مقاله علمی – پژوهشی:

اثر راهبردهای تغذیه‌ای بر عملکرد رشد، شاخص‌های هماتولوژیک و پارامترهای بیوشیمیایی مولدین نر قزل آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

محمد محمدی[۱]، بهرام فلاحتکار[۱،۲*]، میرمسعود سجادی[۱]، عرفان اکبری نرگسی[۱]

* falahatkar@guilan.ac.ir

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، گیلان

۲- گروه علوم دریایی، پژوهشکده حوضه آبی خزر، دانشگاه گیلان، رشت، گیلان

تاریخ دریافت: بهمن ۱۴۰۰ تاریخ پذیرش: دی ۱۴۰۱

چکیده

این پژوهش جهت تعیین اثر راهبردهای تغذیه‌ای بر عملکرد رشد، پارامترهای بیوشیمیایی و شاخص‌های هماتولوژیک مولدین نر قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) انجام شد. بدین‌منظور، مولدین به تعداد ۴۵ عدد در ۳ تیمار تا حد سیری، محدود (۵۰ درصد حد سیری) و گرسنگی در ۳ تکرار با میانگین وزن ۵۴/۲۴ ± ۴۷۵/۵۵ گرم (میانگین ± انحراف معیار) در حوضچه‌های بتونی با دبی ۱ لیتر بر ثانیه برای هر تکرار به مدت ۸ هفته با خوراک اکسترود تغذیه شدند. با توجه به نتایج، وزن نهایی تیمار گرسنگی کاهش معنی‌داری نسبت به تیمارهای محدود و سیری داشت ($p<۰/۰۵$). همچنین در شاخص وزن به‌دست‌آمده، درصد افزایش وزن بدن و نرخ رشد ویژه بین تیمارها تفاوت معنی‌دار وجود داشت ($p<۰/۰۵$)، اما اختلاف معنی‌داری در فاکتور وضعیت مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). از لحاظ ضریب تبدیل غذایی بین تیمار محدود و سیری اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p<۰/۰۵$). شاخص‌های خونی بین تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان ندادند ($P>۰/۰۵$). در پارامترهای بیوشیمیایی خون، میزان گلوکز پلاسما در تیمار گرسنگی اختلاف معنی‌داری با تیمار تغذیه محدود و تیمار سیری نشان داد ($p<۰/۰۵$). همچنین در میزان گلوبولین بین تیمار گرسنگی و سیری اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). به طور کلی، تحقیق حاضر نشان داد که با ایجاد تنش‌های غیرقابل پیش‌بینی در زمان پرورش و به‌تبع آن کاهش یا قطع غذادهی، عملکرد مولدین تحت تأثیر میزان غذای در دسترس قرار می‌گیرد و اثرات نامطلوبی بر پارامترهای رشد و برخی پارامترهای فیزیولوژیک ایجاد می‌کند.

لغات کلیدی: تغذیه، خون‌شناسی، رشد، قزل‌آلا، گرسنگی

*نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1402.32.1.1.0]

مقدمه

ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان از گروه ماهیان سردآبی و متعلق به خانواده آزادماهیان یکی از مهم‌ترین و با ارزش‌ترین ماهیان از نظر تجاری در سرتاسر جهان محسوب می‌شود (Cakli *et al*., 2006). این ماهی به علت تکثیر و پرورش آسان، سرعت رشد بالا، قابلیت تغذیه اولیه با غذای فرموله شده، کیفیت بالای گوشت و تحمل طیف وسیعی از متغیرهای محیطی (درجه حرارت و کیفیت آب)، از ارزش زیادی برخوردار است (Hardy, 2002).

پرورش موفقیت‌آمیز ماهیان از نظر کمی و کیفی به قابلیت دسترسی به غذای مناسب بستگی دارد تا سلامتی و رشد موجود تضمین شود (Friedrich and Stepanowska, 2001). در محیط‌های طبیعی بسیاری از موجودات زنده از جمله آزادماهیان به صورت موقتی یا فصلی دچار کمبود کامل یا جزئی در دسترسی به غذا می‌شوند (Gurney *et al*., 2003; Furné *et al*., 2008). در محیط پرورشی نیز همانند طبیعت، ماهیان ممکن است با محدودیت‌های غذایی روبه‌رو شوند. برای مثال، پرورش‌دهندگان جهت بهبود بخشی از کیفیت آب، کاهش اثرات منفی دستکاری، شیوع بیماری یا به علت عدم تغذیه خود ماهی در شرایط نامتعادل آب و هوایی، اغلب میزان غذادهی را محدود می‌کنند (Davis and Gaylord, 2011). از این‌رو، آبزی‌پروران از راهبردهای مختلفی جهت اعمال مدیریت تغذیه‌ای بهتر استفاده می‌کنند که از جمله این موارد می‌توان به تغذیه تا حد سیری[1]، تغذیه محدود[2] و گرسنگی[3] کوتاه یا بلندمدت اشاره کرد (فلاحتکار، ۱۳۹۳؛ Lovell, 1998).

ماهیان ممکن است دوره‌های مختلف گرسنگی را در دمای بالا و پایین یا هنگام بیماری و درمان تجربه کنند. گرسنگی تبعات متفاوتی دارد و ممکن است از چند هفته تا چندین ماه ادامه یابد و منجر به کاهش شدید ذخایر انرژی بدن ماهیان و تحلیل بافت‌ها به منظور ادامه حیات گردد (Falahatkar *et al*., 2013). گرسنگی چربی‌ها را به‌سرعت وادار به شکستن می‌کند و اگر دوره گرسنگی طولانی شود، پروتئین‌ها نیز برای تولید انرژی شکسته می‌شوند (Einen *et al*., 1998). لیپیدها به‌خصوص اسیدهای چرب سازنده آنها، منبع اولیه انرژی سلولی در طول دوره‌های محدودیت غذایی در بین جانوران هستند (McCue, 2008). ماهی برای بقاء در شرایط محدودیت غذایی، ذخایر انرژی خود را برای تعدیل متابولیک بدن به‌کار می‌گیرد که متناسب با گونه، متفاوت است (Pérez-Jiménez *et al*., 2007). محدودیت غذایی به‌تنهایی می‌تواند به طور جدی بر موفقیت تکثیر مولدین تأثیر بگذارد. توقف رشد و توسعه گنادها در برخی از ماهی‌ها از جمله ماهی طلایی (*Carassius auratus*)، باس دریایی اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) و جنس نر ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*)، در اثر کاهش در میزان تغذیه آنها گزارش شده است (Sasayama and Takahashi, 1972; Cerdá *et al*., 1994; Berglund, 1995).

تغذیه مولدین از اهمیت بالایی برخوردار است و از مهم‌ترین عواملی است که در روند تولیدمثلی آنها اثر می‌گذارد به‌طوری‌که تغذیه مناسب، موجب افزایش هم‌آوری و کیفیت گامت‌ها می‌شود. واضح است که بروز بسیاری از کمبودها و مشکلات در مراحل اولیه پرورش لاروهای تازه تخم‌گشایی شده، می‌تواند به طور مستقیم با رژیم غذایی مولدین در ارتباط باشد. اما تغذیه مولدین از مواردی است که کمترین تحقیقات در آن حوزه انجام گرفته است (Izquierdo *et al*., 2001). این امر به دلیل دشوار بودن دسترسی به تعداد کافی مولدین و هزینه‌بر بودن این پژوهش‌هاست.

به علت پرورش وسیع قزل‌آلا در ایران، میزان تکثیری که هر ساله از نظر کمی و کیفی در این گونه انجام می‌گیرد، جوابگوی نیازهای مزارع پرورشی نیست. این امر به‌دلیل کیفیت نامناسب مواد استحصالی از مولدین و از مهم‌ترین عواملی است که موجب وابستگی به سایر کشورها برای تأمین تخم چشم‌زده مورد نیاز کارگاه‌های پرورش قزل‌آلا شده است. در همین راستا، به‌کارگیری تمهیداتی برای

[1] Satiation
[2] Restricted feeding
[3] Starvation

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1402.32.1.1.0]

باعث افزایش راندمان تکثیر قزل‌آلای رنگین‌کمان، حائز اهمیت است و می‌تواند باعث کاهش هزینه‌ها و وابستگی به سایر کشورها و دستیابی به آبزی‌پروری پایدار شود.

آگاهی از خصوصیات فیزیولوژیک و زیستی ماهیان و تعیین قدرت سازگاری آنها با شرایط پرورشی، می‌تواند به موفقیت آبزی‌پروری کمک شایانی نماید که برای مثال، اعمال محدودیت‌های غذایی می‌تواند باعث بهبود پروتکل‌های پرورشی و تغذیه‌ای با امکان کاهش هزینه‌های تولید گردد. در همین راستا، ثابت شده است که اعمال محدودیت غذایی با پروتکل مناسب می‌تواند باعث کاهش مصرف غذا، بهبود کیفیت آب، مدیریت زمان در به‌کارگیری کارکنان، کاهش هزینه‌های کارگری و در نتیجه، افزایش سوددهی در مزارع پرورشی شود (Pérez-Jiménez *et al*., 2007).

ماهی قزل‌آلا با نزدیکی به فصل تکثیر (اواخر پاییز و در طول زمستان)، به دلیل پایین آمدن دما، با تغذیه محدود و عدم تغذیه مواجه می‌شود. با توجه به پرورش گسترده ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در مزارع پرورشی مختلف در سطح کشور، مدیریت تغذیه می‌تواند به عنوان عاملی کلیدی در مدیریت پرورش و موفقیت آبزی‌پروری این گونه مطرح باشد. تاکنون برخی مطالعات اثرات راهبردهای غذایی را بر مولدین ماده قزل‌آلای رنگین‌کمان مورد بررسی قرار داده‌اند (Höjesjö *et al*., 1999; Cardona *et al*., 2019; Pavlov *et al*., 2020) درحالی‌که در این زمینه مطالعه‌ای بر مولدین نر انجام نشده است. در همین راستا، با توجه به اهمیت مولدین نر و فقدان اطلاعات در ارتباط با اثر محدودیت‌های غذایی بر عملکرد فیزیولوژیک آنها، مطالعه حاضر هدف‌گذاری و انجام شد. در تحقیق حاضر، تلاش گردید تغییرات ویژگی‌های مرتبط با رشد، خون‌شناسی و بیوشیمیایی پلاسمای خون ماهی مولد نر قزل‌آلا در اثر محدودیت و محرومیت غذایی و تحت شرایط آب و هوایی منطقه مورد ارزیابی قرار گیرد و اولویت‌های منابع تأمین انرژی در دوران گرسنگی تشخیص داده شود تا در صورت نیاز بتوان از آن برای ارزیابی پارامترهای بیوشیمیایی و خونی و نیز آگاهی از وضعیت تغذیه‌ای و مدیریت بهتر این گونه در فصل تکثیر در سیستم‌های پرورشی استفاده نمود.

مواد و روش کار

تهیه ماهی و شرایط نگهداری

این پژوهش از مهرماه تا آذرماه ۱۳۹۵ به مدت ۸ هفته در مرکز تکثیر و پرورش ماهی قزل‌آلای درناب واقع در منطقه قلعه رودخان شهرستان فومن (استان گیلان) و در استخر بتونی دراز و مستطیل شکل (۱۵ × ۱/۵ متر) با ارتفاع ۱ متر و عمق آبگیری ۰/۸ متر انجام شد. پس از خریداری ماهیان نر قزل‌آلای رنگین‌کمان و انتقال به مرکز تکثیر، تقسیم‌بندی حوضچه در ۹ بخش به ابعاد ۱/۷ × ۱/۵ متر (برای هر تکرار)، با توری پلاستیکی با چشمه ۱ سانتی‌متر انجام شد. قبل از شروع کار، ماهیان به مدت ۴۸ ساعت قطع غذا شدند تا محتویات شکمی آن‌ها خالی گردد. سپس تعداد ۴۵ عدد ماهی با میانگین وزن اولیه ۴۷۵/۵۵±۵۴/۲۴ گرم در ۹ حوضچه با شرایط یکسان (۵ مولد به ازاء هر تکرار) توزیع شدند. دبی آب برای هر تکرار ۱ لیتر بر ثانیه بود و از رودخانه تأمین می‌شد. میانگین دما در طول دوره ۱۱/۲±۰/۳۴ درجه سانتی‌گراد بود. میزان اکسیژن محلول آب در طی دوره ۱۱-۹ میلی‌گرم در لیتر و میانگین pH برابر ۷/۰۱±۰/۰۱ بود. ماهیان در طول دوره آزمایش در شرایط نور طبیعی نگهداری شدند.

طراحی آزمایش

تیمارها در سه گروه شامل تیمار گرسنگی، تیمار تغذیه تا حد سیری و تیمار محدود (۵۰ درصد حد سیری) در ۳ تکرار با ۵ عدد ماهی در هر تکرار تقسیم شدند. تغذیه دو بار در روز (Rinchard *et al*., 2003) در ساعات ۸:۰۰ و ۱۷:۰۰ با استفاده از خوراک GFT_3 شرکت فرادانه (شهرکرد، ایران) انجام گرفت. آنالیز تقریبی غذای مورد استفاده در آزمایش حاضر در جدول ۱ ارائه شده است. در تیمار تغذیه تا حد سیری، غذادهی به صورت دستی تا زمانی که ماهی‌ها از ادامه تغذیه خودداری می‌کردند، ادامه

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1402.32.1.1.0]

می‌یافت. سپس میزان غذای مصرف شده هر تکرار اندازه‌گیری شده و غذادهی تیمار محدود به مقدار ۵۰ درصد حد سیری، انجام می‌شد.

جدول ۱: آنالیز تقریبی غذای مورد استفاده در آزمایش حاضر
Table 1: Proximate composition of the diet used in the present study

آنالیز شیمیایی	درصد (وزن خشک)
ماده خشک	۸۹
پروتئین خام	۳۸
چربی خام	۱۵
خاکستر	۱۰
فیبر خام	۳/۵
فسفر	۱

تعیین شاخص‌های رشد

به منظور بررسی اثر راهبردهای تغذیه‌ای بر شاخص‌های رشد در انتهای دوره (پایان ۸ هفته)، تمامی ماهی‌ها زیست‌سنجی شدند. قبل از انجام زیست‌سنجی، ماهی‌ها با غوطه‌وری در پودر گل میخک با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در هر لیتر آب بیهوش شدند (اکبری نرگسی و همکاران، ۱۳۹۸). شایان ذکر است، ۲۴ ساعت قبل از انجام زیست‌سنجی، غذادهی قطع شد. ابتدا طول و وزن مولدین اندازه‌گیری شده و سپس فاکتورهای درصد افزایش وزن بدن (BWI)، نرخ رشد ویژه (SGR)، ضریب تبدیل غذایی (FCR) و فاکتور وضعیت (CF) در هر یک از تیمارها با استفاده از فرمول‌های ذیل محاسبه شد (Turchini *et al*., 2003; Bekcan *et al*., 2006; Huang *et al*., 2008):

$$BWI\ (\text{درصد}) = (\text{وزن انتهایی} - \text{وزن ابتدایی}) / \text{وزن ابتدایی} \times ۱۰۰$$

$$SGR\ (\text{درصد / روز}) = (\text{لگاریتم وزن انتهایی} - \text{لگاریتم وزن ابتدایی}) / \text{تعداد روزهای آزمایش} \times ۱۰۰$$

$$FCR = \text{میزان غذای مصرف شده} / \text{وزن به‌دست‌آمده}$$

$$CF = (\text{وزن} / \text{طول}^{۳}) \times ۱۰۰$$

خون‌گیری و تعیین پارامترهای خونی

در انتهای دوره آزمایش از هر تکرار ۲ مولد به صورت تصادفی انتخاب شدند و از هر کدام از آنها به میزان ۲ میلی‌لیتر خون گرفته شد. قبل از خون‌گیری، ماهی‌ها با غوطه‌وری در عصاره پودر گل میخک با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در هر لیتر آب بیهوش شدند (اکبری نرگسی و همکاران، ۱۳۹۸). خون‌گیری از انتهای باله مخرجی از سیاهرگ دمی به‌وسیله سرنگ هپارینه ۵ میلی‌لیتری انجام شد. بخشی از نمونه‌های خون در میکروتیوب‌ها قرار داده شده و بلافاصله به یخچال منتقل گردید. بخش دیگر از نمونه‌های خون پس از جداسازی پلاسما با دستگاه سانتریفیوژ (به مدت ۱۰ دقیقه در دور g ×۱۵۰۰) به داخل میکروتیوب ریخته شده و جهت اندازه‌گیری پارامترهای بیوشیمیایی تا زمان آزمایش در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

به منظور تعیین هماتوکریت، پس از پر کردن سه‌چهارم لوله موئین هپارینه از خون، نمونه‌ها در سانتریفیوژ میکروهماتوکریت (Hawksley & Sons, England) به مدت ۵ دقیقه در دور g ×۳۵۰۰ سانتریفیوژ شده و درصد هماتوکریت محاسبه گردید (Vázquez and Guerrero, 2007). تعیین میزان هموگلوبین به‌وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر و کیت هموگلوبین انجام گرفت (Drabkin, 1945). به منظور شمارش گلبول‌های قرمز پس از رقیق‌سازی خون با محلول هایم (نسبت ۱ به ۲۰۰)، ۱ قطره از محتوای پیپت ملانژور به لام هماسیتومتر اضافه شده و تعداد گلبول‌های قرمز با عدسی ۴۰ × میکروسکوپ نوری شمارش شدند (Dacie and Lewis, 1995). به‌منظور شمارش گلبول‌های سفید ابتدا خون با محلول مارکانو (نسبت ۱ به ۲۰) رقیق‌سازی شد. سپس یک قطره از محتوای پیپت ملانژور به لام هماسیتومتر اضافه شد و شمارش با عدسی ۴۰ × میکروسکوپ نوری انجام گرفت (Svesbodora *et al*., 1991). شمارش افتراقی گلبول‌های سفید با هدف تعیین درصد لوکوسیت‌ها انجام شد. ابتدا یک قطره خون بر روی

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1402.32.1.1.0]

لام ریخته و با تهیه گسترش خونی پس از خشک کردن و فیکس با اتانول و رنگ‌آمیزی با رنگ گیمسا، شمارش از قسمت نازک و پر مانند سر گسترش آغاز شد. حرکت لام در زیر عدسی شیئی ۱۰۰ × میکروسکوپ به‌شکل زیگزاگی انجام شد. در هر میدان دید، تعداد و نوع لوکوسیت‌ها مورد شناسایی و تفکیک قرار گرفت. شاخص‌های خونی شامل میانگین حجم گلبول (MCV)، میانگین هموگلوبین در گلبول (MCH) و میانگین غلظت هموگلوبین در گلبول (MCHC) نیز با استفاده از فرمول‌های ذیل محاسبه شدند (Doucett *et al*., 1999):

MCV (فمتولیتر) = (تعداد گلبول‌های قرمز/ هماتوکریت) × ۱۰

MCH (سلول / پیکوگرم) = (تعداد گلبول‌های قرمز/ غلظت هموگلوبین) × ۱۰

MCHC (درصد) = (هماتوکریت/غلظت هموگلوبین) × ۱۰۰

اندازه‌گیری پارامترهای بیوشیمیایی خون

اندازه‌گیری پارامترهای بیوشیمیایی خون (گلوکز، کلسترول، تری گلیسرید، پروتئین کل و گلوبولین) از طریق روش رنگ‌سنجی با استفاده از کیت شرکت پارس آزمون (کرج، ایران) و دستگاه اسپکتروفتومتر (Unico, New Jersey, USA) انجام گرفت. برآورد میزان گلوبولین نیز با توجه به مقادیر پروتئین کل و آلبومین مورد محاسبه قرار گرفت. بدین‌صورت که با تفریق میزان آلبومین از پروتئین کل برای هر نمونه، مقدار گلوبولین محاسبه گردید (Kumar *et al*., 2005).

روش تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها

به منظور بررسی توزیع نرمال داده‌ها از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده شد. سپس تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵٪ استفاده گردید. تمامی آنالیزها با استفاده از نرم‌افزار SPSS (نسخه ۱۸) انجام گرفت.

نتایج

در جدول ۲ نتایج مربوط به پارامترهای رشد در تحقیق حاضر ارائه شده است. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، بالاترین میانگین وزن نهایی (۶/۴۲±۵۲۲/۳۳ گرم) در تیمار سیری مشاهده شد که با تیمار گرسنگی اختلاف معنی‌دار داشت (p<۰/۰۵). بیشترین میانگین افزایش وزن بدن (۱/۰۰±۴/۹۵ درصد) و بالاترین نرخ رشد ویژه (۰/۰۳±۰/۱۷ درصد / روز) در تیمار سیری مشاهده شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داد (p<۰/۰۵). ضریب تبدیل غذایی در تیمار محدود نسبت به تیمار سیری بالاتر بود و اختلاف معنی‌داری داشت (p<۰/۰۵).

در جدول ۳ نتایج مربوط به شاخص‌های خونی ارائه شده است. طبق نتایج به‌دست‌آمده، در هیچ‌یک از شاخص‌های خونی در بین تیمارهای آزمایشی، تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد (p>۰/۰۵)، اما بیشترین تعداد گلبول قرمز، درصد هماتوکریت و درصد نوتروفیل در تیمار گرسنگی به‌دست آمد. بیشترین تعداد گلبول سفید، هموگلوبین و MCHC در تیمار سیری و بیشترین درصد لنفوسیت در تیمار محدود دیده شد.

در پارامترهای بیوشیمیایی خون، میزان گلوکز پلاسما در تیمار گرسنگی اختلاف معنی‌داری با تیمار تغذیه محدود و تیمار سیری نشان داد (p<۰/۰۵). در میزان گلوبولین بین تیمار گرسنگی و سیری اختلاف معنی‌دار بود (p<۰/۰۵) به‌طوری‌که مقدار آن در تیمار گرسنگی کمتر از تیمار سیری بود. در سایر پارامترها شامل کلسترول، تری‌گلیسرید، پروتئین کل و آلبومین پلاسمای خون، بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد (p>۰/۰۵؛ جدول ۴).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1402.32.1.1.0]

جدول ۲: مقایسه پارامترهای رشد مولدین نر قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) پس از ۸ هفته تغذیه با راهبردهای مختلف (میانگین ± انحراف معیار؛ n=۳)

Table 2: Comparison of the growth parameters of male rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) broodstock after 8 weeks feeding with different strategies (mean ± SD; n=3)

پارامتر	تیمار		
	گرسنگی	تغذیه محدود	سیری
وزن اولیه (گرم)	۴۹۰/۳۳ ± ۳/۲۱	۴۹۴/۶۶ ± ۶/۶۵	۴۹۷/۶۶ ± ۳/۰۵
وزن نهایی (گرم)	۴۳۲/۶۶ ± ۱۶/۵۰^{b}	۵۰۲ ± ۷/۰۰^{a}	۵۲۲/۳۳ ± ۶/۴۲^{a}
وزن به‌دست‌آمده (گرم)	-۵۷/۶۶ ± ۱۳/۳۱^{c}	۷/۳۳ ± ۰/۵۷^{b}	۲۴/۶۶ ± ۵/۰۳^{a}
افزایش وزن بدن (درصد)	-۱۱/۷۷ ± ۲/۷۸^{c}	۱/۴۸ ±۰/۱۰^{b}	۴/۹۵ ± ۱/۰۰^{a}
نرخ رشد ویژه (درصد/روز)	-۰/۴۴ ± ۰/۱۱^{c}	۰/۰۵ ± ۰/۰۰^{b}	۰/۱۷ ± ۰/۰۳^{a}
ضریب تبدیل غذایی	-	۲/۶۹ ± ۰/۰۷^{a}	۱/۶۷ ± ۰/۲۵^{b}
فاکتور وضعیت	۱/۱۳ ± ۰/۰۵	۱/۲۶ ± ۰/۰۹	۱/۲۱ ± ۰/۰۶
وزن غذای مصرفی (گرم/ماهی)	-	۱۹/۷۴ ± ۱/۴۹^{b}	۴۱/۳۱ ± ۲/۲۸^{a}
زنده‌مانی (درصد)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

حروف متفاوت انگلیسی در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌دار است ($p<۰/۰۵$).

جدول ۳: مقایسه شاخص‌های خونی مولدین نر قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) پس از ۸ هفته تغذیه با راهبردهای مختلف (میانگین ± انحراف معیار؛ n=۳)

Table 3: Comparison of hematological indices of male rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) broodstock after 8 weeks feeding with different strategies (mean ± SD; n=3)

شاخص‌های خونی	تیمار		
	گرسنگی	تغذیه محدود	سیری
تعداد گلبول قرمز (میکرولیتر/^{۶}۱۰ ×)	۱/۷۴ ± ۰/۱۹	۱/۷۰ ± ۰/۱۴	۱/۶۹ ± ۰/۰۷
تعداد گلبول سفید (میکرولیتر/^{۳}۱۰×)	۹/۳۰ ± ۲/۷۹	۹/۷۵ ± ۰/۹۵	۱۰/۶۶ ± ۱/۸
هموگلوبین (گرم در دسی لیتر)	۱۰/۲۷ ± ۰/۹۷	۱۰/۰۶ ± ۰/۸۳	۱۰/۶۱ ± ۰/۵۴
هماتوکریت (درصد)	۷۳/۴۴ ± ۸/۳۲	۷۱/۸۸ ± ۶/۲۷	۷۲/۰۰ ± ۳/۴۶
MCV (فمتولیتر)	۴۲۰/۸۸ ± ۶/۱۹	۴۲۲/۱۱ ± ۳/۵۳	۴۴۵/۷۷ ± ۴۸/۷۰
MCH (پیکوگرم در سلول)	۵۸/۸۸ ± ۱/۳۸	۵۹/۱۱ ± ۰/۳۸	۵۹/۶۶ ± ۱/۴۵
MCHC (درصد)	۱۳/۸۸ ± ۰/۶۹	۱۳/۸۸ ± ۰/۱۹	۱۴/۱۱ ± ۰/۱۹
لنفوسیت (درصد)	۷۵/۰۰ ± ۳/۴۸	۷۶/۰۰ ± ۰/۸۸	۷۵/۵۵ ± ۱/۷۱
نوتروفیل (درصد)	۱۹/۸۸ ± ۲/۹۸	۱۹/۳۳ ± ۰/۳۳	۱۹/۴۴ ± ۱/۵۰
مونوسیت (درصد)	۴/۷۷ ± ۰/۸۳	۴/۳۳ ± ۰/۵۷	۴/۴۴ ± ۰/۵۱
ائوزینوفیل (درصد)	۱/۵۰ ± ۰/۷۰	۱/۵۰ ± ۰/۰۰	۱/۱۶ ± ۰/۲۳

عدم وجود حروف متفاوت انگلیسی در هر ردیف بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار است ($p>۰/۰۵$).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1402.32.1.1.0]

جدول ۴: مقایسه پارامترهای بیوشیمیایی خون مولدین نر قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) پس از ۸ هفته تغذیه با راهبردهای مختلف (میانگین ± انحراف معیار؛ n=۳)

Table 4: Comparison of biochemical parameters of male rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) broodstock after 8 weeks feeding with different strategies (mean ± SD; n=3)

پارامترهای بیوشیمیایی خون	تیمار		
	گرسنگی	تغذیه محدود	سیری
گلوکز (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۹۱/۴۶ ± ۱۹/۳۶^{b}	۱۳۴/۰۲ ± ۱۹/۱۳^{a}	۱۴۰/۶۱ ± ۱۹/۷۸^{a}
کلسترول (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۱۴۲/۷۲ ± ۲۸/۳۹	۱۹۲/۰۵ ± ۵۰/۸۷	۲۱۰/۵۴ ± ۲۶/۵۲
تری‌گلیسرید (میلی‌گرم در دسی‌لیتر)	۱۶۱/۹۷ ± ۶۳/۲۴	۲۰۱/۷۷ ± ۷۲/۲۶	۲۳۳/۸۸ ± ۴۶/۱۳
پروتئین کل (گرم در دسی‌لیتر)	۷/۲۳ ± ۱/۳۹	۹/۴۶ ± ۲/۵۰	۱۰/۳۷ ± ۱/۳۰
آلبومین (گرم در دسی‌لیتر)	۱/۶۲ ± ۱/۳۴	۱/۷۵ ± ۱/۳۲	۰/۹۹ ± ۰/۱۵
گلوبولین (گرم در دسی‌لیتر)	۵/۶۱ ± ۰/۳۴^{b}	۷/۷۱ ± ۲/۵۲^{ab}	۹/۳ ± ۱/۳۳^{a}

حروف متفاوت انگلیسی در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌دار است (p<۰/۰۵).

بحث

اعمال محرومیت غذایی می‌تواند به عنوان یک عامل استرس‌زا مطرح شده و منجر به کاهش رشد، کاهش مقاومت ماهیان و تغییر در شاخص‌های فیزیولوژیک شود (Wedemeyer *et al*., 1990). در مطالعه حاضر، اثر راهبردهای تغذیه‌ای بر پارامترهای رشد و شاخص‌های خونی مولدین نر قزل‌آلای رنگین‌کمان مورد بررسی قرار گرفت. پس از ۸ هفته محرومیت و محدودیت غذایی، تغییرات معنی‌داری در عملکرد رشد مولدین به‌وجود آمد. در طول این دوره، کاهش وزن در تیمار گرسنه نسبت به تیمار محدود و سیری مشاهده شد. از آن‌جایی که در دوران گرسنگی معمولاً ماهی برای تأمین انرژی مورد نیاز خود مجبور به استفاده از ذخایر درونی بدن است (Mehner and Wieser, 1994)، کاهش رشد در تیمار گرسنگی منطقی به‌نظر می‌رسد. در طول اولین موج گرسنگی، گلوکز مشتق از گلیکوژن برای حفظ گلایسمی بدن مورد استفاده قرار می‌گیرد. با مصرف گلیکوژن کبد، منابع ذخیره‌ای لیپید نیز برای تولید انرژی مصرف می‌شود. زمانی که هر دو منبع تخلیه شدند، پروتئین از ماهیچه‌های اسکلتی برای تأمین انرژی مصرف می‌شود (Einen *et al*., 1998; Ali *et al*., 2003; McCue, 2008).

در مطالعه حاضر، تیمار سیری به طور دائم و تیمار محدود به طور نسبی در حال تغذیه است و از این طریق انرژی مورد نیاز خود را تأمین می‌کردند. شاخص وزن به‌دست‌آمده، درصد افزایش وزن بدن و نرخ رشد ویژه در تیمار غذادهی شده تا حد سیری در مقایسه با تیمار تغذیه محدود بالاتر و در تیمار گرسنگی منفی بود. با توجه به این اطلاعات، تیمار گرسنگی برای تأمین انرژی از ذخایر درونی بدن خود استفاده کرده که همین امر منجر به افت وزنی در این تیمار شده است. همان‌طوری‌که مشخص است، تیمار سیری اختلاف معنی‌داری در پارامترهای مذکور با تیمار محدود نشان نداد که این موضوع به برخورداری از ذخایر درونی کافی و برخورداری از انرژی خارجی به‌وسیله غذای دریافتی در هر دو تیمار برمی‌گردد (شیروان و همکاران، ۱۳۹۲؛ علیزاده افشار و همکاران، ۱۳۹۳).

Power و همکاران (۲۰۰۰) در مورد ماهی شانک (*Sparus aurata*)، Collins و Anderson (۱۹۹۵) در مورد سوف طلایی (*Macquaria ambigua*)، Salam Abdus و Masud (۲۰۰۰) با مطالعه بر ماهی *Catla catla* و Simpkins (۲۰۰۲) در ارتباط با تأثیر گرسنگی بر وزن بدن ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نتایج مشابهی گزارش نموده‌اند. حاجی مرادی و همکاران (۱۳۸۶) عنوان کردند، ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به‌خوبی با دوره‌های

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1402.32.1.1.0]

طولانی گرسنگی سازش می‌یابد و ذخایر گلیکوژنی و چربی بدن را برای رفع نیازمندی‌های متابولیک خود در مدت گرسنگی مورد استفاده قرار می‌دهد. همچنین رحمتی و همکاران (۱۳۸۹) پس از بررسی اثرات گرسنگی و تغذیه مجدد بر عملکرد رشد و فاکتورهای بیوشیمیایی خون در ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*) اختلاف معنی‌داری در پارامترهای رشد گزارش نمودند.

در تیمار محدود با توجه به غذادهی کمتر در مقایسه با تیمار سیری، به‌دلیل عدم تأمین انرژی کافی جهت سوخت‌وساز و رشد در طول دوره، منجر به افزایش ضریب تبدیل غذایی در مقایسه با تیمار سیری شده است. بنابراین، تغذیه ناکافی در تیمار تغذیه محدود مانع رشد ماهیان در حد تیمار سیری شد. در تیمار سیری ماهیان با داشتن جیره مناسب و به اندازه نیاز، علاوه بر دریافت انرژی لازم جهت متابولیسم، توانستند رشد قابل‌توجهی داشته باشند و با داشتن شرایط مناسب تغذیه، بهبود پارامترهای رشد مشاهده شد. معمولاً به دلیل غذای کمتر، مدت ماندگاری غذا در دستگاه گوارش افزایش یافته و هضم و جذب بهبود می‌یابد درحالی‌که در این مطالعه به احتمال پایین بودن دما در طول دوره، سرعت متابولیسم کاهش پیدا کرده و متعاقب آن مصرف انرژی کاهش یافته و نتیجه دیگری اخذ شده است (Salam *et al*., 2000).

وجود اختلاف معنی‌دار بین میانگین وزن نهایی ماهیان تیمار گرسنگی که شدیدترین محرومیت غذایی را تحمل کردند و تیمار سیری، نشان‌دهنده شدت محرومیت غذایی اعمال شده بر تیمار گرسنگی بود. از آن‌جایی‌که سرعت رشد در ماهیان تحت تأثیر شرایط مختلف محیطی به‌خصوص شدت تغذیه و دما قرار دارد، مشاهده اختلاف در نرخ رشد ویژه بین تیمارهای مختلف آزمایش طبیعی است، زیرا ماهیان تیمارهای مختلف نسبت‌های متفاوتی از محرومیت غذایی را طی آزمایش تجربه کرده‌اند. به‌همین دلیل، اختلاف معنی‌داری در نرخ رشد ویژه بین ماهیان تیمارهای مختلف مشاهده شده است. دمای پایین باعث کاهش نرخ رشد و به‌تبع آن کاهش متابولیسم در ماهی می‌شود. این یافته‌ها، مشابه نتایج حاصل از بررسی‌های انجام شده بر قزل‌آلای رنگین‌کمان (ایمانی و همکاران، ۱۳۸۸؛ Azodi *et al*., 2015) و هیبرید تیلاپیاست (Wang *et al*., 1999).

در پایان دوره، شاخص‌های هماتولوژیک در این گونه اثرات معنی‌داری بین تیمارهای مختلف نشان نداد که پایین بودن دمای آب می‌تواند دلیل عدم تأثیرگذاری راهبردهای تغذیه‌ای مختلف مورد استفاده در این آزمایش بر خون‌سازی و فیزیولوژی ماهی قزل‌آلا باشد (Brunt and Austin, 2005)، ولی بیشترین تعداد گلبول‌های قرمز و هماتوکریت در تیمار گرسنه مشاهده گردید. با توجه به مطالعات انجام شده، کاهش شاخص MCV در آبزیان (به‌ویژه در تیمار گرسنه) احتمالاً به علت کاهش حجم گلبول‌های قرمز است که این امر موجب تسهیل حرکت گلبول‌های قرمز در رگ‌ها و جلوگیری از ایجاد لخته می‌شود (کاظمی و همکاران، ۱۳۸۹). بیشترین تعداد گلبول سفید و کمترین میزان ائوزینوفیل در تیمار سیری مشاهده شد که دلیل متفاوت بودن نتایج را می‌توان به عواملی مانند وضعیت فیزیولوژیک (Brunt and Austin, 2005) و دسترسی به غذا مربوط دانست. طبق نتایج، کمترین میزان گلبول سفید در تیمار گرسنگی مشاهده شد. در همین راستا، Kawatsu (۱۹۶۶) عنوان نموده است که دوره‌های گرسنگی باعث کاهش تعداد گلبول‌های سفید در ماهی قزل‌آلا می‌شود. از جمله عوامل مؤثر در تعداد گلبول‌های سفید می‌توان به بیماری‌های عفونی، التهاب، استرس، دما، وضعیت تغذیه، سن، جنس و تغییر در میزان هورمون‌ها اشاره کرد (سراجیان، ۱۳۸۶). به‌نظر می‌رسد، استرس ناشی از عدم تغذیه باعث کاهش تعداد گلبول‌های سفید شده است. نتایج مشابهی نیـز در سایر تحقیقات گزارش شده است (Wedemeyer *et al*., 1990; Alimahmoudi *et al*., 2015). این موضوع نیاز به تحقیقات جامع و کامل‌تری برای درک بهتر خواهد داشت.

گلوکز کربوهیدراتی است که نقش اساسی در مکانیسم بیوانرژتیک جانوران ایفاء نموده است و نوعی از ذخیره انرژی به صورت شیمیایی است که می‌تواند در صورت لزوم به انرژی مکانیکی تبدیل شود (De Pedro *et al*., 2003). سطح گلوکز پلاسما در مطالعه حاضر بر اثر

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1402.32.1.1.0]

راهبردهای مختلف غذایی در تیمار گرسنگی، اختلاف معنی‌داری با تیمار تغذیه محدود و سیری نشان داد. در پایان دوره محدودیت و محرومیت غذایی، سطح گلوکز پلاسما در تیمار گرسنگی به طور معنی‌داری پایین بود. در مطالعات مختلف در زمینه راهبردهای مختلف غذایی، کاهش سطح گلوکز بر اثر گرسنگی در سیم دریایی، لای ماهی (*Tinca tinca*)، باس دریایی اروپایی، قزل‌آلای رنگین‌کمان و تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii*) ثابت شده است (Power *et al*., 2000; De Pedro *et al*., 2003; Ceinos *et al*., 2008; Shirvan *et al*., 2020) که هم‌سو با مطالعه کنونی است. علت این کاهش، نقش کلیدی گلوکز به عنوان منبع انرژی در طول دوره محرومیت غذایی است. در مطالعه حاضر، کاهش سطح گلوکز پلاسما در تیمار گرسنگی احتمالاً می‌تواند به دلیل برخورداری از سطح پایین ذخایر درونی (ناکافی بودن گلیکوژنولیز یا گلوکونئوژنز) باشد. گلوکز پلاسما تحت تأثیر کاتابولیسم پروتئین و گلیکوژنز است (Andenen *et al*., 1991). به عبارتی، حفظ گلوکز خون با ظرفیت استفاده از گلیکوژن کبد مرتبط است و در صورت ادامه روند گرسنگی، به فعال‌سازی بعدی گلوکونئوژنز کبد و کاهش در نرخ مصرف گلوکز وابسته است (Foster and Moon, 1991).

در مطالعه حاضر، بعد از ۸ هفته محدودیت و محرومیت غذایی، مقادیر پروتئین کل بین تیمارها تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرد. Navarro و Gutiérrez (۱۹۹۵) بیان کردند که تمایل به کاهش پروتئین کل پلاسما در طول گرسنگی وجود دارد که با مطالعه حاضر مغایرت داشت. پروتئولیز فقط زمانی رخ می‌دهد که ذخایر سهل‌الوصول نظیر گلیکوژن و چربی کبد در ماهی به صورت گسترده مصرف شده باشد. در مطالعه حاضر به‌نظر می‌رسد، ماهیان محروم از غذا برای جبران انرژی کم دریافتی، مصرف ذخایر گلیکوژنی و تا حدی چربی کبدی و احشایی خود را در اولویت قرار داده و از ذخایر پروتئینی خود استفاده زیادی نکرده‌اند. به عبارتی، شدت و زمان گرسنگی به‌حدی نبوده که منجر به حذف مقادیر زیادی از گلوکز و سایر منابع انرژی شود و ذخایر پروتئینی دست‌نخورده باقی مانده است. در طول گرسنگی، ذخایر چربی در پاسخ به محرومیت غذایی از بافت‌های ذخیره چربی تخلیه می‌شوند. به‌همین علت، محرومیت غذایی طولانی‌مدت می‌تواند منجر به افزایش در غلظت کلسترول و تری‌گلیسرید گردد. تری‌گلیسرید به عنوان یک نشانگر کوتاه‌مدت در وضعیت تغذیه به‌کار می‌رود و در دسترس‌ترین ذخیره چربی در طول مراحل اولیه محرومیت غذایی است (Bucolo and David, 1973; Navarro and Gutiérrez, 1995).

در مطالعه حاضر، سطوح تری‌گلیسرید و کلسترول پلاسما، تحت تأثیر راهبردهای مختلف تغذیه‌ای، اختلاف معنی‌داری نشان ندادند. به‌نظر می‌رسد، دوره‌های محدودیت و محرومیت غذایی به‌حدی نبوده است که سبب تغییرات معنی‌دار در تری‌گلیسرید و کلسترول خون گردد. دلیل این امر احتمالاً دمای پایین و کاهش نیازهای غذایی ماهی است. طی گرسنگی پس از کاهش ذخایر گلیکوژنی، میزان گلوکز پلاسما کاهش می‌یابد. بنابراین، هورمون‌های اپی‌نفرین و گلوکاگون در پاسخ به مقادیر پایین گلوکز ترشح می‌شوند. در اثر ترشح این هورمون‌ها فرآیند گلوکونئوژنز و لیپولیز فعال شده و منجر به تجزیه ذخایر در دسترس چربی‌ها (تری‌گلیسرید) می‌گردد (Larsson and Lewander, 1973)، بنابراین، اسیدهای چرب آزاد شده در اثر لیپولیز چربی‌ها وارد گردش خون می‌گردند. این اسیدهای چرب وارد چرخه اسید سیتریک شده و تولید انرژی می‌کنند که در اثر این فرآیند تولید کلسترول نیز صورت می‌پذیرد (Palmegiano *et al*., 1993). مطالعات مشابه بر قزل‌آلای رنگین‌کمان، تاس‌ماهی آدریاتیک (*Acipenser naccarii*) و تاس‌ماهی سیبری از ثابت بودن سطوح تری‌گلیسرید پلاسما در طول گرسنگی خبر داده است (Furné *et al*., 2008; Ashouri *et al*., 2014) که هم‌سو با مطالعه حاضر است. به طور کلی، بعد از ۸ هفته محدودیت و محرومیت غذایی، سطح گلوکز در تیمار گرسنگی کاهش معنی‌داری نشان داد، اما در غلظت سایر پارامترهای بیوشیمیایی تغییر معنی‌داری مشاهده نشد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، به‌نظر می‌رسد که شدت و طول مدت محرومیت و

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1402.32.1.1.0]

محدودیت غذایی به‌حدی نبوده است که ماهیان از ذخایر چربی و پروتئینی بدن خود استفاده کنند. از سوی دیگر، احتمالاً پایین بودن دما در فصل تولیدمثل و نرخ پایین متابولیسم دلیل دیگری بر فقدان اختلاف معنی‌دار است. نتایج این مطالعه نشان داد، عملکرد رشد مولدین نر قزل‌آلای رنگین‌کمان در مواجهه با ۸ هفته محدودیت و محرومیت غذایی تحت تأثیر قرار می‌گیرد و شدت این تأثیرات بستگی به میزان غذای در دسترس و نزدیکی به فصل تکثیر و دما دارد. به دلیل دمای پایین، مولدین در تیمار گرسنگی با اثرات منفی روبه‌رو شده و با مصرف بیشتر انرژی در مسیر تولیدمثل دچار کاهش وزن می‌شوند. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، دوره‌های گرسنگی و تغذیه محدود اثرات نامطلوب اما اندکی بر پارامترهای رشد و بیوشیمیایی پلاسما داشت ولی بر پارامترهای خونی اثرگذار نبود به‌طوری‌که می‌توان بیان نمود، در طول دوره گرسنگی، اثرات محرومیت غذایی بر عملکرد رشد و سطح گلوگز پلاسما ماهیان تحت آزمایش افزایش یافته بود، اما در تغذیه محدود نسبت به گرسنگی اثرات کمتر بود و روند ملایم‌تری داشت. با توجه به این موضوع، نتایج نشان داد دسترسی به میزان مشخصی از غذا نقش بسیار مهمی در پارامترهای رشد و فیزیولوژیک مولدین نر قزل‌آلای رنگین‌کمان ایفاء می‌کند. با توجه به اثرات محدود و اندک محدودیت غذایی بر مولدین نر، استفاده از راهبرد تغذیه‌ای محدود می‌تواند رویکرد مناسبی برای کاهش هزینه‌های مرتبط با تغذیه مولدین در مراکز تکثیر و پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان باشد.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از آقای مهندس تقی شمسی‌پور ازبری، مدیریت محترم شرکت تولیدی قزل‌آلای درناب که در اجرای این پژوهش ما را یاری نمودند، تشکر و قدردانی می‌نماییم.

منابع

اکبری نرگسی، ع.، فلاحتکار، ب.، محمدی، م.، ۱۳۹۸. عملکرد رشد و شاخص‌های خونی در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*): بررسی اثر اختصاصی پروبیوتیک در مولدین نر. مجله علمی شیلات ایران، ۲۸ (۳): ۱۱۲-۱۰۱. Doi: 10.22092/ISFJ.2019.119093 .

ایمانی، آ.، فرهنگی، م.، یزدان‌پرست، ر.، بختیاری، م.، شکوه سلجوقی، ظ. و مجازی امیری، ب.، ۱۳۸۸. شاخص‌های تغذیه و رشد در قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) طی دوره‌های مختلف محرومیت غذایی و غذادهی مجدد. مجله علمی شیلات ایران، ۱۸(۲): ۱۲-۱.

حاجی مرادی، م.، محبوبی صوفیانی، ن. و علامه، س.ک.، ۱۳۸۶. اثر گرسنگی بر سطح کلسترول، گلوکز و پروتئین پلاسمای خون قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). مجله علوم و فنون دریایی ایران، ۶(۴): ۳۰-۲۳.

رحمتی، ف.، فلاحتکار، ب. و خارا، ح.، ۱۳۸۹. اثرات گرسنگی و تغذیه مجدد بر عملکرد رشد و فاکتورهای بیوشیمیایی خون در ماهی‌آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*). مجله علوم زیستی دانشگاه آزاد واحد لاهیجان، ۴(۲): ۶۹-۵۹.

سراجیان، ش.، ۱۳۸۶. بررسی مقایسه‌ای سطوح برخی از هورمون‌های استروئیدی جنسی سرم خون در مولدین نارس و بالغ کفال طلایی دریای خزر (*Liza auratus*). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی لاهیجان، ۱۱۳ صفحه.

شیروان، س.، فلاحتکار، ب.، علاف نویریان، ح. و عباسعلیزاده، ع.، ۱۳۹۲. تأثیر اعمال دوره طولانی مدت گرسنگی و محدودیت غذایی بر عملکرد رشد و ترکیب بدن در بچه تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii*). مجله علمی شیلات ایران، ۲۲(۳): ۱۰۲-۹۱. Doi: 10.22092/ISFJ.2017.110136.

علیزاده افشار، م.، خارا، ح. و فلاحتکار، ب.، ۱۳۹۳. اثرات گرسنگی و راهبرد تغذیه‌ای بر عملکرد رشد و ترکیب لاشه تاسماهی روسی (*Acipenser gueldenstaedtii*). مجله آبزیان و شیلات، ۵(۱۷): ۵۳-۶۳.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-29]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1402.32.1.1.0]

فلاحتکار، ب.، ۱۳۹۳. جیره نویسی آبزیان. انتشارات مؤسسه آموزش عالی علمی کاربردی جهاد کشاورزی، تهران، ۳۳۴ صفحه.

کاظمی، ر.، پوردهقانی، م.، یوسفی جوردهی، ا.، یارمحمدی، م. و نصری تجن، م.، ۱۳۸۹. فیزیولوژی دستگاه گردش خون آبزیان و فنون کاربردی خون‌شناسی ماهیان. انتشارات بازرگان، رشت، ۲۱۰ صفحه.

Abdus Salam, M.A. and Masud, S., 2000. Effect of various food deprivation regimes on body composition dynamics of Thaila, *Catla catla*. *Journal of Research Sciences*, 11: 26-32.

Ali, M., Nicieza, A. and Wootton, R.J., 2003. Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. *Fish and Fisheries*, 4: 147-190. Doi: 10.1046/j.1467-2979.2003.00120.x.

Alimahmoudi, M., Salehipour Bavarsad, S. and Moghdani, S., 2015. Effect of different stocking densities on haematological and biochemical parameters of great sturgeon juveniles (*Huso huso*). *Research Opinions in Animal and Veterinary Sciences*, 5: 348-352.

Andenen, D.E., Reid, S.D., Moon, T.W. and Perry, S.F., 1991. Metabolic effects associated with chronically elevated cortisol in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 48: 1811-1817. Doi: 10.1139/f91-214.

Ashouri, G., Yavari, V., Bahmani, M., Yazdani M.A., Kazemi, R., Morshedi, V. and Eslamlo, K., 2014. Cortisol and its metabolites in juvenile Siberian sturgeon, *Acipenser baerii* Brandt, 1869 in response to short-term food deprivation. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 12: 41-52.

Azodi, M., Ebrahimi, E., Farhadian, O., Mahboobi-Soofiani, N. and Morshedi, V., 2015. Compensatory growth response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum) following short starvation periods. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 33: 928-933. Doi: 10.1007/s00343-015-4228-1.

Bekcan, S., Dogankaya, L. and Cakirogullari, G.C., 2006. Growth and body composition of European catfish (*Silurus glanis*) fed diet containing different percentages of protein. *Israeli Journal of Aquaculture, Bamidgeh*, 58: 137-142.

Berglund, I., 1995. Effects of size and spring growth on sexual maturation in 1+ Atlantic salmon (*Salmo salar*) male parr: interactions with smoltification. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 52: 2682-2694. Doi: 10.1139/f95-857.

Brunt, J. and Austin, B., 2005. Use of a probiotic to control *Lactococcosis* and *Streptococcosis* in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Journal of Fish Diseases*. 28: 693-701. https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2005.00672.x.

Bucolo, G. and David, H., 1973. Quantitative determination of serum triglycerides by the

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1402.32.1.1.0]

use of enzymes. *Clinical Chemistry*, 19: 476-482. Doi: 10.1093/clinchem/19.5.476.

Cakli, S., Kilinc, B., Dincer, T. and Tolasa, S., 2006. Comparison of the shelf lifes of map and vacuum packaged hot smoked rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *European Food Research and Technology*, 224: 19-26. Doi: 10.1007/s00217-006-0283-3.

Cardona, E., Bugeon, J., Guivarc'h, F., Goardon, L., Panserat, S., Labbé, L., Corraze, G., Skiba-Cassy, S. and Bobe, J., 2019. Positive impact of moderate food restriction on reproductive success of the rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 502: 280-288. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2018.12.057.

Ceinos, R.M., Polakof, S., Illamola, A.R., Soengas, J.L. and Míguez, J.M., 2008. Food deprivation and refeeding effects on pineal indoles metabolism and melatonin synthesis in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *General and Comparative Endocrinology*, 156: 410-417. Doi: 10.1016/j.ygcen.2008.01.003.

Cerdá, J., Carrillo, M., Zanuy, S., Ramos, J. and de la Higuera, M., 1994. Influence of nutritional composition of diet on sea bass (*Dicentrarchus labrax*), reproductive performance and egg and larval quality. *Aquaculture*, 128: 345-361. Doi: 10.1016/0044-8486(94)90322-0.

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 (*Macquaria ambigua*). *Journal of Fish Biology*, 47: 1004-1015. Doi: 10.1111/j.1095-8649.1995.tb06024.x.

Dacie, J. and Lewis, S., 1995. Practical haematology, 8th edn. Churchill Livingstone, Edinburgh, Scotland. 568 p.

Davis, K.B. and Gaylord, T.G., 2011. Effect of fasting on body composition and responses to stress in sunshine bass. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 158: 30-36. Doi: 10.1016/j.cbpa.2010.08.019.

De Pedro, N., Delgado, M.J., Gancedo, B. and Alonso-Bedate, M., 2003. Changes in glucose, glycogen, thyroid activity and hypothalamic catecholamines in tench by starvation and refeeding. *Journal of Comparative and Physiology*, 173B: 475-481. Doi: 10.1007/s00360-003-0355-7.

Doucett, R., Booth, R., Power, G. and McKinley, R., 1999. Effects of the spawning migration on the nutritional status of anadromous Atlantic salmon (*Salmo salar*): insights from stable-isotope analysis. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 56: 2172-2180. Doi: 10.1139/f99-147.

Drabkin, D.L., 1945. Hemoglobin, glucose, oxygen and water in the erythrocytes: A concept of biological magnitudes, based upon molecular dimensions. *Science*, 101: 445-451. Doi: 10.1126/science.101.2627.445.

Einen, O., Børre, W. and Magny, S. T., 1998. Starvation prior to slaughter in Atlantic salmon (*Salmo salar*): I. Effects on

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1402.32.1.1.0]

weight loss, body shape, slaughter-and fillet-yield, proximate and fatty acid composition. *Aquaculture*, 166: 85-104. Doi: 10.1016/S0044-8486(98)00279-8.

Falahatkar, B., Akhavan, S., Efatpanah, I. and Meknatkhah, 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: 26-30. Doi: 10.1111/j.1439-0426.2012.02017.x.

Foster, G.D. and Moon, T.W., 1991. Hypometabolism with fasting in the yellow perch (*Perca flavescens*): A study of enzymes, hepatocyte metabolism, and tissue size. *Physiological Zoology*, 64: 259-275. Doi: 10.1086/physzool.64.1.30158523.

Friedrich, M. and Stepanowska, K., 2001. Effect of starvation on nutritive value of carp (*Cyprinus carpio*) and selected biochemical components of its blood. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 31: 29-33.

Furné, M., García-Gallego, M., Hidalgo, M.C., Morales, A.E., Domezain, A., Domezain, J. and Anz, A., 2008. Effect of starvation and refeeding on digestive enzyme activities in sturgeon (*Acipenser naccarii*) and trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Comparative Biochemistry and Physiology*, 149A: 420-425. Doi: 10.1016/j.cbpa.2008.02.002.

Gurney, W., Jones, W., Veitch, R. and Nisbet, R., 2003. Resource allocation, hyperphagia and compensatory growth in juveniles. *Ecology*, 84: 2777-2787. Doi: 10.1016/j.bulm.2004.03.008.

Hardy, R.W., 2002. Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. In: Webster, C.D. and Lim, C.E. (eds) Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. CABI, Wallingford, United Kingdom. pp 136-182.

Höjesjö, J., Johnsson, J.I. and Axelsson, M., 1999. Behavioural and heart rate responses to food limitation and predation risk: an experimental study on rainbow trout. *Journal of Fish Biology*, 55: 1009-1019. Doi: 10.1111/j.1095-8649.1999.tb00736.x.

Huang, S.S.Y., Fu, C.H.L., Higgs, D.A., Balfry, S.K., Schulte, P.M. and Brauner, C.J., 2008. Effects of dietary canola oil level on growth performance, fatty acid composition and ionoregulatory development of spring chinook salmon parr (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Aquaculture*, 274: 109-117. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2007.11.011.

Izquierdo, M., Fernandez Palacios, H. and Tacon, A., 2001. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. *Aquaculture*, 197: 25-42. Doi: 10.1016/S0044-8486(01)00581-6.

Kawatsu, H., 1966. Studies on the anemia of fish anemia of rainbow trout (*Oncorhychus mykiss*) caused by starvation. *Bulletin of Freshwater Fisheries Research Laboratory, Tokyo*, 15: 167-173.

Kumar, S., Sahu N.P., Pal, A.K., Choudhury, D., Yengkokpam, S. and Mukherjee, S.C., 2005. Effect of dietary carbohydrate on haematology, respiratory burst activity and histological changes in

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1402.32.1.1.0]

Labeo rohita juveniles. *Fish and Shellfish Immunology*, 19: 331-344. Doi: 10.1016/j.fsi.2005.03.001.

Larsson, Å. and Lewander, K., 1973. Metabolic effects of starvation in the eel, *Anguilla anguilla* L. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 44A: 367-374. Doi: 10.1016/0300-9629(73)90489-1.

Lovell, T., 1998. Nutrition and Feeding of Fish. Kluwer Academic Publishers, Norwell, Massachusetts. 267 p. Doi: 10.1007/978-1-4757-1174-5.

McCue, M.D., 2008. Fatty acid analyses may provide insight into the progression of starvation among squamate reptiles. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 151A: 239-246. Doi: 10.1016/j.cbpa.2008.06.034.

Mehner, T. and Wieser, W., 1994. Energetic and metabolic correlates of starvation in juvenile perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Fish Biology*, 45: 325-333. Doi: 10.1111/j.1095-8649.1994.tb01311.x.

Navarro, I. and Gutiérrez, J., 1995. Fasting and Starvation. In: Hochachka, P.W. and Mommsen, T.P. (eds) Biochemistry and Molecular Biology of Fishes. Elsevier, Amsterdam, Netherlands. pp 393-434.

Palmegiano, G.M., Bianchini, M., Boccignone, M., Forneris, G., Sicuro, B. and Zoccarato, I., 1993. Effects of starvation and meal timing on fatty acid composition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Rivista Italian Aquaculture*, 28: 5-11.

Pavlov, D.S., Pavlov, E.D., Ganzha, E.V. and Kostin, V.V., 2020. Change of rheoreaction and concentration of thyroid hormones in blood of juvenile Rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* during starvation. *Journal of Ichthyology*, 60: 325-330. Doi: 10.1134/S0032945220020149.

Pérez-Jiménez, A., Guedes, M.J., Morales, A.E. and Oliva-Teles, A., 2007. Metabolic responses to short starvation and refeeding in *Dicentrarchus labrax*. Effect of dietary composition. *Aquaculture*, 265: 325-335. Doi: 10.1016/j.aquaculture.2007.01.021.

Power, D.M., Melo, J. and Santon, C.R.A., 2000. The effect of food deprivation and refeeding on the liver, thyroid hormones and transthyretin in sea bream (*Sparus aurata*). *Journal of Fish Biology*, 56: 374-387. Doi: 10.1111/j.1095-8649.2000.tb02112.x.

Rinchard, J., Lee, K., Czesny, S., Ciereszko, A. and Dabrowski, K., 2003. Effect of feeding cottonseed meal-containing diets to broodstock rainbow trout (*Oncorhychus mykiss*) and their impact on the growth of their progenies. *Aquaculture*, 227: 77-87. Doi: 10.1016/S0044-8486(03)00496-4.

Salam, A., Ali, M. and Masud, S., 2000. Effect of various food deprivation regimes on body composition dynamics of thaila, *Catla catla*. *Journal of Research (Science) Bahauddin Zakariya University, Multan, Pakistan*, 11: 26-32.

Sasayama, Y. and Takahashi, H., 1972. Effect of starvation and unilateral astration in male goldfish (*Carassius auratus*), and a

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1402.32.1.1.0]

design of bioassay for fish gonadotropin using starved goldfish. *Bulletin of Faculty of Fisheries, Hokkaido University*, 22: 267-283.

Shirvan, S., Falahatkar, B., Noveirian, H.A. and Abbasalizadeh, A., 2020. Physiological responses to feed restriction and starvation in juvenile Siberian sturgeon *Acipenser baerii* (Brandt, 1869): Effects on growth, body composition and blood plasma metabolites. *Aquaculture Research*, 51: 282-291. Doi: 10.1111/are.14374.

Simpkins, G., 2002. Responses of body condition and composition of juvenile rainbow trout (*Oncorhychus mykiss*) to fasting, activity and water temperature. Dissertation, University of Wyoming.

Svesbodora, Z., Fravda, D. and Palakova, J., 1991. Unified Methods of Haematological Examination of Fish. Research Institute of Fish Culture & Hydrobiology, Vodnany, Czechoslovekia. 331 p.

Turchini, G.M., Mentasti, T., Frøyland, L., Orban, E., Caprino, F., Moretti, V.M. and Valfré, F., 2003. Effects of alternative dietary lipid sources on performance, tissue chemical composition, mitochondrial fatty acid oxidation capabilities and sensory characteristics in brown trout (*Salmo trutta*). *Aquaculture*, 225: 251-267. Doi: 10.1016/S0044-8486(03)00294-1.

Vázquez, G.R. and Guerrero, G., 2007. Characterization of blood cells and hematological parameters in *Cichlasoma dimerus* (Teleostei, Perciformes). *Tissue and Cell*, 39: 151-160. DOI: 10.1016/j.tice.2007.02.004.

Wang, Y., Cui, Y., Yang, Y. and Cai, F., 1999. Compensatory growth in hybrid tilapia, *Oreochromis mossambicus niloticus*, reared in seawater. *Aquaculture*, 189: 101-108. Doi: 10.1016/S0044-8486(00)00353-7.

Wedemeyer, G.A., Barton, B.A. and McLaey, D., 1990. Stress and Acclimation. In: Schreck, C.B. and Moyle, P.B. (eds) Methods for Fish Biology. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland. pp 451-489.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1402.32.1.1.0]

The effect of feeding strategies on growth performance, hematological indices, and biochemical parameters in male rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) broodstocks

Mohammadi M.[1]; Falahatkar B.[1,2*]; Sajjadi M.M.[1]; Akbari Nargesi E.[1]

[*]falahatkar@guilan.ac.ir

1-Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Guilan, Iran

2-Department of Marine Sciences, The Caspian Sea Basin Research Center, University of Guilan, Rasht, Guilan, Iran

Abstract

This investigation was carried out to determine the effect of feeding strategies on growth performance, biochemical parameters, and hematological indices in male rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) broodstocks. For this purpose, 45 broodstocks with 475.55 ± 54.24 g (mean ± S.D) were divided into three treatments and fed at satiation, restricted feeding (50% of satiation limit), and starvation levels in concrete ponds. The flow rate was 1 liter per second for each replicate and the broodstocks were fed for 8 weeks with extruded feed. According to the results, the final weight of the starvation treatment had a significant decrease compared to the restricted and satiated treatments (p<0.05). Moreover, the weight gain, body weight increase and specific growth rate showed significant differences among the treatments (p<0.05), but the condition factor was not significantly different (p>0.05). A significant difference was observed in feed conversion ratio between the restricted and satiated groups (p<0.05). Hematological indices did not show any significant difference between the treatments (p>0.05). In the blood biochemical parameters, plasma glucose level in the starvation treatment showed a significant difference with the restricted feeding and satiation treatments (p<0.05). In addition, blood globulin level of the starved fish was significantly different with the starvation treatment (p<0.05). In general, the present study showed that unpredictable stresses during the breeding season and the consequent reduction or interruption of feeding regimes could adversely affect the performance of male breeders, including growth indices and some physiological parameters.

Keywords: Nutrition, Hematology, Growth, Rainbow trout, Starvation

[*]Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-29]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1402.32.1.1.0]