نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی
Journal homepage: http://jair.gonbad.ac.ir
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه گنبد کاووس

تأثیر دوره‌های مختلف گرسنگی و رشد جبرانی بر شاخص‌های رشد و فراسنجه‌های خونی در ماهی کپور معمولی *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758

معصومه ملکی[1*]، محمدرضا ایمانپور[2]، ولی‌اله جعفری[3]، حامد پاک‌نژاد[3]

[1] کارشناس ارشد شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[2] استاد، گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[3] دانشیار، گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

نوع مقاله:
پژوهشی اصیل

تاریخچه مقاله:

دریافت: ۹۵/۰۵/۰۵
پذیرش: ۹۵/۰۶/۲۳

نویسنده مسئول مکاتبه:
معصومه ملکی، کارشناس ارشد شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
ایمیل: shilat1389@gmail.com

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات رشد جبرانی بر شاخص‌های رشد و پاسخ‌های فیزیولوژیکی (گلوکز، پروتئین کل و کلسترول) مطالعه‌ای به‌مدت ۸ هفته روی بچه‌ماهیان کپور معمولی *(C. carpio)* با وزن اولیه ۰/۸۷ ± ۱۳/۸۸ گرم انجام گرفت. بچه‌ماهیان در چهار گروه ۰ (تیمار۱)، ۲روزه (تیمار۲)، ۴روزه (تیمار۳) و یک هفته (تیمار۴) گرسنگی و هر یک با ۳ تکرار متحمل دوره‌های گرسنگی و سیری شدند. در پایان آزمایش نمونه‌های خون برای آنالیز بیوشیمیایی از هر یک از تیمارهای آزمایشی گرفته شد و متابولیت‌های مورد نظر از طریق اسپکتروفتومتری اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد شاخص‌های رشد از جمله وزن نهایی، نرخ رشد، نرخ رشد ویژه و افزایش وزن بدن در تیمار شاهد با تیمار ۲ روز و یک هفته گرسنگی اختلاف معنی‌داری داشتند ولی بین تیمارهای ۱ روز گرسنگی با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین فاکتور وضعیت و ضریب تبدیل غذایی در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری نداشت. مقادیر گلوکز بین گروه شاهد با تیمار گرسنگی اختلاف معنی‌داری را نشان داد ولی در پروتئین کل و کلسترول بین تیمار شاهد و تیمار گرسنگی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. نتایج این مطالعه نشان داد که این ماهی توانایی سازگاری فیزیولوژیکی را تحت دوره-های کوتاه مدت گرسنگی و تغذیه مجدد دارد.

واژه‌های کلیدی:
C. carpio **، گرسنگی، رشد جبرانی، فراسنجه‌های خونی**

۱ | مقدمه

آبزی‌پروری مدرن به‌دنبال راه‌هایی برای کاهش هزینه‌های تولیدی و اثرات منفی بر محیط زیست بدون تأثیر بر کارآیی تولید می‌باشد (Elisabeth *et al*., 2014). تغذیه ماهیان یکی از فاکتورهای مهم در پرورش ماهی است و باتوجه به اینکه، رژیم غذایی ماهی‌ها بر کارآیی رشد و هدر رفت غذا تأثیرگذار است آگاهی از نرخ تغذیه بهینه آنها برای بررسی بهترین رشد و بازده خوراک مهم است و همچنین به‌عنوان یک عامل کاهش کیفیت آب بر اثر تغذیه بیش از حد نیز اهمیت دارد (Eroldog˘an *et al*., 2004). باتوجه به این که ۶۰ تا ۷۵ درصد از کل هزینه‌های پرورش مربوط به تغذیه است، اتخاذ استراتژی مناسب برای کاهش نهاده‌های خوراک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد (Elisabeth *et al*., 2014). اتخاذ استراتژی‌های غذادهی از جمله تعداد دفعات و میزان غذای مصرفی، روش‌های غذادهی و برنامه روزانه غذادهی در مدیریت تولید پرورش ماهیان بسیار پر اهمیت است (Bascinar *et al*., 2007). پرورش ماهی کپور به‌علت اهمیت اقتصادی و خوش‌طعم بودن گوشت آن، در اغلب کشورها اهمیت ویژه‌ای دارد. پرورش این ماهی، به دلایلی از جمله ضریب تبدیل غذایی پایین، بالابودن ارزش غذایی گوشت آن (غنی از اسیدهای آمینه، اسیدهای چرب ضروری، ویتامین‌ها، املاح و...)، امکان پرورش متراکم و همچنین امکان تغذیه از مواد موجود در پساب کشاورزی و دامپروری، پرورش آن نسبت به سایر دام‌های اهلی اولویت دارد (Baghizadeh, 2014).

رشد جبرانی یک دوره رشد سریع و غیرمعمول است که به‌دنبال یک دوره کاهش رشد درنتیجه محدودیت غذایی یا برخی شرایط نامساعد محیطی از قبیل دمای پایین، کاهش اکسیژن، افزایش جابجایی و غیره اتفاق می‌افتد. بسیاری از ماهیان در طول زندگی خود دوره‌های گرسنگی طولانی یا کوتاه‌مدت را سپری می‌کنند. واکنش در مقابل دوره‌های گرسنگی، در گونه‌های مختلف ماهیان متفاوت است. ماهی

طی دوره محرومیت غذایی، ذخایر مواد مغذی بدن خود را مصرف می‌کند. در زمان تغذیه مجدد، پدیده رشد جبرانی حاصل می‌شود و نرخ رشد افزایش می‌یابد (Heide *et al*., 2006). تغذیه مجدد منجر به پاسخ‌های مختلفی پس از بازیابی محرومیت غذایی می‌شود که پاسخ رشد جبرانی در گونه‌های مختلف به عواملی از جمله گونه‌های مورد بررسی، شرایط زیست محیطی، طول و شدت محرومیت غذایی و شرایط تغذیه‌ای قبل از شروع دوره محرومیت غذایی بستگی دارد (Pérez-Jiménez *et al*., 2007; Elisabeth *et al*., 2014).

رشد جبرانی به‌عنوان یک ابزار مدیریتی برای بهبود نرخ رشد و راندمان غذایی (Fc) و کاهش هزینه خوراک مورد استفاده قرار می‌گیرد. در گونه‌های مختلف ماهی، محرومیت یا استراتژی‌های تغذیه محدود برای القای رشد جبرانی استفاده شده است. برخی از فاکتورهای اساسی رشد سریع در طی مراحل رشد جبرانی، افزایش اشتها و افزایش راندمان خوراک (Fc) بعد از محدودیت غذایی در ماهی است (Gao and Lee, 2012).

برخی از گونه‌های ماهی، مقدار و مدت زمان رشد جبرانی به طول محرومیت از غذا بستگی دارد. علاوبر این محدودیت غذایی یا محرومیت برای دوره‌های کوتاه‌مدت نیز ممکن است توسط پرورش‌دهندگان ماهی به‌عنوان یک استراتژی مدیریتی برای کاهش مرگ و میر باتوجه به شیوع بیماری یا برای حل مشکلات کیفیت آب و کاهش استرس حمل و نقل اتخاذ شود (Davis and Gaylord, 2011). دوره محدودیت غذایی که منجر به رشد جبرانی می‌شود در بین گونه‌های مختلف ماهی متفاوت است. به‌عنوان مثال جابلینگ و همکاران (Jobling *et al*., 1994) گزارش کردند که محدودیت غذایی کمتر از ۳ هفته برای القاء رشد جبرانی در ماهی کاد اقیانوس اطلس (*Gadus morhua*) کافی نیست. رشد جبرانی کامل در ماهی حوض (*Phoxinus phoxinus*) و ماهی سه خاره (*Gasterosteus aculeatus*) در محدودیت غذایی بیش از ۲ هفته ایجادشده یا مدت‌زمان گرسنگی بیش‌تر از ۴ هفته در بچه‌ماهی نورس قزل‌آلای نکرا (*Oncorhynchus nerka*) منجر به عدم جبران می‌شود (Xie *et al*., 2001; Zhu *et al*., 2001).

خون یک بافت سیال و همبند می‌باشد که یکی از مهم‌ترین مایعات بیولوژیک بدن بوده و همواره ترکیبات آن تحت تأثیر شرایط مختلف فیزیولوژیکی و پاتولوژیکی قرار می‌گیرد. شاخص‌های خونی در ماهیان تحت تأثیر مواردی از جمله گونه پرورشی، سن، وضعیت فیزیولوژیک، شرایط محیطی و رژیم غذایی قرار می‌گیرد (Brunt and Austin, 2005). میزان پارامترهای سرمی خونی ماهی‌ها از شاخص‌های مهم درون گونه‌ای است که آن را از سایر گونه‌ها متمایز می‌کند. همچنین این شاخص‌های خونی نیز به‌عنوان خصوصیت گونه‌ای مطرح و در بررسی سلامت ماهی نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند (Khodadadi *et al*., 2009).

باتوجه به اینکه ایران در تکثیر و پرورش و بازسازی ذخایر کپور معمولی فعالیت دارد، تغذیه بچه‌ماهیان با غذای کنسانتره برای تأمین نیازهای غذایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین برنامه‌ریزی و مطالعه دقیق و علمی برای غذادهی با کم‌ترین هزینه و بیش‌ترین سود و بازده، اهمیت زیادی دارد و باید مورد توجه قرار گیرد. به‌همین دلیل مطالعه حاضر به بررسی اثرات گرسنگی و رشد جبرانی بر شاخص‌های رشد و فراسنجه‌های خونی این گونه باارزش می‌پردازد.

۲ | مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌مدت ۸ هفته در سالن آبزی‌پروری دانشگاه علوم کشاورزی گرگان انجام گرفت. ماهیان کپور از یک کارگاه بخش خصوصی سیجوال گرگان تهیه و به محل آزمایش منتقل شد. ماهیان به‌مدت دو هفته ابتدای تحقیق، دوره سازگاری را سپری کردند. برای غذادهی از غذای کنسانتره شرکت فرادانه با مشخصات ذیل (جدول۱) استفاده شد. سپس ۱۲۰ قطعه بچه‌ماهی کپور با میانگین وزنی ۰/۸۷ ± ۱۳/۸۸ به‌طور تصادفی در بین ۱۲ آکواریوم۴۰ لیتری توزیع شدند (۱۰ قطعه بچه‌ماهی در هر آکواریوم).

جدول ۱- ترکیب جیره غذایی مورد استفاده در بررسی اثرات رشد جبرانی بر شاخص‌های رشد و پاسخ‌های فیزیولوژیکی بچه‌ماهیان کپور معمولی(*C. carpio*)

ترکیب شیمیایی جیره پایه	میزان(٪)
پروتئین خام	۳۲-۳۸
چربی خام	۵-۸
خاکستر	۱۲
رطوبت	۱۰
فیبر خام	۵-۸

درمدت ۶۰ روز آزمایش، ۴ رژیم غذادهی مختلف با ۳ تکرار در نظر گرفته شد. گروه‌های آزمایشی عبارت بودند از گروه شاهد، ۲ و ۴ روز گرسنگی در هر دو هفته و یک هفته گرسنگی و یک هفته تغذیه مجدد درطی دو هفته تحت دوره‌های گرسنگی قرار گرفتند. برای مطالعه اثر گرسنگی بر برخی از فراسنجه‌های خونی از جمله کلسترول، گلوکز و پروتئین‌کل یک گروه از ماهیان به‌عنوان گروه شاهد (گروهی که به‌صورت عادی روزانه تغذیه‌شده) درنظر گرفته شد. گروه دوم (گروه گرسنه یا گروهی که محرومیت غذایی براساس روزهای تعیین‌شده روی آن‌ها اعمال)

اعمال شد) که در زمان‌های تعیین شده هیچگونه غذای دستی در طول دوره آزمایش دریافت نکردند. در پایان آزمایش از هر آکواریوم تعداد ۳ قطعه ماهی به‌طور تصادفی برداشت شد و با استفاده از پودر گل میخک بیهوش شدند. خون‌گیری از ماهی‌ها از طریق انتهای باله دمی صورت گرفت. سپس نمونه‌ها به‌منظور اندازه‌گیری شاخص‌های خونی به آزمایشگاه منتقل شدند. جداسازی سرم نمونه‌ها، به کمک دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۳۰۰۰ در ۱۰ دقیقه صورت گرفت. سرم خون با استفاده از پی‌پت پاستور از محتویات گلبولی جدا گردید.

نمونه‌های سرم تا زمان اندازه‌گیری شاخص‌های سرمی (گلوکز، پروتئین و کلسترول) در دمای۲۰- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند. اندازه‌گیری شاخص‌های سرمی با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی شرکت پارس آزمون و به طریق اسپکتروفتومتری انجام شد (Burel *et al.*, 2001). شمارش تعداد گلبول‌های سفید و قرمز با استفاده از لام نئوبار بعد از رقیق‌سازی خون منعقد نشده با محلول دایس انجام شد. هماتوکریت نیز با روش میکرو هماتوکریت با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۱۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه اندازه‌گیری شد (Orun *et al.*, 2003). کلیه داده‌ها به‌صورت میانگین±انحراف معیار (SD) بیان شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS-16 صورت گرفت. مقایسه بین میانگین‌ها با روش آنالیز واریانس یک‌طرفه در سطح معنی‌داری (۰/۰۵) صورت گرفت.

برای کنترل تأثیر دوره‌های گرسنگی بر شاخص‌های رشد هر دو هفته یکبار بچه‌ماهیان تمام تیمارها با استفاده از ترازوی دیجیتال مورد زیست‌سنجی قرار گرفتند. با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده از بچه‌ماهیان در هر آکواریوم میزان افزایش وزن بدن طبق فرمول۱ محاسبه شد:

$$\%BW_I = (BW_f-BW_i)/BW_i\times100 \qquad (۱$$

که در این فرمول Bw_i متوسط وزن اولیه (گرم) در هر مخزن؛ Bw_f متوسط وزن نهایی (گرم) است. همچنین ضریب چاقی (CF) توسط فرمول ۲ محاسبه شد (Hung *et al.*, 1989).

$$CF = (BW/TL3)\times100 \qquad (۲$$

که در این فرمول BW میانگین وزن نهایی بدن (گرم) و TL میانگین طول کل نهایی (سانتی‌متر) است. نرخ رشد (GR) روزانه (گرم/روز) طبق رابطه ۳ محاسبه شد (Hung *et al.*, 1989).

$$GR = (Bw_i-Bw_f)/n \qquad (۳$$

که در این فرمول Bw_i متوسط وزن اولیه (گرم) و Bw_f متوسط وزن نهایی (گرم) و N تعداد روزهای پرورش است. نرخ رشدویژه (SGR) طبق فرمول ۴ محاسبه شد (Quinton and Blake, 1990).

$$SGR = (LnW_t-LnW_o)/t\times100 \qquad (۴$$

که در این فرمول W_o میانگین اولیه بیومس (گرم) و W_t میانگین بیومس نهایی (گرم) و T تعداد روزهای پرورش است. ضریب تبدیل غذایی (FCR) طبق فرمول ۵ محاسبه شد (Quinton and Blake, 1990).

$$FCR= C /W_t-W_o \qquad (۵$$

C مقدار غذای خورده شده (گرم)، W_t وزن نهایی (گرم) و W_o وزن اولیه (گرم) است.

۳ | نتایج

نتایج حاصل از شاخص های رشد از جمله وزن نهایی (BW_F)، افزایش وزن (BW_I)، نرخ رشد (GR)، ضریب رشدویژه (SGR)، ضریب تبدیل غذایی (FCR) و فاکتور وضعیت (CF)، پس از ۸ هفته دوره‌های گرسنگی و تغذیه مجدد در جدول ۲ ارائه شده است.

همان‌گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود شاخص‌های وزن نهایی، افزایش وزن بدن، نرخ رشد و نرخ رشدویژه (شکل ۱) اختلاف معنی‌داری را بین تیمار شاهد با تیمار یک هفته گرسنگی نشان می‌دهند ($p<۰/۰۵$) ولی در شاخص‌های ذکر شده تیمارهای ۱ روز گرسنگی با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ($p>۰/۰۵$).

فاکتور وضعیت (شکل ۳) در تیمار ۱ روز گرسنگی نسبت به تمامی تیمارها بیش‌تر بود ولی اختلاف معنی‌داری بین تیمار شاهد با سایر تیمارها مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). ضریب تبدیل غذایی (شکل ۲) نیز باتوجه به اینکه بهبود کمی را در تیمارهای گرسنگی نسبت به گروه شاهد داشت ولی بین آن و گروه شاهد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$).

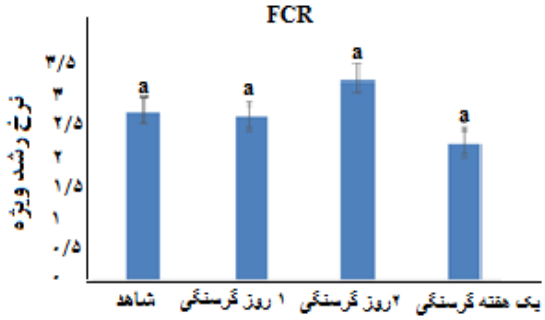
باتوجه به جدول ۳ مشاهده می‌شود که گلبول قرمز تیمار شاهد با تیمارهای گرسنگی اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($p<۰/۰۵$). بیش‌ترین میزان گلبول قرمز در تیمار یک هفته گرسنگی و کم‌ترین میزان آن در تیمار شاهد بود. گلبول سفید و هماتوکریت هیچ اختلاف معنی‌داری را بین تیمار شاهد و سایر تیمارها نشان ندادند ($p>۰/۰۵$). تیمار یک هفته گرسنگی بیش‌ترین میزان گلبول سفید را نشان داد ولی تیمار شاهد بیش‌ترین میزان هماتوکریت را نشان داشت. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌کنید فراسنجه‌های خونی از جمله پروتئین خون و کلسترول اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ($p>۰/۰۵$).

پروتئین کل و کلسترول در تیمارهای گرسنگی روند منظمی را نشان دادند ولی گلوکز بین شاهد و تیمارهای گرسنگی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). به‌طوری‌که بیش‌ترین گلوکز در تیمار شاهد و کم‌ترین مقدار آن در تیمار یک هفته گرسنگی مشاهده شد که نشان داد این تیمار از گلوکز برای تأمین نیاز بدن خود استفاده می‌کند.

جدول ۲- مقایسه داده‌های (میانگین ± انحراف معیار) شاخص‌های رشد در ماهی کپور معمولی *(C. carpio)* تحت‌تأثیر دوره‌های گرسنگی

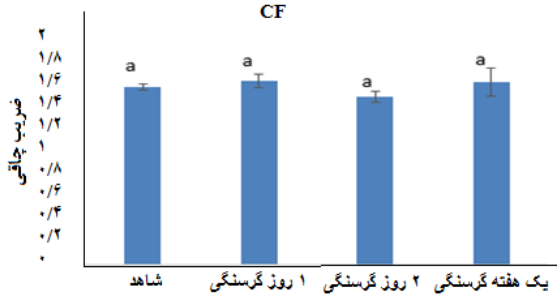
شاخص	شاهد	۱ روز گرسنگی	۲ روز گرسنگی	یک هفته گرسنگی
میانگین وزن نهایی	^{a}۱/۴۲±۲۳/۶۳	^{ab}۱/۵۶±۲۳/۵	^{bc}۱/۷۱±۱۹/۵۸	^{c}۰/۴۶±۱۸/۸۹
افزایش وزن بدن	^{a}۰/۱۰±۰/۶۸.	^{ab}۰/۰۸±۰/۵۶	^{bc}۰/۱۲±۰/۳۹	^{c}۰/۰۴±۰/۳۷.
نرخ رشد	^{a}۰/۲۰±۰/۱۷	^{ab}۰/۰۲±۰/۱۴	^{bc}۰/۰۳±۰/۱۰	^{c}۰/۰۰۹±۰/۰۹
نرخ رشد ویژه	^{a}۰/۱۱±۰/۹۲	^{a}۰/۰۹±۰/۸۰	^{b}۰/۱۵±۰/۵۹	^{b}۰/۰۵±۰/۵۶
فاکتور وضعیت	^{a}۰/۰۲±۱/۵۸	^{a}۰/۰۶±۱/۶۳	^{a}۰/۰۴±۱/۴۹	^{a}۰/۱۲±۱/۶۲
ضریب تبدیل غذایی	^{a}۰/۳۹±۲/۷۵	^{a}۰/۴۰±۲/۵۰	^{a}۰/۹۰±۳/۰۸	^{a}۰/۲۶±۲/۰۹

* حروف متفاوت در هر ردیف نشانه وجود اختلاف معنی‌دار است.



شکل ۱-مقایسه نرخ رشد ویژه در کپور معمولی *(C. carpio)* تحت دوره‌های گرسنگی

شکل ۲-مقایسه ضریب تبدیل غذایی کپور معمولی *(C. carpio)* تحت دوره‌های گرسنگی



شکل ۳-مقایسه ضریب چاقی کپورمعمولی *(C. carpio)* تحت دوره‌های گرسنگی

جدول ۳- مقایسه داده‌های (میانگین ± انحراف معیار) شاخص فراسنجه‌های خونی کپور معمولی *(C. carpio)* تحت تأثیر دوره‌های گرسنگی

شاخص	شاهد	۱ روز گرسنگی	۲ روز گرسنگی	یک هفته گرسنگی
گلوکز	۱۸/۰۹+۲/۶۳^{a}	۱۱/۴۴±۲^{b}	۱۷/۹۵±۳/۹^{a}	۷/۷۲±۱/۰۶^{b}
کلسترول	۴۵/۳۹+۱/۱۰	۳۴/۳۷ ±۱/۲	۴۳/۷۳±۰/۱۸	۳۵/۱۷±۰/۴۰
پروتئین کل	۵/۴۹±۱/۱۰	۵/۳۰±۱/۲	۵/۶۸±۰/۱۸	۵/۰۲±۰/۴۰
گلبول سفید	۱۰۵۳۳ ±۱۳۳۱	۸۳۳۳ ±۲۳۸۹	۸۲۰۰±۵۲۹	۱۲۲۰۰± ۲۳۰۶
گلبول قرمز	۱۱۳۳۰۰±۱۲۸۹۰^{b}	۱۵۷۰۰۰۰±۲۳۰۶۵۱^{a}	۱۲۰۶۷۰۰±۵۰۳۳۲^{b}	۱۶۵۳۳۰۰±۶۶۵۸۳^{a}
هماتوکریت	۴۱/۳۳ ±۷/۸۱	۳۷±۶/۰۸	۳۹±۵/۰۷	۳۷/۳۳±۴/۳۱

* حروف متفاوت در هر ردیف نشانه وجود اختلاف معنی‌دار است.

۴ | بحث و نتیجه‌گیری

مطالعات بسیاری وجود رشد جبرانی را بعد از یک دوره محدودیت یا محرومیت غذایی نشان داده‌اند (Maclean and Metcalfe, 2001). بعد از حذف عواملی که در رشد مناسب ماهیان تأثیر منفی داشته نیز (نظیر تراکم بالا، اکسیژن ناکافی، کیفیت بد غذا و بیماری‌ها) رشد جبرانی مشاهده شده است (Ali *et al*., 2003). در مزارع پرورش نیز ماهی‌ها ممکن است تحت تأثیر شرایطی مجبور به گذراندن شرایط گرسنگی بشوند و رشد جبرانی را تجربه کنند (Furne *et al*., 2008). رشد جبرانی دارای مزایای بسیاری در آبزی‌پروری از جمله استفاده کارآمد از خوراک (بهره‌وری بهتر خوراک)، افزایش نرخ رشد، به حداقل رساندن اتلاف مواد غذایی و رژیم‌های غذایی قابل انعطاف است (Tian and Qin, 2004).

دوره‌های گرسنگی و تغذیه مجدد منجر به رشد جبرانی جزئی در ماهی اقیانوس اطلس با وزن کم‌تر از ۵۰۰ گرم شد درحالی‌که در ماهی با وزن بالای ۲ کیلوگرم بازیابی کامل (رشد جبرانی کامل) مشاهده شد (Atle *et al*., 2009). دوره‌های گرسنگی کوتاه‌مدت و تغذیه مجدد در ماهیان هالی‌بوت اقیانوس اطلس رشد جبرانی نسبی را به‌دنبال داشت (Heide *et al*., 2006). الیزابت و همکاران (Elisabeth *et al*., 2014) در ماهی آمازون رشد کامل جبرانی را در دو سطح محرومیت با افزایش مصرف غذا و بازده خوراک به‌دست آوردند. وانگ و همکاران (Wang *et al*., 2000) گزارش کردند که برای القای رشد جبرانی در هیبرید تیلاپیا (*Oreochromis mossambicus*) باید محدودیت غذایی یک هفته‌ای اتخاذ شود و محدودیت غذایی بیش‌تر منجر به پدیده رشد جبرانی نمی‌شود. مطالعات متعددی در گونه‌های مختلف آبزیان درباره اثرات دوره‌های مختلف گرسنگی و غذادهی مجدد بر رشد و فراسنجه‌های خونی انجام شده است. نتایج مختلفی در ارتباط با رشد جبرانی در گونه‌های مختلف و حتی در یک گونه ماهی مشاهده شده است که این می‌تواند به عواملی از جمله گونه، فصل، سن ماهی و نیز شدت دوره‌های گرسنگی و تغذیه مجدد بستگی داشته باشد. در این پژوهش، از دوره‌های گرسنگی ۲ روز (هفته‌ای ۱ روز گرسنگی)، ۴روز (هفته‌ای ۲ روز گرسنگی) و یک هفته گرسنگی در هر دو هفته و متعاقب آن تغذیه مجدد برای بررسی اثرات مختلف دوره‌های مختلف گرسنگی و تغذیه مجدد بر شاخص‌های رشد و فراسنجه‌های خونی در بچه‌ماهی کپور معمولی استفاده شد. عواملی که در به‌وجود آمدن رشد جبرانی در طول دوره محرومیت غذایی نقش دارند شامل افزایش اشتها و پرخوری، افزایش کارآیی غذایی، کاهش هزینه‌های متابولیکی و کاهش تحرک ماهی است (Young *et al*., 2005). تحقیقات تیان و همکاران (Tian *et al*., 2010) نشان داد که بسیاری از گونه‌های ماهی از جمله ماهی *Salmo salar*، *Carassius auratus gibello*، *Lates calcarifer* و *Leiocassis longirostr* بعد از دوره گرسنگی و تغذیه مجدد می‌توانند وزن خود را جبران کنند. ولی رشد جبرانی در ماهی کپور (*Cyprinus carpio*) و قزل‌آلای قهوه‌ای (*Salmo trutta*) اثر مثبتی نداشت. در تحقیق حاضر نیز ماهیان شاهد رشد، بیش‌تری نسبت به گروه‌های گرسنگی نشان دادند.

در این تحقیق نیز، میانگین وزن نهایی، افزایش وزن بدن، نرخ رشد و نرخ رشد ویژه در تیمار شاهد با تیمار ۲ روز و یک هفته گرسنگی اختلاف معنی‌داری را نشان داد ولی در تیمار شاهد و ۱ روز گرسنگی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. وزن نهایی، نرخ رشد و نرخ رشد ویژه در تیمارهای گرسنگی روند کاهشی را نشان داد ولی در بین تیمارهای گرسنگی تیمار ۱ روز گرسنگی با سایر تیمارهای گرسنگی دیگر اختلاف معنی‌داری را نشان داد. وزن نهایی و نرخ رشد در تیمار ۱ روز و شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت و این نشان‌دهنده رشد جبرانی کامل در این تیمار می‌باشد که با نتایج تیان و همکاران (Tian *et al*., 2010) روی ماهی *Cynoglossus semilavis* در تیمار ۴ روز گرسنگی هم‌خوانی داشت. ولی در تیمارهای ۲ روز و یک هفته گرسنگی وزن نهایی و نرخ رشد کم‌تر از گروه شاهد بود. این بیانگر رشد جبرانی بخشی (جزئی) است و مطابق با نتایج تیمارهای ۸، ۱۶ و ۳۲ روز گرسنگی در مطالعه تیان و همکاران (Tian *et al*., 2010) می‌باشد. در نرخ رشد ویژه نیز تیمار شاهد با تیمارهای گرسنگی اختلاف معنی‌داری را نشان داد که با مطالعات صورت گرفته توسط ژی و همکاران (Xie *et al*., 2001) روی ماهی‌کپور گیبل و اروال‌دوغان (Eroldog˘an *et al*., 2008) روی باس‌دریایی (Sea bream) که اختلاف معنی‌داری را بین تیمارشاهد و سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نکردند متفاوت بود. البته تیمار شاهد با تیمار ۱ روز گرسنگی اختلاف معنی‌داری نشان نداد و با نتایج آزودی و همکاران (Azodi *et al*., 2014) روی باس‌دریایی هم‌خوانی داشت. این نشان می‌دهد که این تیمار توانسته کاهش وزن خود را در طول دوره گرسنگی جبران کند و ممکن

است به‌دلیل کاهش متابولیسم در طول دوره گرسنگی که ناشی از کاهش فعالیت ماهی یا افزایش خوراک روزانه یا هر دوی این‌ها می‌باشد (Jobling and Koskela, 1996; Eroldog˘an *et al*., 2008). این اختلاف در پاسخ رشد جبرانی در تیمارهای گرسنگی احتمالاً به‌دلیل وابسته بودن پاسخ رشد جبرانی به طول دوره گرسنگی است (Tian *et al*., 2010). در این مطالعه اختلاف در نتایج می‌تواند به‌دلیل کم بودن زمان جبران رشد در تیمار یک هفته و ۲ روز گرسنگی باشد که فرصت لازم برای جبران وزن از دست رفته در اثر دوره گرسنگی را نداشته و اختلاف معنی‌داری را با گروه شاهد نشان داده‌اند ولی در تیمار ۱ روز گرسنگی فرصت جبران بیش‌تری داشته و به‌همین دلیل اختلاف معنی‌داری بین آن و گروه شاهد مشاهده نشد. فاکتور وضعیت در گروه شاهد با سایر گروهای گرسنگی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. این فاکتور در تیمار ۱ روز و یک هفته گرسنگی در مقایسه با شاهد و تیمار ۲ روز گرسنگی بیش‌تر بود. که با نتایج تحقیقات شرینی (Shreni, 1979) روی (*Heteropneustes fossilis*) که کاهش معنی‌داری را در دوره‌های ۳۰ تا ۵۸ روز گرسنگی نشان نداد هم‌خوانی داشت. ولی با نتایج واسیلین و همکاران (Vosyliene and Kazlauskiene, 1999) روی ماهی قزل‌آلا که ۱۰ روز گرسنگی کاهش معنی‌داری را در فاکتور وضعیت بیان کردند و همچنین با نتایج فلاحتکار و همکاران (Falahatkar, 2012) متفاوت بود. که اختلاف در نتایج به طول دوره گرسنگی و نوع گونه پرورشی بستگی داشته و همچنین می‌تواند ناشی از شرایط مختلف آزمایشی یا تفاوت‌های موقتی و شرایط فیزیولوژیکی و شدت محرومیت غذایی باشد (Jobling and Johansen, 1999).

فاکتور FCR در تیمار شاهد با تیمارهای گرسنگی اختلاف معنی‌داری را نشان نداد هرچند با افزایش دوره‌های گرسنگی از میزان ضریب تبدیل غذایی کاسته شد (به استثنای تیمار ۲ روز گرسنگی) ولی این اختلاف معنی‌دار نبود. که با نتایج هایدی و همکاران (Heide *et al*., 2006) که نشان داد ضریب تبدیل غذایی بین تیمار شاهد و گرسنگی هیچ تفاوتی نداشته و اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد، هم‌خوانی داشت. ولی با نتایج فلاحتکار و همکاران (Falahatkar *et al*., 2007) روی فیل‌ماهی زیر یک سال مخالف بود و آن‌ها با افزایش دوره گرسنگی کاهش معنی‌داری را در FCR مشاهده کردند. ولی برخی از نتایج نشان دادند که ضریب تبدیل غذایی در هر دو گروه‌های گرسنگی و شاهد هیچ تفاوتی ندارند (Russell and Wootton, 1992). باتوجه به این که یکی از شاخص‌های رشد جبرانی افزایش ضریب تبدیل غذا می‌باشد (Zhu *et al*., 2001). در این مطالعه تفاوتی در ضریب تبدیل غذایی بین تیمار شاهد و گرسنکی مشاهده نشد و تفاوت‌های به‌دست آمده از نتایج تحقیقات گوناگون می‌تواند به‌علت تفاوت در و شرایط آزمایشی، شدت محرومیت غذایی، سوء تغذیه و شرایط فیزیولوژیکی ماهی باشد (Jobling *et al*., 1994).

گلوکز متداول‌ترین فاکتوری است که در پاسخ به گرسنگی در موجودات مختلف اندازه‌گیری می‌شود. سطوح گلوکز خون در پاسخ به گرسنگی و تغذیه مجدد در ماهیان مختلف متفاوت است و باتوجه به این که گلوکز به‌عنوان سوخت اصلی بسیاری از بافت‌های بدن اهمیت دارد، حفظ و نگه‌داری آن در دوره‌های گرسنگی بسیار مهم است (Mc Cue, 2010; Gillis and Ballantyne, 1996) در مطالعه حاضر دوره‌های گرسنگی تأثیر معنی‌داری بر غلظت گلوکز پلاسما داشت و در تیمار شاهد نسبت به سایر تیمارها بیش‌تر بود ولی تیمار شاهد با تیمار ۲ روز گرسنگی تفاوت معنی‌داری را نشان نداد اما تیمار شاهد با تیمار ۱ روز و یک هفته گرسنگی تفاوت معنی‌داری را نشان داد که مشابه با نتایج هانگ و همکاران (Hung *et al*., 1997) روی تاس‌ماهی سفید (*Acipenser transmontanus*) و مطالعه پیترسون و اسمول (Peterson and Small, 2004) روی گربه ماهی کانال (*Ictalurus punctatus*) بود ولی مغایر با نتایج داویس و گایلورد (Davis and Gaylord, 2011) روی Sunshine bass که قادر به حفظ گلوکز خود در حالت گرسنگی می‌باشد، بود. تغییر درسطوح گلوکز پلاسما در پاسخ به محرومیت تغذیه در ماهی‌ها متغیر می‌باشد (Davis and Gaylord. 2011).

میزان کلسترول خون ماهی در تیمارهای تحت شرایط گرسنگی و تغذیه مجدد نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. میزان کلسترول در تیمارهای ۲ روز و تیمار یک هفته گرسنگی نسبت به تیمار ۱ روز بیش‌تر بود که بیانگر این است که میزان کلسترول خون با طولانی شدن مدت‌زمان گرسنگی افزایش می‌یابد و ذخایر چربی بدن متعاقباً کاهش پیدا می‌کند که بیانگر افزایش گلوکونئوژنز بافت چربی در دوران گرسنگی و افزایش کلسترول به‌دلیل آزاد شدن آن در اثر این واکنش می‌باشد که با نتایج حاجی‌مرادی و همکاران (Hajemoradi *et al*., 2008) هم‌خوانی دارد. کلسترول پلاسما در ماهیان خاویاری (*Acipenser naccarii*) در ۴۰ روز اول گرسنگی کاهش یافت و در طول تغذیه مجدد بهبود یافت ولی در قزل‌آلا رنگین‌کمان (*Oncorhynchus Mykiss*) فقط در ۵ روز اول گرسنگی کاهش یافت و در سراسر دوره محرومیت غذایی ثابت ماند ولی پس از تغذیه مجدد به میزان بیش‌تری نسبت به سطح اولیه رسید و به‌طور قابل توجهی افزایش یافت و مغایر با نتایج فوق بود (Furne *et al*., 2012). میزان کلسترول باتوجه به گونه ماهی، میزان استفاده ماهی از ذخایر چربی در دوره‌های گرسنگی گزارشات مختلفی وجود دارد (Mehner and Wiese, 1999). میزان پروتئین خون در گروه‌های دوره‌های گرسنگی نسبت به گروه شاهد تفاوت معنی‌داری نشان نداد که باتوجه به بررسی فورن و همکاران (Furne *et al*., 2012) که هیچ‌گونه تغییر قابل ملاحظه‌ای را بر پروتئین پلاسمای ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) و ماهیان خاویاری (*A. naccarii*) مشاهده نکردند مطابق بود. تغییر یا عدم تغییر میزان پروتئین خون ماهی نشان‌دهنده استفاده یا عدم استفاده از ذخایر پروتئینی می‌باشد. که بیانگر این است که ماهی از ذخایر پروتئینی خودش استفاده نکرده و استفاده از ذخایر پروتئینی در اولویت‌های بعدیشان قرار دارد. حاجی‌مرادی و همکاران (Hajemoradi *et al*., 2008) تفاوت معنی‌داری را در میزان پروتئین خون بین گروه‌های آزمایشی مشاهده نکردند. طبق بررسی‌های صورت گرفته ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) در زمان گرسنگی ابتدا از گلیکوژن و چربی و درصورت لزوم از پروتئین به‌عنوان سومین اولویت

اولویت برای دریافت انرژی موردنیاز استفاده می‌کنند. تعداد گلبول‌های سفید در مطالعه حاضر بین تیمارهای گرسنه و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. مرشدی و همکاران (Morshedi *et al*., 2015) در مطالعه‌ای که روی فیل‌ماهی و ماهی سیبری انجام دادند به نتایج فوق رسیدند که در هیچ کدام از تیمارهای هرگونه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. ولی بین دو گونه اختلاف معنی‌داری مشاهده شد که این تفاوت در پاسخ‌های متفاوت به گرسنگی به اختلاف گونه‌ای نسبت داده می‌شود. ژوهانسن و همکاران (Johansson-Sjobeck *et al*., 1974) روند کاهشی را در گلبول‌های سفید مارماهی (*Anguilla anguilla*) نشان دادند و عنوان کردند که این کاهش در تعداد گلبول‌های سفید ممکن است به‌دلیل آسیب دیدن سیستم دفاعی بدن در طول دوره‌های گرسنگی باشد. بنابراین در مطالعه حاضر باتوجه به معنی‌دار نبودن اختلاف بین تیمارها، می‌توان این نتیجه را گرفت که دوره‌های گرسنگی کوتاه‌مدت به احتمال زیاد تأثیری بر سطح ایمنی بدن ماهی نداشته و نتوانسته سطح ایمنی را پایین بیاورد و همچنین مقاومت ماهی را در طی گرسنگی در برابر بیماری کاهش نداده است .تعداد گلبول‌های قرمز هم در طول دوره آزمایش در گروه‌های گرسنه و تیمار شاهد، اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و تیمار ۲ روز و یک هفته گرسنگی با تیمار شاهد و ۱ روز گرسنگی در هفته اختلاف معنی‌داری را نشان داد و روند افزایشی را نشان داد. اسمیرنوف (Smirnov, 1965) نشان داد که در طول دوره گرسنگی ۱۴۵ روزه ماهی بوربو (*Lota lota*) تعداد گلبول‌های قرمز افزایش می‌یابد. تعداد گلبول‌های قرمز می‌تواند بر توازن کل انرژی بدن تأثیرگذار باشد. لذا به‌دلیل کاهش فعالیت ماهی در طول دوره گرسنگی تعداد کمی از گلبول قرمز مورد نیاز است و تعداد آن‌ها رو به کاهش می‌گذارد و همچنین اندازه و تعداد گلبول‌های قرمز در گونه‌های مختلف متفاوت می‌باشد (Morshedi *et al*., 2015). در این آزمایش کاهش فقط در تیمار ۱ روز مشاهده شده و گلبول قرمز در تیمارهای ۲ روز و یک هفته بیش‌تر از گروه شاهد بود که احتمال دارد به‌دلیل آزاد شدن بیش‌تر گلبول قرمز از بافت‌های خون‌ساز و یا کاهش متابولیسم بدن در این تیمارها باشد. شاخص هماتوکریت بین تیمار شاهد با سایر تیمارهای گرسنگی اختلاف معنی‌داری نداشت.

لارسون و لیواندر (Larsson and Lewander, 1973) در مطالعه روی مارماهی اروپایی (*Anguilla anguilla*) نشان دادند که گرسنگی تأثیر معنی‌داری را بر هماتوکریت نمی‌گذارد و با نتایج ما مطابق بود ولی مغایر با نتایج مرشدی و همکاران (Morshedi *et al*., 2015) که روند افزایشی را در بچه فیل‌ماهیان مشاهده کردند، بود. اختلاف گونه های ماهیان، تنوع مورفولوژیکی و عملکرد اکولوژی ایشان تشخیص مطالعات خون‌شناسی را در بین آنها سخت می‌کند. با توجه به مطالعات صورت‌گرفته از جمله عواملی که در طول دوره استرس بر میزان هماتوکریت اثرگذار می‌باشد شامل تغییر حجم پلاسما، تغییر شکل گلبول‌های قرمز و کاهش یا افزایش تولید گلبول‌های قرمز از بافت‌های خون‌ساز است (Benfey and Biron, 2000). باتوجه به اینکه هماتوکریت در این گونه تغییری نکرده، می‌تواند ناشی از این باشد که این گونه توانسته خودش را با شرایط گرسنگی سازگار کند و اثرات گرسنگی را خنثی کند.

باتوجه نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان بیان کرد که رشد جبرانی ماهی کپور معمولی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و تیمار ۱ روز گرسنگی در هفته به وزن ماهی شاهد رسید و اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. فراسنجه‌های خونی از جمله پروتئین کل و کلسترول در دوره‌های کوتاه‌مدت گرسنگی ثابت می‌ماند. ولی گلوکز خون ماهی تغییر کرد که بیانگر این می‌باشد که ماهی ابتدا منبع گلوکز و چربی را استفاده می‌کند و در شرایط خاص و ضروری به سراغ پروتئین می‌رود و واکنش ماهی به رشد جبرانی بستگی به نوع گونه ، شرایط آزمایشی، زیست محیطی و فیزیولوژیکی ماهی بستگی دارد.

پست الکترونیک نویسندگان

معصومه ملکی: shilat1389@gmail.com
محمدرضا ایمانپور: mrimanpoor@yahoo.com
ولی‌اله جعفری: vjafari110@yahoo.com
حامد پاک‌نژاد: hkolangi@gmail.com

REFERENCES

Ali M., Nicieza A., Wootton R.J. 2003 Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. Fish and Fisheries, 4: 147-190.

Atle F., Albert K., Erik I.V., Sigurd O.S., Birgitta N., Skjalg P., Trond S., Bjørn R. 2009. Compensatory growth in Atlantic halibut: Effect of starvation and subsequent feeding on growth maturation feed utilization and flesh quality. Aquaculture, 290: 304-310.

Azodi M., Nafisi M., Morshedi V., Modarresi M., Faghih-Ahmadani A. 2014. Effects of intermittent feeding on compensatory growth feed intake and body composition in Asian sea bass (*Lates calcarifer*). Fisheries Sciences, 15(1): 144-156.

Baghizadeh E., Sadeghpour A., Khara H., Nezami blouchi Sh.A. 2014. Effect of age on some cellular and biochemical factors common carp (*Cyprinus carpio Linnaeus 1758*). Journal of Fisheries, 4(16): 17-24. (In Persian).

Bascinar N., Cakmak E., Cavdar Y., Aksungur N. 2007. The effect of feeding frequency on growth performance and feed conversion rate of black sea trout (*Salmo trouta labrax*) Pallas, 1811. Fisheries and Aquatic Sciences, 7: 13-17.

Benfey T.J., Biron M. 2000. Acute stress response in triploid rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), and brook trout (*Salvelinus fontinalis*). Aquaculture, 184: 167-176.

Brunt J., Austin B. 2005. Use of a probiotic to control lactococcosis and streptococosis in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Fish Disease, 28: 693-70.

Burel C., Boujard T., Kaushik S.J., Boeuf G., VanDer Geyten S., Mol K.A., Kuhn E.R., Quinsac A., Krouti M., Ribailler D. 2001. Effects of rapeseed meal- gluco-

sinolates on thyroid metabolism and Feed utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). General and Comparative Endocrinology, 124: 343-358.

Davis K.B., Gaylord T.G. 2011. Effect of fasting on body composition and responses to steress in sunshine bass. Comparative and Biochemical Physiology, part A, 158: 30-36.

Elisabeth C.U., Sherezada J.S., Leonardo S.T. 2014. Short-term cycles of feed deprivation and refeeding promote full compensatory growth in the Amazon fish matrinxã (*Brycon amazonicus*). Aquaculture, 433: 430-433.

Eroldog˘an O.T., Kumlu M., Aktas M. 2004. Optimum feeding rates for European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) reared in seawater and freshwater. Aquaculture, 231: 501-515.

Eroldog˘an O.T., Suzer C., Tasbozan O., Tabakoglu S. 2008. The effects of rate-restricted feeding regimes in cycles on digestive enzymes of Gilthead Sea bream (*Sparus aurat*). Fisheries and Aquatic Sciences, 8: 49-54.

Falahatkar B. 2012. The metabolic effects of feeding and fasting in beluga (*Huso huso)*. Marine Environmental Research, 82: 69-75.

Falahatkar B., Foadian A., Abbasalizadeh A., Tolouei Gilani M.H. 2007. Effects of starvation and feeding strategies on growth performance in sub-yearling great sturgeon (*Huso huso*). Aquaculture Europe, 26: 24-27.

Furne M., Garsia-Gallego M., Kidalgo M.C., Morales A.E., Domezahn A., Domezain J., Sanz A. 2008. Effect of starvation and refeeding on digestive enzyme activities in sturgeon (*Acipenser naccarii*) and trout (*Oncorhynchus mykiss)*. Biochemistry and Physiology A, 149: 420-425.

Furne M., Morales A.E., Trenzado C.E., Garcia-Gallego M., Hidalgo M.C., Domezain A., Sanz Rus A. 2012. The metabolic effects of prolonged starvation and refeeding in sturgeon and rainbow trout. Comparative Physiology B, 182: 63-76.

Gao Y., Jeong-Yeol Lee J.Y. 2012. Compensatory Responses of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus)* under Different Feed-Deprivation Regimes. Fish Aquatic Sciences, 15(4): 305-311.

Gillis T.E., Ballantyne J.S. 1996. The effects of starvation on plasma free amino acid and glucose concentrations in lake sturgeon. Fish Biology, 49: 1306-1316.

Hajemoradi M., Mahbobi Sofyani N., Allameh S.K.A. 2008. Effects of starvation on cholesterol, glucose and blood plasma protein rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss).* Marine Science and Technology, 6(4): 23-30.

Heide A., Foss A., Stefansson S.O., Mayer I., Norberg B., Roth B., Jenssen M.D., Nortvdt R., Imsland A.K. 2006. Compensatory growth and fillet crude composition in juvenile Atlantic halibut: Effects of short term starvation periods and subsequent feeding. Aquaculture, 261: 109-117.

Hung S.S.O., Liu W., Li H.B., Storebakken T., Cui Y.B. 1997. Effects of starvation on some morphological and biochemical parameters in white sturgeon *Acipenser transmontanus*. Aquaculture, 151: 357-363.

Hung S.S.O., lutes P.B., Storebakken T. 1989. Growth and feed efficiency of white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) sub yearling at different feeding rates. Aquaculture, 80: 147-153.

Jobling M., Johansen S.J.S. 1999. The lip stat, hyperphagia and catch-up growth. Aquaculture Research, 30: 473-478.

Jobling M., Koskela J. 1996. Inter individual variations in feeding and growth in rainbow trout during restricted feeding and in subsequent period of compensatory growth. Fish Biology, 49: 658-667.

Jobling M., Meløy O. H., Dos Santos J., Christiansen B. 1994. The compensatory growth response of the Atlantic cod: effects of nutritional history. Aquaculture International, 2: 75-90.

Johansson-Sjobeck M-L., Dave J., Larsson A., Lewander K., Lidman U. 1974. Metabolic and hematological effects of starvation in the European eel (*Anguilla Anguilla*) L--II. Hematology. Comparative Biochemistry and Physiology A, 52(2): 431-434.

Khodadadi M., Ansari M., Peyghan R., Mohammadi G.H.H., Raissy M. 2009. Evaluation of some serum parameters of Benni *(Barbus sharpeyi)* Brood stocks in spawning season. Marine Science and Technology, 4(3): 37-43.

Larsson A., Lewander K. 1973. Metabolic effects of starvation in eel (*Anguilla anguilla* L). Comparative Biochemistry and Physiology A, 44(2): 367-374.

Maclean A., Metcalfe N.B. 2001. Social status access to food and compensatory growth in juvenile (*Atlantic salmon)*. Fish Biology, 58: 1331-1346.

Mc Cue M. 2010. Starvation physiology: Reviewing the different strategies animals use to survive a common challenge. Comparative Biochemistry and Physiology A, 156: 1-8.

Mehner T., Wieser W. 1999. Energetic and metabolic correlates of starvation in juvenile perch (*Perca fluviatilis*). Fish Biology, 45: 325-333.

Morshedi V., Kochanian P., Bahmani M., Yazdani M.A., Porali fashtami H.R., Ashouri Gh., Azodi M. 2015. Comparison of changes in hemoglobin, hematocrit and red and white blood cells count during food deprivation in Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*) and cultured juvenile beluga (*Huso huso*). Research Journal of Animals (Iranian Journal of Biology), 27(2): 282-289. (In Persian).

Orun I., Dorucu M., Yazlak H. 2003. Haematological parameters of three cyprinidae fish species from kawakawa Darn Lake Turkey. Biological Sciences, 3(3): 320-328.

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

Peterson B.C., Small B.C. 2004. Effects of fasting on circulating IGF-binding proteins glucose and cortisol in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Domestic Animal Endocrinology, 26: 231-240.

Quinton J.C., Blake R.W. 1990. The effect of feed cycling and ration level on the compensatory growth response in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Fish Biology, 37: 33-41.

Russell N.R., Wootton R.J. 1992. Satiation digestive tract evacuation and return of appetite in the European minnow

(*Phoxinus phoxinus*) following short periods of pre-prandial starvation. Environmental Biology of Fishes, 38: 385-390.

Shreni K.D. 1979. Influence of starvation on the brain and liver cholesterol levels of the cat-fish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch). Proceedings Animal Sciences, 88: 205-208.

Smirnov L.J. 1965. Blood indices of the burbot during prolonged total fasting and subsequent feeding. Doklady Academy of Sciences, USSR Biological Sciences Section, 160: 107 109.

Tian X., Fang J., Dong S. 2010. Effects of starvation and recovery on the growth, metabolism and energy budget of juvenile tongue sole (*Cynoglossus semilaevis*). Aquaculture, 310: 122-129.

Tian X., Qin J.G. 2004. Effects of previous ration restriction on compensatory growth in barramundi (*Lats calcarifer*). Aquaculture, 235: 273-283.

Vosyliene M.Z., Kazlauskiene N. 1999. Alterations in fish health state parameters after exposure to different stressors. Acta Zoologica Lituanica Hydrobiology, 9: 83-94.

Wang Y., Cui Y., Yang Y., Cai F. 2000. Compensatory growth in hybrid tilapia (*Oreochromis mosambicus*×*O.niloticus*) reared in seawater. Aquaculture, 189: 101-108.

Xie S., Zhu X., Cui Y., Lei W., Yang Y., Wootton R.J. 2001. Compensatory growth in the gibel carp following feed deprivation: temporal patterns in growth, nutrient deposition feed intake and body composition. Fish Biology, 58: 999-1009.

Young A., Morris P.C., Huntingford F.A., Sinnott R. 2005. The effects of diet, feeding regime and catch-up growth on flesh quality attributes of large (1+ sea winter) Atlantic salmon (*Salmo salar).* Aquaculture, 248: 59-73.

Zhu X., Cui Y., Ali M., Wootton R.J. 2001. Comparison of compensatory growth responses of juvenile three-spined stickleback and minnow following similar food deprivation protocols. Fish Biology, 58: 1149-1165.

نحوه استناد به این مقاله:

ملکی م.، ایمانپور م.ر.، جعفری و.ا.، کلنگی ح. تأثیر دوره‌های مختلف گرسنگی و رشد جبرانی بر شاخص‌های رشد و فراسنجه‌های خونی در ماهی کپور معمولی *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758. مجله ماهی شناسی کاربردی دانشگاه گنبدکاووس. ۱۳۹۹: ۷۹-۷۰ (۲)۸.

Maleki M., Imanpoor M.R., Jafari V.A., Kolangi H. The effect of different periods of starvation and compensatory growth on growth indicators and blood pressure in normal Cyprinus carpio Linnaeus, 1758. Journal of Applied Ichthyological Research, University of Gonbad Kavous. 2020, 70-79.

Effects of different starvation periods and compensatory growth on growth indices and hematological parameters in common carp *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758

Maleki M[*1]., Imanpour M.R[2]., Jafari V[3]., Paknejad H[3].

[1] M.Sc., Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
[2] prof. of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
[3] Associate Prof., Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Type:

Original Research Paper

Paper History:

Received: 26- 7- 2016
Accepted: 13- 9- 2016

Corresponding author:

Maleki M. M.Sc., Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Email: shilat1389@gmail.com

Abstract

The present study was conducted to investigate the effects of compensatory growth on growth and physiological responses (glucose, total protein, and cholesterol) of juvenile common carp (*C. carpio*) for eight weeks. Fish were divided into four experimental groups (initial weight; 13.88±0.88 g) including 0 (T1), 2 days (T2), 4 days (T3), and a week (T4) of starvation and re-feeding periods with three replicates. At the end of the experiment, blood samples were collected from all treatments for biochemical and metabolites analysis using spectrophotometer. Results showed that the growth indices including final weight, growth rate, specific growth rate, and body weight gain were significantly different among the control and treatment 2 and 4, whereas no significant difference was observed between treatments 1 and the control. Condition factor and feed conversion ratio were not significantly different among treatments. A significant difference was observed in glucose levels between starvation treatments and the control group, although the total protein and cholesterol were not significantly different. The results of this study showed that common carp can physiologically adapt to short-term starvation and re-feeding period.

Keywords: *C. carpio*, Starvation, Compensatory growth, Hematology parameters