از منابع خود استفاده کنند. این موضوع شامل کاهش تحرک و فعالیت‌های متابولیک و اصلاح ظرفیت‌های متابولیک بافت می‌باشد (Navarro and Gutierrez, 1995). به طوری که گونه‌های خاصی از پروتئین و یا پروتئین و چربی استفاده می‌کنند در حالی که برخی گونه‌ها در پروتئین بدن صرفه‌جویی کرده و ذخایر چربی یا گلیکوژن بدن را هزینه می‌کنند (Machado et al., 1988). همچنین گرسنگی یکی از عواملی است که باعث تغییراتی در غلظت متابولیت‌های خون می‌گردد (Shreni, 1979). در طی گرسنگی، پروتئین، چربی و ذخایر گلیکوژن بدن و کبد تجهیز شده و استفاده می‌شوند و در مقابل در دوران غذایی مجدد، بدن به دنبال بازسازی این ذخایر می‌باشد، بنابراین نتیجه این تغییرات به صورت تغییر در سطح متابولیت‌های خون (برای مثال تری‌گلیسرید حاصل از تجزیه چربی) و تغییر در هورمون‌ها بروز خواهد کرد (Chatzifotis et al., 2011). میزان این تغییرات متابولیسمی بستگی به گونه، سن و طول مدت گرسنگی دارد (Quillfeldt and Masello, 2004). بررسی شاخص‌های بیوشیمیایی خون ماهیان می‌تواند اطلاعات دقیق و مفیدی از تغییرات متابولیکی فراهم آورد. بنابراین مطالعه رشد جبرانی و بررسی تغییرات ترکیب بدن و متابولیت‌های پلاسما می‌تواند سبب بهبود رشد نهایی در مدت زمان کوتاه، کاهش هزینه تولید و آگاهی از نحوه مصرف ذخایر بدن در زمان گرسنگی گردد.

با وجود تحقیقات مختلف در زمینه گرسنگی و غذایی مجدد در ماهیان از جمله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، تا به حال مطالعه‌ای درباره بررسی اهمیت جیره‌های مختلف غذایی در پیش و پس از گرسنگی در

بر خلاف پستانداران، ماهیان می‌توانند به خوبی با شرایط گرسنگی کوتاه‌مدت و بلندمدت سازگار شوند (Morales et al., 2004). گرسنگی یا محرومیت غذایی در محیط‌های طبیعی در نتیجه محدودیت فصلی غذا (مثل درجه حرارت) یا چرخه طبیعی زندگی (تولیدمثل) (Van Dijk et al., 2005) حاصل می‌شود. گرسنگی همچنین در مزارع پرورش ماهیان اغلب به دلایل مختلفی از جمله بهتر کردن مشکلات کیفیت آب، کاهش اثرهای منفی شیوع بیماری، کاهش استرس دستکاری و انتقال ماهی به مسافت‌های دور و همچنین به منظور راهبرد کاهش هزینه غذا به همراه رشد مناسب، اعمال می‌شود (Davis and Gaylord, 2011). تا به حال مطالعات مختلفی در زمینه گرسنگی و غذایی مجدد روی ماهیان در ایران و جهان انجام شده است که می‌توان به تأثیر گرسنگی روی گربه‌ماهی، *Rhamdia hilarii* (Machado et al., 1988)، سیم دریایی، *Sparus Aurata* (Meton et al., 2003)، تاس‌ماهی چینی، *Acipenser sinensis* (Xiao et al., 2011)، کفشک، *Paralichthys huso huso* (Fuentes et al., 2012)، فیل‌ماهی، (Azodi et al., 2013)، قزل‌آلای رنگین‌کمان (Barbonymus Schwanefeldii, 2015)، تاس‌ماهی سیبری، *Acipenser baerii* (Eslamloo et al., 2016) و تاس‌ماهی سیبری، *Acipenser baerii* (Babaei et al., 2016b) اشاره کرد.

به دنبال محرومیت غذایی، یکی از موارد مهمی که می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در بهینه‌سازی فعالیت‌های آبی‌پروری داشته باشد، رشد جبرانی (compensatory growth) است. رشد جبرانی پدیده‌ای فیزیولوژیک است که به موجب آن ماهیان پس از یک دوره محرومیت (یا محدودیت) غذا، رشد سریع‌تری را تحت شرایط مشابه نسبت به گروه شاهد نشان می‌دهند (Ali et al., 2003).

۱۵۰ لیتری در سالن تکثیر و پرورش آبزیان مؤسسه آموزش عالی خزر محمودآباد ذخیره‌سازی شدند. برای هر تانک یک ورودی آب و هواده جداگانه نصب شد. تعویض آب روزانه به میزان ۶۰ درصد انجام گرفت. دما، اکسیژن و پی‌اچ آب در طی پرورش به ترتیب ۱۳ درجه سانتی‌گراد، ۸/۵ و ۶/۹ اندازه‌گیری شد.

تهیه جیره‌های آزمایش: آزمایش به صورت آزمون فاکتوریل ۲×۲ با ۲ متغیر سطح چربی (۱۰ و ۱۸ درصد) و رژیم غذایی (تغذیه کامل و گرسنگی) انجام شد که در مجموع شامل ۴ تیمار به همراه سه تکرار بود. ماهیان از دو جیره ۱ (چربی ۱۰ درصد، کربوهیدرات ۲۹ درصد) و جیره ۲ (چربی ۱۸ درصد، کربوهیدرات ۱۹ درصد) با سطح پروتئین (۷۴ درصد) و انرژی یکسان تغذیه شدند (جدول ۱). فرمولاسیون جیره‌ها با استفاده از نرم‌افزار لیندو (Lindo copyright releases, 6.11998) صورت گرفت. مواد اولیه جیره از کارخانه غذای دام و طیور مازندران تهیه و سپس به آزمایشگاه مؤسسه آموزش عالی خزر انتقال داده شدند. مواد اولیه هر جیره مطابق فرمول مربوط با ترازوی دیجیتال توزین گردید و پس از الک شدن با اضافه کردن آب به‌خوبی مخلوط شدند. خمیر به‌دست آمده به‌وسیله چرخ گوشت به‌صورت پلت‌های ۳ میلی‌متر درآمدند و در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت خشک و تا زمان مصرف درون کیسه‌های پلاستیکی در فریزر ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. بچه ماهیان به‌مدت ۳ هفته در حد سیری ظاهری تغذیه شدند، سپس دو هفته گرسنه مانده و مجدد ۳ هفته غذادهی شدند. در هر تیمار یک گروه با سه تکرار به‌عنوان گروه شاهد به‌مدت ۸ هفته به‌طور کامل غذادهی شدند (جدول ۲). غذادهی سه نوبت در شبانه روز در حد سیری ظاهری انجام شد.

این ماهی انجام نشده است در حالی که به‌نظر می‌رسد پیش از اعمال محرومیت غذایی در برنامه‌های آبی‌پروری، دانستن این‌که کدام رژیم غذایی پیش از گرسنگی و پس از غذادهی مجدد برای تحریک رشد و سلامتی در ماهی مناسب‌تر است، بسیار مفید می‌باشد. احتیاجات و پاسخ فیزیولوژیک موجود در این زمان به نوع گونه، ذخایر انرژی بدن، مدت زمان گرسنگی و جیره غذایی مصرف شده پیش از محرومیت غذایی، بستگی دارد (Hilton, 1982). یکی از منابع انرژی‌زای جیره ماهیان گوشت‌خوار از جمله قزل‌آلای رنگین‌کمان، چربی‌ها می‌باشند. ماهیان گوشت‌خوار در میزان استفاده از کربوهیدرات مصرفی محدودیت دارند و بنابراین تا حد زیادی می‌توانند انرژی مورد نیاز خود را از چربی و پروتئین جیره به‌دست آورند. چربی‌ها انرژی بیشتری را به‌ازای هر واحد وزن نسبت به دیگر مواد مغذی جیره تولید می‌کنند (NRC, 1993) و به‌عنوان منبع انرژی با کارایی بیشتری مورد استفاده ماهی قرار می‌گیرند. آزمایش‌ها نشان داده است که وجود چربی در جیره آزاد ماهیان از جمله قزل‌آلای رنگین‌کمان باعث بهبود رشد و ضریب تبدیل خوراک می‌شود. از این‌رو با استفاده از سطوح مناسبی از چربی می‌توان میزان پروتئین جیره را کاهش داد بدون این‌که میزان رشد ماهی کاهش یابد (Murai, 1992).

با توجه به اهمیت موضوع‌های بیان شده، این تحقیق با هدف بررسی سطوح چربی، دوره‌های گرسنگی و تغذیه مجدد روی شاخص‌های رشد، ترکیب بدن و برخی فاکتورهای بیوشیمیایی خون در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، انجام شده است.

مواد و روش‌ها

سیستم پرورش: ۲۴۰ عدد بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزن 14 ± 1 گرم، به‌طور تصادفی در ۱۲ تانک

جدول ۱ اقلام و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی جهت پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان

ترکیب جیره (%)	۱	۲
پودر ماهی ^۱	۴۶/۰۷	۵۰/۲۹
آرد گندم ^۱	۴۰/۹۳	۱۵/۱۹
روغن ماهی ^۱	۲/۲۵۵	۷/۲۰۵
روغن سویا ^۲	۲/۲۵۵	۷/۲۰۵
لیسیتین ^۲	۰/۵	۰/۵
مونو کلسیم فسفات ^۱	۰/۵	۰/۵
مخلوط معدنی ^۳	۳	۳
مخلوط ویتامینی ^۴	۲	۲
ضد قارچ ^۱	۰/۲۵	۰/۲۵
آنتی اکسیدان ^۱	۰/۰۲	۰/۰۲
بایندر ^۱	۱	۱
فیلر ^۱	۱۲/۲۱۵	۱۲/۸۴
جمع کل	۱۰۰	۱۰۰
ترکیب شیمیایی (وزن خشک %)		
رطوبت	۱۲/۳۶	۱۲/۹۸
پروتئین	۴۷/۵	۴۷/۳۲
چربی	۱۰	۱۸
کربوهیدرات *	۲۸/۵۸	۱۹/۰۲
خاکستر	۱/۵۶	۲/۶۸
انرژی (KCal/Kg) ††	۴۳۲۰	۴۳۲۰

۱- تهیه شده از کارخانه خوراک دام و طیور مازندران

۲- تهیه شده از شهرک صنعتی میرود

۳- مواد معدنی شامل: سدیم (Sodium chloride) آهن (Ferrous sulfate) منگنز (Manganese sulfate) روی (Zinc sulfate) مس (Copper sulfate) ید (Potassium iodine)

۴- مواد ویتامینی شامل (A, D3, E, C, B2, B5, B6, B7, B9, B12)

* کربوهیدرات (%) = (پروتئین + چربی + خاکستر + رطوبت) - ۱۰۰

†† انرژی بر اساس یک گرم پروتئین ۲۳/۶ کیلوژول، یک گرم چربی ۳۹/۵ کیلوژول و یک گرم کربوهیدرات ۱۷/۲ کیلوژول محاسبه شد (NRC, 1993).

جدول ۲ تیمارهای آزمایشی

تیمار	اسم تیمار	درصد چربی	رژیم غذایی		
۱	10F-St	%۱۰	سه هفته غذایی	دو هفته گرسنگی	سه هفته غذایی
۲	18F-St	%۱۸	سه هفته غذایی	دو هفته گرسنگی	سه هفته غذایی
۳	10F-F	%۱۰	هشت هفته غذایی		
۴	18F-F	%۱۸	هشت هفته غذایی		

وزن و طول انجام گرفت. عملکرد رشد شامل درصد بقا (Hamza et al., 2008)، ضریب تبدیل غذا (FCR)، نرخ رشد ویژه (SGR)، افزایش وزن بدن (WG)، شاخص کبدی (HSI) (Higgs et al., 2009) و شاخص وضعیت (CF) (Denstadli et al., 2006) با استفاده از معادلات زیر اندازه‌گیری شدند.

$$100 \times (\text{تعداد ماهیان ابتدای دوره} / \text{تعداد ماهیان باقیمانده در انتهای دوره پرورش}) = \text{درصد بقا}$$

$$\text{وزن اضافه شده (گرم)} / \text{غذای خشک داده شده (گرم)} = \text{FCR (ضریب تبدیل غذایی)}$$

$$\text{دوره پرورش} / [\text{Ln (وزن اولیه)} - \text{Ln (وزن نهایی)}] \times 100 = \text{SGR (نرخ رشد ویژه)}$$

$$100 \times (\text{طول}^3 / \text{وزن نهایی}) = \text{CF (شاخص وضعیت)}$$

$$\text{میانگین وزن اولیه (گرم)} - \text{میانگین وزن ثانویه (گرم)} = \text{WG (افزایش وزن بدن)}$$

$$100 \times (\text{وزن بدن (گرم)} / \text{وزن کبد (گرم)}) = \text{HSI (شاخص کبدی)}$$

میلی‌لیتری از ساقه دمی آنها خون‌گیری انجام شد. سپس خون ماهی با دستگاه سانتریفوژ مدل sahand.T.A با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شد. پلاسما در ۲۰- درجه سانتی‌گراد به منظور سنجش شاخص‌های بیوشیمی نگهداری شدند. اندازه‌گیری میزان کلسترول کل، تری‌گلیسرید و گلوکز با استفاده از کیت‌های تجاری شرکت پارس آزمون (تهران، ایران) و به وسیله دستگاه اتوآنالایزر (Technicon, RA 1000) انجام شد. پروتئین کل با استفاده از کیت تشخیصی شرکت زیست شیمی (تهران، ایران) و با روش modi-biuret و با استفاده از دستگاه اتوآنالایزر در طول موج ۵۲۰-۵۶۰ نانومتری اندازه‌گیری شد.

آنالیز آماری داده‌ها: پس از بررسی طبیعی بودن داده‌ها با استفاده از آزمون Shapiro wilkson و همگنی واریانس، تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش آنالیز واریانس یک طرفه (One - Way ANOVA) انجام شد. برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون آماری دانکن در سطح

تعیین شاخص‌های رشد: زیست‌سنجی در روز ۲۱ (پایان ۳ هفته غذادهی)، روز ۳۵ (پس از دو هفته گرسنگی) و ۶۰ (پایان ۳ هفته غذادهی مجدد) انجام شد. ماهیان یک روز پیش از زیست‌سنجی قطع غذا و با ساچوک از درون تانک‌ها صید شدند. سپس با ترازوی دیجیتال مدل PUT3000PX و تخته بیومتری اندازه‌گیری

آنالیز ترکیب بدن: تعداد ماهی از هر تکرار پس از سر زنی، تخلیه شکمی و شستشو، با چرخ گوشت همگن شده و به منظور آنالیز شیمیایی پروتئین، چربی، رطوبت، خاکستر (AOAC, 2005) ارزیابی شدند. میزان رطوبت با استفاده از آون (Hanau, D-63450, Germany) در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت سنجش شد. خاکستر با سوزاندن نمونه در کوره (Isuzu, Tokyo, Japan) دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت اندازه‌گیری گردید. پروتئین کل با استفاده از دستگاه کلدال خودکار (FOSS, KjeltecTM 2300, Sweden) با ضرب میزان نیتروژن به دست آمده در عدد ۶/۲۵ محاسبه شد. چربی کل نیز با استفاده از دستگاه سوکسله (FOSS, Soxtec 2050, Sweden) و با کلروفرم به عنوان حلال اندازه‌گیری شد.

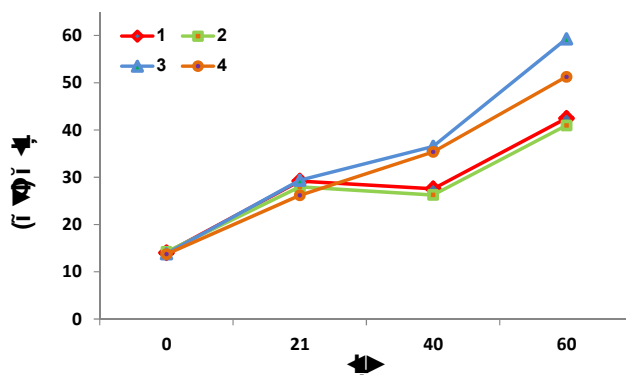
شاخص‌های بیوشیمیایی پلاسما: خون‌گیری از ۳ ماهی به طور تصادفی از هر تانک انجام گرفت و پس از بیهوشی کامل در محلول پودر گل میخک با غلظت ۳۵۰ PPM (Sudagar et al., 2009)، با استفاده از سرنگ ۲ یا ۵

و ۲) با تیمار ۳ اختلاف معناداری را نشان دادند ($p < 0.05$) (جدول ۳). در شاخص افزایش وزن بدن (WG) نیز اختلاف معناداری بین تیمار ۳ با تیمارهای ۱ و ۲ مشاهده شد ($p < 0.05$) در حالی که تیمار ۱ و ۲ با هم اختلاف معناداری نداشتند. بیشترین میزان ضریب تبدیل غذایی (FCR) مربوط به تیمار ۲ با میزان $2/1 \pm 0/8$ بود و اختلاف معناداری بین تیمار ۲ با تیمار ۱ مشاهده نشد ($p > 0.05$). شاخص کبدی نیز در کل دوره بین تیمارها اختلاف معناداری را نشان نداد ($p > 0.05$).

احتمال ۹۵ درصد استفاده شد. تمام داده‌ها به صورت میانگین \pm SD گزارش گردید. از نرم‌افزار (version 22) SPSS برای آنالیز داده‌ها و Excel برای رسم نمودار و جداول استفاده شد.

نتایج

شاخص‌های رشد: روند رشد طی ۸ هفته در شکل ۱ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که وزن نهایی تیمارهای ۳ و ۴ با میزان ۵۹/۵ و ۵۱/۴ گرم در انتهای دوره پرورش، اختلاف معناداری نداشتند در حالی که تیمارهای گرسنه (۱)



شکل ۱ میانگین وزن بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تحت تیمارهای مختلف در طی دوره‌ی پرورش

جدول ۳ شاخص‌های رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی در دوره‌های مختلف غذایی و گرسنگی.

تیمارها	18F-F	10F-F	18F-St	10F-St
وزن اولیه (گرم)	$13 \pm 0/5$	$15 \pm 2/6$	$14 \pm 0/9$	$14 \pm 0/9$
وزن نهایی (گرم)	51 ± 4^{ab}	59 ± 5^a	41 ± 12^b	$42 \pm 5/5^b$
افزایش وزن بدن (گرم)	37 ± 4^{ab}	43 ± 4^a	23 ± 8^b	28 ± 7^b
ضریب تبدیل غذایی	$1/2 \pm 0/1^b$	$1/04 \pm 0/1^b$	$2/1 \pm 0/8^a$	$1/6 \pm 0/3^{ab}$
ضریب رشد ویژه	$2/2 \pm 0/1^{ab}$	$2/4 \pm 0/3^a$	$1/7 \pm 0/5^b$	$1/8 \pm 0/1^b$
شاخص فریبی	$1/2 \pm 0/01^a$	$1/1 \pm 0/01^a$	$0/91 \pm 0/01^b$	$0/90 \pm 0/01^b$
شاخص کبدی	$0/3 \pm 0/05$	$0/3 \pm 0/0$	$0/2 \pm 0/03$	$0/2 \pm 0/01$

حروف نشان دهنده معناداری بین گروه‌ها می‌باشد ($P < 0.05$) (one-way ANOVA). میانگین \pm S.D.

ترکیب بدن: نتایج مربوط به ترکیب بدن در جدول ۴ مشخص شده است. طبق نتایج به دست آمده میزان رطوبت و پروتئین بین تیمارها در کل دوره اختلاف معناداری نداشت ($p > 0.05$). میزان خاکستر در تیمار ۲ و ۴ با

یکدیگر اختلاف معناداری نداشته و بیشتر از تیمار ۳ و ۱ بود. میزان چربی بدن نیز به ترتیب در تیمار $4 < 2 < 1 < 3$ نشان داده شده است.

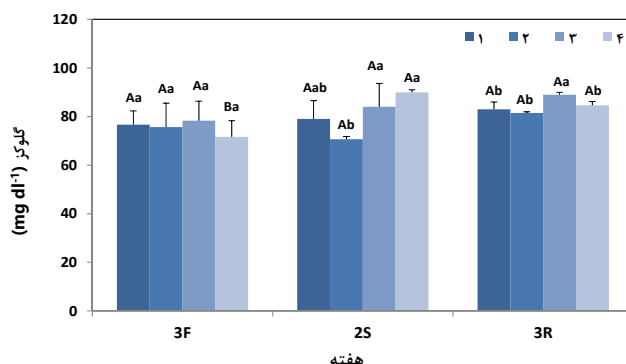
جدول ۴ ترکیب شیمیایی بافت عضله ماهی قزل آلائی رنگین کمان سیری در تیمارهای مختلف

تیمار	18F-F	10F-F	18F-St	10F-St
رطوبت	75±0.9	75±0.6	76±0.2	76±0.6
خاکستر	6.8±0.2 ^b	7.0±0.7 ^a	6.2±0.1 ^b	7.0±0.9 ^a
چربی	21±1.1 ^c	22±0.6 ^b	20±0.6 ^d	23±1 ^a
پروتئین	74±0.6	74±1	74±0.6	75±0.7

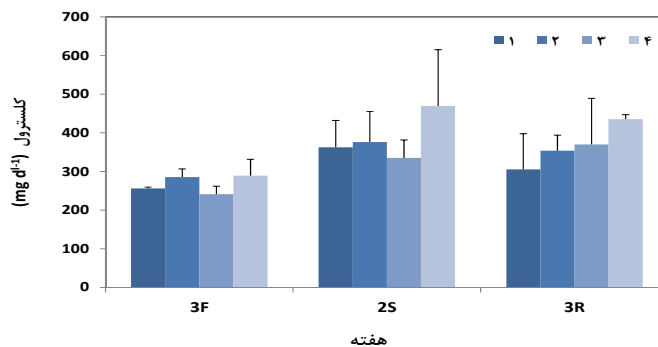
حروف نشان دهنده معناداری بین گروهها می باشد ($P < 0.05$) (one-way ANOVA). میانگین \pm S.D.

درصد چربی بیشترین میزان تری گلیسرید خون را در دوره سه هفته غذایی بین تیمارها نشان داد، اگرچه اختلاف معناداری با دیگر تیمارها نداشته است ولی در پایان دوره میزان آن کاهش یافت. تیمارهای گرسنه پس از دوره گرسنگی نیز هیچ تغییر معناداری در سطح تری گلیسرید نشان نداده اند (شکل ۴). میزان پروتئین خون در پایان دوره در تمامی تیمارها کاهش یافت و پس از غذایی مجدد در تیمار اول نسبت به سایر تیمارها کاهش یافته است ($p < 0.05$) (شکل ۵). گرسنگی اثر منفی بر روی میزان پروتئین خون ماهیان گرسنه نداشته است.

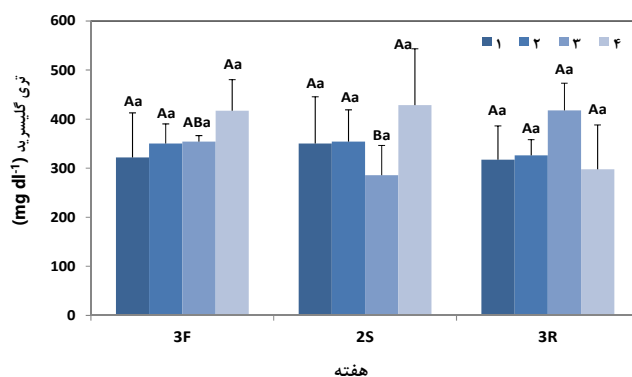
شاخص های بیوشیمیایی پلاسما: میزان گلوکز خون در دوره سه هفته غذایی اولیه در تیمار ۴ نسبت به بقیه تیمارها پایین تر نشان داده شده است (شکل ۲). در دوره گرسنگی میزان گلوکز در تیمارهای ۱ و ۲ نسبت به روز ۲۱ کاهش نشان داده اند. در پایان دوره آزمایش اختلاف معناداری در میزان گلوکز خون تیمارها مشاهده نشد ($p > 0.05$). به طور کلی هیچ اختلاف معناداری در میزان کلسترول بین تیمارها در دوره های مختلف مشاهده نشد ($p > 0.05$). میزان کلسترول خون در دوره گرسنگی نسبت به دوره سه هفته غذایی، اندکی افزایش یافت اگرچه این افزایش معنادار نبوده است (شکل ۳). تیمار ۴ با جیره ۱۸



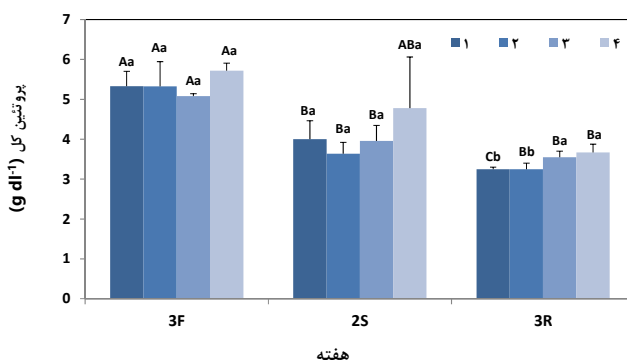
شکل ۲ تغییرات گلوکز پلاسما ماهی قزل آلابی رنگین کمان در تیمارهای مختلف (F: غذادهی، S: گرسنگی، R: غذادهی مجدد). حروف کوچک به معنادراری یک تیمار در طول دوره‌های مختلف زمانی و حروف بزرگ به معنادراری بین تیمارها در یک روز اشاره دارد ($P < 0.05$) (میانگین \pm S.D).



شکل ۳ تغییرات کلسترول پلاسما ماهی قزل آلابی رنگین کمان در تیمارهای مختلف (F: غذادهی، S: گرسنگی، R: غذادهی مجدد). (میانگین \pm S.D)



شکل ۴ تغییرات تری‌گلیسرید پلاسما ماهی قزل آلابی رنگین کمان در تیمارهای مختلف (F: غذادهی، S: گرسنگی، R: غذادهی مجدد). حروف کوچک به معنادراری یک تیمار در طول دوره‌های مختلف زمانی و حروف بزرگ به معنادراری بین تیمارها در یک روز اشاره دارد ($P < 0.05$) (میانگین \pm S.D).



شکل ۵ تغییرات پروتئین کل پلاسما ماهی قزل آلائی رنگین کمان در تیمارهای مختلف (F: غذادهی، S: گرسنگی، R: غذادهی مجدد). حروف کوچک به معنای یک تیمار در طول دوره‌های مختلف زمانی و حروف بزرگ به معنای بین تیمارها در یک روز اشاره دارد ($P < 0.05$) (میانگین \pm S.D.).

است تا رشد جبرانی کامل حاصل شود. به‌طورکلی نتایج این مطالعه در زمینه رشد جبرانی نشان داد اگرچه تیمار با چربی کمتر رشد بیشتری را در گروه شاهد نشان می‌دهد، اما تیمار ۱۸ درصد چربی توانسته پس از ۳ هفته غذادهی مجدد، رشد خود را جبران کند و اختلاف معناداری با گروه شاهد (۱۸ درصد چربی) ندارد. همچنین پس از پایان گرسنگی و غذادهی مجدد جیره حاوی ۱۸ درصد چربی دارای SGR بالاتری بوده است. نتایج حاصل از شاخص وضعیت (CF) نیز رشد متناسب بین وزن و طول را در گروه گرسنه و شاهد نشان می‌دهد. مطالعه Rossi و همکاران (2015) روی گربه‌ماهی *Hoplosternum littorale* نشان داد گرسنگی به مدت ۷ و ۲۸ روز تأثیر معناداری در CF نداشته است. در این تحقیق همچنین وزن کبد در تیمارهای گرسنه پس از دوره گرسنگی کاهش یافت که این امر نشان‌دهنده نقش مؤثر کبد در تأمین انرژی بدن ماهی در زمان محرومیت است.

چربی‌ها ترکیبات مهمی در حیوانات می‌باشند که می‌توانند در برابر ذخایر گلیکوژن، به‌طور کامل مصرف شده و به این صورت ذخایر گلیکوژن باقی بمانند (Sheridan and Mommsen, 1991). بیشتر حیوانات قادر

بحث

هدف نهایی در چرخه گرسنگی و غذادهی مجدد، دستیابی به یک رژیم غذایی بهینه برای رسیدن به بالاترین رشد در ماهی می‌باشد. در این تحقیق تیمارهای گرسنه با جیره ۱۰ درصد چربی، پس از دوره گرسنگی نتوانستند به وزن تیمار تغذیه شده برسند و رشد جبرانی کامل انجام نشده است. نتیجه حاضر با آزمایش مشابه روی ماهی تیلاپیا *Oreochromis mossambicus* هم‌خوانی دارد (Wang et al., 2005). نتایج مشابهی در ماهی شانک (Power et al., 2000)، قزل‌آلائی رنگین‌کمان (Weatherley and Gill, 1981; Hirano, 1991) و ماهی سوف‌طلایی (*Macquaria ambigua*) (Collins and Anderson, 1995) نیز گزارش شده است. همان‌طور که در نتایج مشهود است، تیمارهای گرسنه پس از دوره گرسنگی با کاهش وزن مواجه شدند به‌طوری‌که به‌نظر می‌رسد ماهی گرسنه از ذخایر انرژی بدن خود به‌منظور تأمین انرژی در دوره گرسنگی استفاده می‌کند. در نتیجه کاهش رشد امری پذیرفتنی است و بنابراین با توجه به موارد اشاره شده، احتمالاً طول دوره گرسنگی کوتاه‌تر و یا دوره غذادهی مجدد طولانی‌تر نیاز

بدهد. گرسنگی یکی از عواملی است که باعث تغییراتی در غلظت متابولیت‌های خون می‌گردد (Shreni, 1979). شدت این تغییرات متابولسمی بستگی به گونه، سن و طول مدت گرسنگی دارد (Quillfeldt and Masello, 2004). محرومیت غذایی سبب کاهش در سطوح گلوکز، تری‌گلیسرید و کلسترول کل پلاسما می‌شود (Perez Jimenez et al., 2007). در حالی که برخی مطالعات افزایش و یا ثبات در سطوح متابولیت پلاسما در طی گرسنگی را نشان داده‌اند.

مانند نتایج حاضر کاهش گلوکز خون پس از گرسنگی (به‌ویژه در تیمار ۱۸ درصد چربی) در بسیاری از ماهیان گزارش شده است که علت آن را به مصرف گلوکز به‌عنوان سوسترای انرژی (افزایش فعالیت گلیکولیز) به‌منظور مقابله با گرسنگی نسبت دادند (Rossi et al., 2015; Perez Jimenez et al., 2012). بنابراین در زمان گرسنگی احتیاجات گلوکز برای اهداف متابولیکی، ممکن است از طریق تجزیه گلیکوژن (گلیکوژنولیز) و یا مسیر سنتز *de novo* (گلوکوژنوز) از منابع غیر گلوکزی مانند لاکتات، گلیسرول، پیرووات و برخی اسیدهای آمینه تأمین شود (Polakof et al., 2012). در مطالعه Eslamloo و همکاران (2016) گرسنگی سبب کاهش گلوکز، تری‌گلیسرید و کلسترول در ماهی باربوس خاردار شده است. در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (Holloway et al., 1994) نیز سطح گلوکز پلاسما در طی گرسنگی کاهش معناداری نشان داده است.

به‌نظر می‌رسد در دوران گرسنگی در دسترس‌ترین ذخایر چربی، تری‌گلیسریدها می‌باشند (Larsson and Lewander, 1973). تری‌گلیسریدها، گلیسرول و اسیدهای چرب در پاسخ به تجهیز و مصرف چربی تولید می‌شوند. در مطالعه حاضر میزان تری‌گلیسرید و کلسترول خون قزل‌آلای

به تحمل کاهش ۷۰-۲۰ درصد از کل محتوای چربی بدن در طی گرسنگی می‌باشند (McCue, 2010). استفاده از چربی بدن به‌عنوان منبع انرژی در طی گرسنگی به نوع گونه، بافت ذخیره چربی و راهبرد تجهیز دیگر ذخایر انرژی بدن، بستگی دارد (Furne et al., 2012). یافته‌های این تحقیق نشان داد در قزل‌آلای رنگین‌کمان در زمان گرسنگی، تقاضای انرژی از چربی‌های بدن تأمین می‌شود که این چنین پاسخ لیپیدمیک (Lipidemic) به گرسنگی در قزل‌آلای رنگین‌کمان (Leatherland and Nuti, 1981) و گربه‌ماهی کانالی (Kim and Lovell, 1995) نیز مشاهده شده است. همچنین آنالیز لاشه قزل‌آلای رنگین‌کمان در گروه شاهد نشان می‌دهد که چربی بیشتر جیره هم در گروه شاهد و هم گرسنه سبب افزایش چربی بدن در این ماهی شده است که این نتایج در گربه‌ماهی راه رونده، C. *batrachus* (Erfanullah and Jafri et al., 1998) قزل‌آلای قهوه‌ای (Regost et al., 2001) و گربه‌ماهی کانالی (Garling and Wilson, 1997) گزارش شده است.

نتایج نشان داد که محتوای پروتئین بدن قزل‌آلای رنگین‌کمان کمتر تحت تأثیر جیره و دوره گرسنگی قرار گرفته و اختلاف معناداری در تیمارها مشاهده نشده است. در تاس‌ماهی سبیری پرورشی (Babaei et al., 2016a,b) نیز نشان داده شده که ترکیب جیره و گرسنگی تأثیر کمی بر میزان پروتئین بدن و کبد دارد. در دیگر گونه‌ها نیز مشاهده شد محتوای پروتئین بدن، زمانی که سطوح پروتئین جیره افزایش می‌یابد تنها مقدار اندکی تغییر می‌کند (Abdel-twwab et al., 2010). از این رو، این موضوع نشان می‌دهد قزل‌آلای رنگین‌کمان تمایل کمتری به مصرف پروتئین‌ها در برابر ذخایر چربی در زمان گرسنگی دارد.

بررسی شاخص‌های بیوشیمیایی خون ماهیان می‌تواند اطلاعات دقیق و مفیدی از عملکرد بیولوژیکی بدن ماهی

رنگین‌کمان تغییر معناداری را در ارتباط با جیره و دوره گرسنگی نشان نداده است. افزایش جزئی و ثابت در سطوح تری‌گلیسرید پلاسما در مراحل اولیه محرومیت غذایی از سوی Echevarría و همکاران (1997) در باس دریایی و Kirchner و همکاران (2005) در قزل‌آلای رنگین‌کمان نیز گزارش شده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد عدم تغییرات فاحش در میزان چربی کل بدن سبب عدم تغییر مشخصی در متابولیت‌های آن یعنی تری‌گلیسرید شده است و مقادیر چربی بالای جیره اگرچه سبب افزایش تری‌گلیسرید و کلسترول شده است، اما به لحاظ آماری این تغییرات معنادار نمی‌باشد. مطالعات مختلف نشان داده که محتوای چربی پلاسما به‌ویژه تری‌گلیسرید و کلسترول، وابستگی زیادی به شرایط تغذیه‌ای و فیزیولوژی موجود دارند (Babin and Vernier, 1989). همچنین افزایش جزئی کلسترول پلاسما در تیمارهای با چربی بالاتر مصادف با افزایش در چربی کل بدن در این تیمارها می‌باشد.

مقادیر در گردش پروتئین کل، به‌عنوان شاخص نرخ پروتئین تجهیز شده در زمان گرسنگی می‌باشند. مقادیر پروتئین پلاسما معمولاً در ماهیانی که خوب تغذیه شدند بسیار پایدار و ثابت‌اند، اما زمان تغذیه نامناسب یا گرسنگی طولانی مدت تغییر در سطح پروتئین کل به سبب اکسیداسیون اسید آمینه یا پروتئولیز بافت‌های احشایی، اتفاق می‌افتد (Di Marco et al., 2008). در گربه‌ماهی کانالی نیز مقدار پروتئین پلاسما به‌طور معناداری در ماهیان پس از ۲۸ روز گرسنگی کاهش یافت که نشانگر نقش آنها به‌عنوان منبع سوخت و انرژی در این ماهی می‌باشد (Rossi et al., 2015). در مطالعه حاضر گرسنگی تأثیر معناداری در سطوح پروتئین پلاسما نداشته است. همچنین در مطالعه Azodi و همکاران (2015) روی قزل‌آلای رنگین‌کمان، دوره‌های مختلف گرسنگی تأثیری بر میزان

پروتئین کل پلاسما نداشته است. این عدم تغییر در محتوای پروتئین پلاسما نشان‌دهنده مصرف نکردن ذخایر پروتئینی در دوران گرسنگی کوتاه‌مدت در قزل‌آلای رنگین‌کمان است. همچنین کاهش پروتئین پلاسما در تمامی تیمارها پس از ۸ هفته هم‌زمان با افزایش در میزان کلسترول پلاسما و احتمالاً افزایش چربی بافت بدن و کاهش متابولیت‌های پروتئین است.

به‌طورکلی نتایج این تحقیق نشان می‌دهد جیره با پروتئین ۷۴ درصد و چربی ۱۰ درصد (کربوهیدرات ۲۹ درصد) باعث بالاترین میزان رشد در قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌شود و با اعمال دو هفته محرومیت غذایی، در هر دو تیمار غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان رشد جبرانی پایین‌تری نسبت به گروه شاهد نشان داده است، اگرچه در گروه چربی بالاتر اختلاف معناداری بین شاهد و گروه گرسنه وجود ندارد. همچنین گرسنگی و نوع جیره تأثیر بیشتری بر میزان چربی بدن نسبت به پروتئین دارند و قزل‌آلای رنگین‌کمان مانند بسیاری از گوشت‌خواران توانایی محدودی در حفظ سطوح گلوکز خون در دوران گرسنگی دارد.

تشکر و قدردانی: بدین‌وسیله از همکاری مسئولان محترم آزمایشگاه تغذیه آبزیان و فراوری محصولات شیلاتی دانشگاه تربیت مدرس تشکر و سپاسگزاری می‌نمایم.

منابع

Abdel-Tawwab, M., Ahmad, M.H., Khattab, Y.A.E., Shalaby, A.M.E. 2010. Effect of dietary protein level, initial body weight, and their interaction on the growth, feed utilization, and physiological alterations of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture*, 298(3-4): 267-274.

- intestinal structure in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed graded levels of phytic acid. *Aquaculture*, 256(1-4): 365–376.
- Di Marco, P., Priori, A., Finoia, G., Massari, A., Mandich, A., Marino, G. 2008.** Physiological responses of European sea bass *Dicentrarchus labrax* to different stocking densities and acute stress challenge. *Aquaculture*, 275(1-4): 319–328.
- Echevarría, G., Martínez-Bebíá, M., Zamora, S. 1997.** Evolution of biometric indices and plasma metabolites during prolonged starvation in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 118A: 111–123.
- Erfanullah, & Jafri, A.K. 1998.** Effect of dietary carbohydrate-to-lipid ratio on growth and body composition of walking catfish (*Clarias batrachus*). *Aquaculture*, 161(1-4): 159–168 .
- Eslamloo, K., Morshedi, V., Azodi, M., Akhavan, S.R. 2016.** Effect of starvation on some immunological and biochemical parameters in tinfoil barb (*Barbonymus schwanefeldii*). *Journal of Applied Animal Research*, doi:10.1080/09712119.
- Falahatkar, B., Akhavan, S. R., Efatpanah, I., Meknatkhahm B. 2013.** Effect of winter feeding and starvation on the growth performance of young-of-year (YOY) great sturgeon, *Huso huso*. *Journal of Applied Ichthyology*, 29(1): 26-30.
- Fuentes, E.N., Kling, P., Einarsdottir, I.E., Alvarez, M., Valdés, J.A., Molina, A., Bjornsson, B.T. 2012.** Plasma leptin and growth hormone levels in the fine flounder (*Paralichthys adspersus*) increase gradually during fasting and decline rapidly after refeeding. *General and Comparative Endocrinology*, 177(1): 120–127.
- Furne, M., Morales, A.E., Trenzado, C.E., Garcia-Gallego, M., Hidalgo, M.C., Domezain, A., Rus, A.S. 2012.** The metabolic effects of prolonged starvation and refeeding in sturgeon and rainbow trout. *Journal of Comparative Physiology*, 182(1): 63–76.
- Garling, D.L. & Wilson, R.P. 1977.** Effect of dietary carbohydrate to lipid ratio on growth and body composition of fingerling channel catfish. *Progressive Fish- Culturis*, 39: 43–47.
- Ali, M., Nicieza, A., Wootton, R.J. 2003.** Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. *Fish and Fisheries*, 4(2): 147–190.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists) 2005.** Official Methods of Analysis of the AOAC International, 18th edn. AOAC International, Gaithersburg, MD.
- Azodi, M., Ebrahimi, E., Motaghi, E., Morshedi, V. 2015.** Metabolic responses to short starvation and re-feeding in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Ichthyological Research*, 62(2): 177–183.
- Babaei, S., Abedian-kenari, A., & Hedayati, M. 2016a.** Growth response, body composition, plasma metabolites, digestive and antioxidant enzymes activities of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*, Brandt, 1869) fed different dietary protein and carbohydrate: lipid ratio. *Aquaculture research*, doi:10.1111/are.13096.
- Babaei, S., Abedian-kenari, A., & Hedayati, M. Meton I. 2016b.** Effect of diet composition on growth performance, hepatic metabolism and antioxidant activities in Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*, Brandt, 1869) submitted to starvation and refeeding. *Fish Physiology and Biochemistry*. Doi: 10.1007/s10695-016-0236-0.
- Babin, P.J. & Vernier, J.M. 1989.** Plasma lipoproteins in fish. *Journal of Lipid Research*, 30: 467–489.
- Chatzifotis, S., Papadaki, M., Despoti, S., Roufidou, C., Antonopoulou, E. 2011.** Effect of starvation and re-feeding on reproductive indices, body weight, plasma metabolites and oxidative enzymes of sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 316(1-4): 53–59.
- Collins, A.L., and Anderson, T.A. 1995.** The regulation of endogenous energy stores during starvation and refeeding in somatic tissues of the golden perch. *J. fish Biol.*, 47:1004-1015.
- Davis, K.B., Gaylord, T.G. 2011.** Effect of fasting on body composition and responses to stress in sunshine bass. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 158(1)A: 30–36.
- Denstadli, V., Skrede, A., Krogdahl, A., Krogdahl, S., Storebakken, T. 2006.** Feed intake, growth, feed conversion, digestibility, enzyme activities and

Comparative Biochemistry and Physiology, 44(2): 367–374.

Machado, C.R., Garofalo, M.A.R., Roselino, J.E.S., Kettelhut, L., Migliorini, R.H. 1988. Effects of starvation, refeeding, and Insulin on energy-linked metabolic processes in Catfish (*Rhamdia hilarii*) adapted to a carbohydrate-rich diet. *General and Comparative Endocrinology*, 71(3): 429-437.

McCue, M.D. 2010. Starvation physiology: Reviewing the different strategies animals use to survive a common challenge. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 156(1)A: 1–18 .

Meton, I., Fernandez, F., Baanante, I.V. 2003. Short- and long-term effects of refeeding on key enzyme activities in glycolysis-gluconeogenesis in the liver of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 225(1-4): 99–107.

Morales, A.E., Pérez-Jiménez, A., Hidalgo, M., Abellán, E., Cardenete, G. 2004. Oxidative stress and antioxidant defenses after prolonged starvation in *Dentex dentex* liver. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 139(1-3)C: 153–161.

Murai, T. 1992. Protein nutrition of rainbow trout. *Aquaculture*, 100:191-207.

Navarro, I. & Gutierrez, J. 1995. Fasting and starvation. In: Hochachka P.W., Mommsen T.P. (eds.), *Biochemistry and Molecular Biology of Fishes*, Elsevier Science, New York, 4: 393- 433.

NRC (National Research Council) 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Academy Press, Washington, DC, USA, Pp 114.

Pérez-Jiménez, A., Guedes, M.J., Morales, A.E., Oliva-Teles, A. 2007. Metabolic responses to short starvation and refeeding in *Dicentrarchus labrax*. Effect of dietary composition. *Aquaculture*, 265(1-4): 325–335.

Pérez-Jiménez, A., Cardenete, G., Hidalgo, M.C., García-Alcázar, A., Abellán, E., Morales, A.E. 2012. Metabolic adjustments of *Dentex Dentex* to prolonged starvation and refeeding. *Fish Physiology and Biochemistry*, 38(4): 1145–57.

Polakof, S., Panserat, S., Soengas, J., Moon, T. 2012. Glucose metabolism in fish: a review. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 182B: 1015-1045.

Hamza, N., Mhetli, M., Khemis, I.B., Cahu, C., Kestemont, P. 2008. Effect of dietary phospholipids levels on performance, enzyme activities and fatty acid composition of pikeperch (*Sander lucioperca*) larvae. *Aquaculture*, 275(1-4): 274–282.

Higgs, D.A., Sutton, J.N., Kim, H., Oakes, J.D., Smith, J., Biagi, C., Devlin, R.H. 2009. Influence of dietary concentrations of protein, lipid and carbohydrate on growth, protein and energy utilization, body composition, and plasma titres of growth hormone and insulin-like growth factor-1 in non-transgenic and growth hormone transgenic coho salmon. *Aquaculture*, 286: 127–137.

Hilton, J.W. 1982. The effect of pre-fasting diet and water temperature on liver glycogen and liver weight in rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, during fasting. *Journal of Fish Biology*, 20(1): 69-78.

Hirano, T., H.Kawaucji, A. Takahashi, and Ogasawara, T. 1991. Effects of stress and fasting on plasma growth hormone levels in the immature rainbow trout. *Jab. Soc .Sci.Fish*, 57(2): 231-235.

Holloway, A.C., P.K.Reddy, M.A. Sheridan, J., Leatherland, F. 1994. Diurnal rhythms of plasma growth hormone, somatostatin, thyroid hormone, cortisol and glucose concentration on rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, during progressive food deprivation. *Biol. Rhythm-Res.*, 25: 415-432.

Kim, M.K. & Lovell, R.T. 1995. Effect of restricted feeding regimens on compensatory weight gain and body tissue changes in channel catfish *Ictalurus punctatus* in ponds. *Aquaculture*, 135(4): 285–293.

Leatherland, J.F. & Nuti, R.N. 1981. Effects of bovine growth hormone on plasma FFA concentrations and liver, muscle and carcass lipid content in rainbow trout. *Salmo gairdneri* Richardson. *Journal of Fish Biology*, 19(5): 487-498.

Kirchner, S., Seixas, P., Kaushik, S., Panserat, S. 2005. Effects of low protein intake on extra-hepatic gluconeogenic enzyme expression and peripheral glucose phosphorylation in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 140(2)B: 333–340.

Larsson, A. & Lewander, K. 1973. Metabolic effects of starvation in the eel, *Anguilla anguilla* L.

- Sudagar, M., Zarenajad Mazandarani, A.R., Pooralimotlagh, S., 2009.** The efficacy of clove powder as an anesthetic and its effects on hematological parameters on roach (*Rutilus rutilus*). *Journal of Aquaculture Feed Science and Nutrition*, 1: 1-5.
- Van Dijk, P.L.M., Hardewig, I., Hölker, F. 2005.** Energy reserves during food deprivation and compensatory growth in juvenile roach: the importance of season and temperature. *Journal of Fish Biology*, 66(1): 167-181.
- Wang, Y., Cui, Y., Yang, Y., Cai, F., 2005.** Partial compensatory growth in hybrid tilapia (*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*) following food deprivation. *Applied Ichthyology*, 21: 389-393.
- Weatherley, A.H. and Gill, H.S. 1981.** Recovery growth following periods of restricted ration and starvation in rainbow trout, *Salmo gairdneri*. Richardson. *J. Fish Biol.*, 18: 195-208.
- Xiao, H., Zhu, X., Shi, X.T., Lu, X.B., Zhang, D.Z., Rao, J., Jian, J.L. 2011.** Compensatory growth and body composition in juvenile Chinese sturgeon *Acipenser sinensis* following temporary food deprivation. *Journal of Applied Ichthyology*, 27(2): 554- 557.
- Power, D.M., Melo, J. Santos, C.R. 2000.** The effect of food deprivation and re-feeding on the liver, thyroid hormones and transthyretin in sea bream. *Journal of Fish Biology*, 56(2): 374-384.
- Quillfeldt, P. and Masello, F., 2004.** Blood chemistry in relation to nutrition and ectoparasite load in Wilson's stormpetrels *Oceanites oceanicus*. *Polar Biol.*, 27: 168-176
- Regost, C., Arzel, J., Cardinal, M., Laroche, M., Kaushik, S.J. 2001.** Fat Deposition and Flesh Quality in Seawater Reared, Triploid Brown Trout *Salmo Trutta*/as Affected by Dietary Fat Levels and Starvation. *Aquaculture*, 193(3-4): 325-345
- Rossi, A., Cazenave, J., Bacchetta, C., Campana, M., Julieta, M. 2015.** Physiological and metabolic adjustments of *Hoplosternum littorale* (Teleostei, Callichthyidae) during starvation. *Ecological Indicators*, 56: 161-70.
- Sheridan, M.A. & Mommsen, T.P. 1991.** Effects of nutritional state on in vivo lipid and carbohydrate metabolism of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. *General and Comparative Endocrinology*, 81(3): 473-483.
- Shreni, K.D., 1979.** Influence of starvation on the brain and liver cholesterol level of the cat fish *Heteropneustes fossilis*. 17-24.



Effect of two levels of dietary lipid on growth, body composition and some of plasma biochemical parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during starvation and refeeding

Raheleh Mirzaei¹, Seyedeh Sedigheh Babaei², Abdolmohammad Abedian Kenari^{3*}

1- M.Sc. Graduate, Department of Fisheries, Khazar institute of higher education, Mahmoodabad, Mazandaran, iran.

2- Ph.D. Graduate, Department of Aquaculture, Faculty of Marin Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran.

3- Professor, Department of Aquaculture, Faculty of Marin Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran.

Received: 04.07.2016 Accepted: 22.02.2017

*Corresponding author: aabedian@modares.ac.ir

Abstract:

The effect of dietary composition and starvation on growth and plasma metabolites in rainbow trout of 14 g average initial weight was investigated. A group of 240 trout juveniles were distributed in 12 of 150 L tanks. The experiment was performed in a 2*2 factorial design with 2 lipid levels (10 and 18%) and 2 feeding conditions (feeding and starvation) with 4 treatments each with 3 replicates. The fish were fed on diet 1 (lipid 10%, carbohydrate 29%) and diet 2 (lipid 18%, carbohydrate 19%) with the same protein level (47%) and energy. The juveniles were fed to apparent satiation for 3 weeks, followed by starving for 2 weeks and then refeed for 3 weeks. The biometry and plasma biochemical parameters were analysed in the day of 21 (end of 3 weeks feeding), 35 (after 2 weeks starvation) and 60 (end of 3 weeks refeeding). Based on the result, the best growth performance in the fish occurred in diet with 10% lipid in control group (feeding group) and no compensatory growth occurred in this treatment after 2 weeks starvation. Moreover, the result of body composition showed the starvation and diet composition had more effect on body lipid than body protein and body lipid content decreased by starvation. The starvation and diet composition did not have any significant effect on cholesterol and triglyceride, but they induced decreasing plasma glucose level in the trout.

Keywords: Starvation and refeeding, Rainbow trout, Growth, Lipid