گرسنگی کوتاه‌مدت و تغذیه مجدد در بچه ماهیان قره برون (*Acipenser persicus*): عملکرد رشد و متغیرهای بیوشیمیایی پلاسما

مهبد ضیغمی[۱]
عباس بزرگ نیا[۲*]
کیوان حضائی[۳]
سید مهدی حسینی فرد[۴]
سمیه بهرام[۵]

۱، ۲، ۳ و ۵. گروه شیلات و آبزیان، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قائم‌شهر، قائم‌شهر، ایران.
۴. دانشکده دامپزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بابل، بابل، ایران.

***مسئول مکاتبات:**
a.bozorgnia@qaemiau.ac.ir

کد مقاله: ۱۴۰۱۰۲۰۹۳۹
تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۲/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۲۲
این مقاله پژوهشی و برگرفته از رساله دکتری تخصصی است.

چکیده

بسیاری از ماهیان قادر به تحمل گرسنگی هستند و اغلب یک استراتژی تغذیه مجدد پس از گرسنگی می‌تواند باعث بازیابی سریع وزن و بازگشت ماهی به شرایط قبل گردد. ازاین‌رو امروزه این ویژگی به‌منظور کاهش مشکلات کیفی آب و صرفه‌جویی در هزینه‌های غذادهی و افزایش سودهی در صنعت آبزی‌پروری موردتوجه واقع‌شده است. بررسی حاضر باهدف ارزیابی اثرات دوره‌های کوتاه‌مدت گرسنگی و تغذیه مجدد بر عملکرد رشد و متغیرهای بیوشیمیایی پلاسمای بچه ماهیان قره‌برون انجام گردید. ۱۲۰ ماهی با میانگین و زنی ۵/۰۵ ± ۳۶/۳۲ گرم با چهار استراتژی متفاوت تغذیه طی یک دوره آزمایشی ۴۰ روزه در فصل تابستان ۱۳۹۸ مورد چالش قرار گرفتند: Ctrl= گروه شاهد (غذادهی در کل دوره)؛ T1= چهار دوره متوالی گرسنگی دوروزه و غذادهی هشت‌روزه پس از هر دوره؛ T2= دو دوره متوالی گرسنگی چهارروزه و غذادهی ۱۶ روزه پس از هر دوره؛ T3= یک دوره گرسنگی هشت‌روزه و غذادهی ۳۲ روزه پس‌ازآن. نتایج نشان داد که دوره‌های گرسنگی و تغذیه مجدد به‌طور معنی‌داری ($P<0/05$) بر مقادیر شاخص‌های رشد در بچه ماهیان قره‌برون تأثیر می‌گذارد، چنانکه شاخص‌های رشد در تیمارهای آزمایشی روند کاهشی را نشان داشته و کمترین مقدار در تیمار T3 رخ‌داده است. همچنین یک‌روند کاهشی در مقادیر شاخص‌های کبدی و دستگاه گوارش تحت تأثیر تیمارهای مختلف گرسنگی دیده می‌شود، ولی اختلاف معنی‌داری ($P<0/05$) در مقادیر شاخص‌های مذکور بین تیمارها مشاهده نمی‌گردد. علاوه براین سطح کورتیزول در ماهیان تیمار در مقایسه با ماهیان شاهد به‌طور معنی‌داری ($P< 0/05$) افزایش‌یافته و در تیمار T3، کاهش جزئی در مقادیر گلوکز دیده می‌شود. بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، می‌توان بیان نمود که اگرچه دوره‌های گرسنگی کوتاه‌مدت اثرات معنی‌داری بر عملکرد رشد و متغیرهای بیوشیمیایی پلاسمای ماهیان دارد، اما به نظر می‌رسد که شاخصه‌های فیزیولوژیکی و متابولیکی بچه ماهیان قره‌برون پس از یک دوره تغذیه مجدد کوتاه‌مدت می‌توانند به مقادیر قبل از گرسنگی بازگردد. بااین‌حال، پاسخ‌های رشد جبرانی به طول دوره گرسنگی و متعاقب آن تغذیه مجدد بستگی دارد.

واژگان کلیدی: گرسنگی، تغذیه مجدد، عملکرد رشد، متغیرهای بیوشیمیایی پلاسما، قره برون.

مقدمه

گرسنگی زمانی اتفاق می‌افتد که ماهی به دلیل عدم دسترسی به مواد غذایی کافی از تغذیه محروم گردد (Dar *et al*., 2019)، بدین ترتیب قادر به تأمین نیازهای غذایی بدن خود نخواهد بود. رخدادی که ممکن است در شرایط طبیعی نیز در واکنش به تغییر در برخی متغیرها نظیر تغییرات دما، مهاجرت‌های تولیدمثلی و غیره رخ دهد (Eroldoğan *et al*., 2008). در این حالت ازآنجایی‌که ماهی قادر به تأمین عناصر غذایی بدن نیست، دوره‌های محرومیت غذایی و تغذیه مجدد می‌تواند به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم باعث بروز چندین واکنش متابولیکی، فیزیولوژی و مورفولوژی در ماهی گردد (Kumar and Prakash *et al*., 2021). با توجه به اینکه طول دوره‌های گرسنگی و محرومیت غذایی ممکن است

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-28]

از چند هفته تا چند ماه نیز متغیر باشد (عباسی مصر دشتی و همکاران، ۱۳۹۹)، بنابراین تغییرات ایجادشده بسته به سن، گونه و طول دوره گرسنگی و تغذیه مجدد متفاوت خواهد بود (Imsland *et al*., 2020). به‌طورکلی، در بیشتر گونه‌های ماهیان، گلیکوژن کبد اولین ماده‌ای است که به‌عنوان منبع انرژی مورداستفاده قرار می‌گیرد و در مراحل اول گرسنگی، ممکن است از گلوکز حاصل از تجزیه گلیکوژن کبد برای حفظ قند خون استفاده شود (Urbinati *et al*., 2014). هم‌زمان با کاهش ذخایر گلیکوژن کبد، از ذخایر لیپیدی نیز برای کسب انرژی استفاده می‌شود. هنگامی‌که عملاً هر دو ذخایر تخلیه شدند، برخی از گونه‌ها برای گلوکونیوژنز پروتئین را عمدتاً از ماهیچه‌های اسکلتی تجزیه می‌کنند (Naghshpour *et al*., 2021) و با استفاده از لیپید و پروتئین به‌عنوان منبع انرژی، سعی در حفظ ذخایر گلیکوژن می‌کنند (Yarmohammadi *et al*., 2015)؛ بنابراین، کاهش وزن به دلیل کاهش ذخایر چربی و پروتئین بدن، بیان‌کننده پاسخ دیگری در شرایط محرومیت از غذا بوده و تغییر در پروفایل‌های سوخت‌وسازی گلوکز و لیپید را نشان می‌دهد (Chatzifotis *et al*., 2018).

بااین‌حال، به‌جز مواردی که محرومیت از غذا باعث بروز آسیب‌های جبران‌ناپذیر می‌شود، بسیاری از گونه‌های ماهیان حتی بهتر از مهره‌داران عالی در برابر محرومیت غذایی مقاومت می‌کنند (Yang *et al*., 2019) و به‌طورمعمول، یک استراتژی تغذیه مجدد پس از گرسنگی می‌تواند باعث بازیابی سریع وزنی جاندار شود که تحت عنوان رشد جبرانی شناخته می‌شود (Furné *et al*., 2008). ازاین‌رو، امروزه بهره‌گیری از راهبردهای بهبود تغذیه به‌ویژه برنامه‌های محرومیت غذایی (گرسنگی) کوتاه‌مدت بدون تأثیر منفی بر روی رشد به همراه بهینه‌سازی ترکیبات غذایی (عباسی مصردشتی و همکاران، ۱۳۹۹) به‌عنوان بخشی از استراتژی‌های تغذیه‌ای برای حفظ کیفیت آب، کاهش اثرات مضر استرس ناشی از جابجایی (Davis and Gaylord, 2011)، کاهش مرگ‌ومیر مربوط به بیماری‌ها و یا ذخیره خوراک برای افزایش سوددهی مزرعه (Sakyi *et al*., 2020) در صنعت آبزی‌پروری پایدار موردتوجه زیادی قرارگرفته و ارائه رژیم‌های متنوع غذادهی ازجمله میزان غذای مصرفی، تعداد دفعات، روش‌های غذادهی و برنامه روزانه غذادهی در مدیریت تولید و پرورش ماهیان در این زمینه به یک اصل بنیادی بدل شده است (Başçinar *et al*., 2007). این موضوع در مورد ماهیان خاویاری پرورشی که چرخه زندگی طولانی با دوره‌های بلوغ بلندمدت و هزینه تولیدی بالایی دارند، نیز بسیار موردتوجه واقع‌شده است.

تحقیقات متعددی اثرات دوره‌های بلندمدت و کوتاه‌مدت گرسنگی و تغذیه مجدد بر پاسخ‌های فیزیولوژیکی (مقادیر کورتیزول، هورمون‌های تیروئیدی، گلوکز، پروتئین، کلسترول و تری گلیسیرید پلاسما) و مورفولوژیکی (وزن و طول بدن، شاخص وضعیت، شاخص احشایی، شاخص کبدی و شاخص دستگاه گوارش) در گونه‌های مختلف ماهیان را موردبررسی قرار داده‌اند، اما مطالعات معدودی بر روی ماهیان خاویاری به‌ویژه در شرایط پرورشی تمرکز داشته و عمده آن‌ها مربوط به تاس ماهیان سیبری می‌باشند. به‌عنوان‌مثال عشوری و همکاران (۱۳۹۶) در طی دوره‌های گرسنگی کوتاه‌مدت و غذادهی مجدد عکس‌العمل‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی بچه تاس ماهیان سیبری (*Acipenser baerii*) را موردمطالعه قراردادند. نتایج این تحقیق نشان داد که در طی دوره‌های گرسنگی کوتاه‌مدت، تاس ماهیان سیبری قادر به تنظیم فعالیت سوخت و سازی و فیزیولوژیکی خود بوده و وضعیت بدنی ماهیان پس از یک دوره تغذیه مجدد به شرایط قبل از گرسنگی بازمی‌گردد. Jafari و همکاران (۲۰۱۸) نیز عملکرد رشد و متابولیت‌های پلاسمایی را در بچه تاس ماهیان سیبری (*A. baerii*) در اندازه‌های مختلف در طی رژیم‌های غذایی متفاوت بررسی نموده و گزارش کردند که در تمامی اندازه‌ها، تغذیه با سیری ۵۰ درصدی باعث کاهش هزینه غذا بدون تأثیر منفی بر شرایط فیزیولوژیکی می‌گردد. Shirvan و همکاران (۲۰۱۹) اثرات دوره‌های محدودیت غذایی و گرسنگی را بر عملکرد رشد، ترکیب بدن و متابولیت‌های پلاسمایی بچه تاس ماهیان سیبری (*A. baerii*)، موردتحقیق قراردادند. یافته‌های این بررسی نشان داد که ماهیان خاویاری سیبری قادر هستند شرایط فیزیولوژیکی بدن خود را در محدودیت غذایی کوتاه‌مدت با استفاده از متابولیت‌های ذخیره‌شده تنظیم نمایند. Naghshpour و همکاران (۲۰۲۱) تأثیر گرسنگی کوتاه‌مدت و تغذیه مجدد را بر عملکرد رشد، پاسخ‌های هماتولوژیکی و مورفولوژیکی در فیل‌ماهیان نوجوان (*Huso huso*) موردبررسی قرار داده و نشان دادند که گرسنگی کوتاه‌مدت بر اکثر شاخص‌های بیوشیمیایی و هماتولوژیکی فیل‌ماهیان نوجوان اثر منفی معنی‌داری

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-28]

نداشته و ماهیان در دوره‌های کوتاه گرسنگی توانایی تنظیم سوخت و سازی را دارند. از معدود تحقیقات انجام‌شده بر روی ماهیان قره برون می‌توان به تحقیق انجام‌شده توسط Yarmohammadi و همکاران (۲۰۱۵) اشاره کرد که اقدام به بررسی اثرات گرسنگی و تغذیه مجدد بر برخی پارامترهای خونی و بیوشیمیایی پلاسمای ماهیان خاویاری ایرانی (*Acipenser persicus*) نوجوان نمودند. یافته‌های این بررسی نشان داد که گرسنگی‌های کوتاه‌مدت تأثیر منفی معنی‌داری بر عملکرد رشد نداشته و اکثر متغیرهای بیوشیمیایی و هماتولوژیک در ماهیان خاویاری ایرانی با از سرگیری تغذیه مجدد بهبود می‌یابند.

تحقیقات نشان می‌دهد که در بیشتر گونه‌های ماهیان روند متابولیکی بعد از تغذیه مجدد به حالت اول بازمی‌گردد (عشوری و همکاران، ۱۳۹۶؛ Naghshpour *et al*., 2021 ؛Jafari *et al*., 2018 ؛Yarmohammadi *et al*., 2015)، اما توانایی سازگاری ماهی به شرایط گرسنگی و نحوه تحمل دوران محرومیت غذایی و سرانجام بازگشت به شرایط اولیه و جبران آثار آن پس از دریافت مجدد غذا در گروه‌های مختلف ماهیان متفاوت بوده و وابسته به متغیرهایی از قبیل گونه، شرایط محیطی، دوره‌های محدودیت غذایی و پیشینه تغذیه قبلی می‌باشد (Navarro and Gutierrez, 1995)؛ بنابراین مطالعه وضعیت متابولیکی و فیزیولوژیکی ماهیان برای درک چگونگی سازگاری با رژیم‌های گرسنگی و تغذیه مجدد و نحوه عملکرد سوخت و سازی ماهیان در مواقع گرسنگی به‌منظور بهینه‌سازی فرآیند پرورش و ذخیره‌سازی انرژی، امری ضروری است. ازاین‌رو، هدف از انجام تحقیق حاضر سنجش و ارزیابی تغییرات مورفولوژیکی و متغیرهای بیوشیمیایی پلاسما در بچه ماهیان خاویاری قره‌برون تحت دوره‌های گرسنگی کوتاه‌مدت و تغذیه مجدد و مقایسه نتایج به‌دست‌آمده با سایر تحقیقات می‌باشد.

مواد و روش‌ها

۱۲۰ عدد بچه ماهی قره برون با میانگین وزنی ۵/۰۵ ± ۳۶/۳۲ گرم، از شرکت پرورش ماهیان خاویاری قره برون در شهرستان ساری تهیه گردیدند. برای دفع آلودگی‌های زیستی و غیر زیستی احتمالی، ابتدا بچه ماهیان با آب‌نمک (۵ درصد) ضدعفونی شده و سپس به‌منظور ایجاد سازگاری به مدت ۱۰ روز در مخازن پرورشی نگهداری و روزانه سه نوبت با غذای تجاری حاوی ۴۵ درصد پروتئین خام و ۱۵ درصد چربی خام تا حد اشباع (سیری ۱۰۰ درصدی) تغذیه شدند. در بررسی حاضر، سطح اشباع بر اساس داده‌های بصری و ظاهری تعیین و سپس طی یک مرحله تغذیه آزمایشی، میانگین میزان غذای مصرفی توسط بچه ماهیان از زمان شروع تغذیه فعال تا توقف کامل تغذیه، محاسبه و مبنای محاسبه غذای مورداستفاده برای تمامی گروه‌های آزمایشی و شاهد قرار گرفت (Li *et al*., 2004). قبل از ذخیره‌سازی بچه ماهیان، مخازن پرورشی به‌طور کامل ضدعفونی و سپس با آب شستشو داده شدند. در پایان روز دهم بچه ماهیان جداسازی و رقم‌بندی شده و سپس جهت انجام تیمارهای گرسنگی در مخازن پرورشی، ذخیره‌سازی شدند. تیمار بندی بچه ماهیان برای مدت ۴۰ روز در فصل تابستان ۱۳۹۸ به شرح ذیل صورت گرفت:

Ctrl (گروه کنترل/شاهد): بچه ماهیان در کل دوره بررسی، روزانه چهار بار تا حد سیری مورد تغذیه قرار گرفتند.

T1 (تیمار اول): بچه ماهیان تحت چهار دوره متوالی گرسنگی دوروزه و غذادهی هشت‌روزه پس از هر دوره محرومیت غذایی تیمار شدند.

T2 (تیمار دوم): بچه ماهیان تحت دو دوره متوالی گرسنگی چهارروزه و غذادهی ۱۶ روزه پس از هر دوره محرومیت غذایی، تیمار شدند.

T3 (تیمار سوم): بچه ماهیان با یک دوره گرسنگی هشت‌روزه و غذادهی ۳۲ روزه در انتهای دوره تیمار شدند.

دوره آزمایش ۴۰ روزه بوده و برای هر تیمار آزمایشی ۳ تکرار انجام گردید. در هر تکرار تعداد ۱۰ عدد بچه ماهی، مورد تیمار قرارگرفته و ماهیان با استفاده از پلت خشک با ترکیب ۵۴ درصد پودر ماهی، ۹ درصد پودر سویا، ۵ درصد آرد گندم ۶/۵ درصد روغن ماهی، تغذیه شدند (جدول ۱). تجزیه‌وتحلیل تقریبی هر رژیم غذایی شامل رطوبت، پروتئین، خاکستر و چربی بر اساس روش AOAC (Lee *et al*., 2005) انجام‌شده که

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-28]

نتایج آن در جدول شماره ۲ ارائه‌شده است. غذای تهیه‌شده در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد بسته‌بندی و فریز شده و جیره‌های روزانه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در شرایط یخچال نگهداری شدند (Naghshpour *et al.*, 2021).

جدول ۱: ترکیب جیره غذایی آزمایشی

مواد	درصد
پودر ماهی	۵۴
پودر سویا	۹
آرد گندم	۵
روغن ماهی	۶/۵
همبند (ملاس)	۴
مواد معدنی*	۳
مکمل ویتامین**	۳
اسیدلاکتیک	۲/۵
لیستین	۲
دی کلسیم فسفات	۲
لیزین	۱
متیونین	۱
ضد قارچ	۰/۴۵
آنتی‌اکسیدان***	۰/۰۲
مجموع	۹۹/۹۸

* هر کیلوگرم مکمل معدنی حاوی کبالت: ۱۰۰؛ ید: ۴۰۰؛ سلنیوم: ۲۰؛ روی: ۱۰،۰۰۰؛ آهن: ۶،۰۰۰؛ مس: ۶۰۰ و منگنز: ۵،۰۰۰ (میلی‌گرم).

** هر کیلوگرم مکمل ویتامین حاوی ویتامین A: IU/kg ۸۰،۰۰۰؛ ویتامین D_3: IU/kg ۲،۰۰۰؛ ویتامین K: ۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم؛ تیامین: ۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم؛ ریبوفلاوین: ۶۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم؛ پیریدوکسین: ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم؛ پانتوتنیک اسید: ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم؛ نیاسین: ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم ؛ بیوتین: ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم؛ اسیدفولیک: ۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم؛ کوبالامین: ۰/۱؛ اینوزیتول: ۳۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم؛ اسید اسکوربیک: ۶۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم؛ کولین کلرید: ۳۰۰۰ میلی‌گرم.

*** آنتی‌اکسیدان: هیدرو کسی تولوین بوتیله (Butylated hydroxytoluene)؛ ضد قارچ: پرمیکس توکسیبان (ترکیب: آلومینوسیلیکات، زیولیت، بنتونات، آمونیوم پروپیونات).

جدول ۲: آنالیز تقریبی جیره غذایی آزمایشی

مواد مغذی	درصد
پروتئین خام	۵۲
چربی خام	۱۵
خاکستر	۱۳/۵
رطوبت	۱۰

برای حذف مواد غذایی زائد و جلوگیری از تجمع مدفوع مخازن پرورشی به‌صورت هفتگی سیفون شده و متغیرهای کیفی آب به‌صورت دوره‌ای پایش گردیدند.

برای نمونه‌برداری از خون جهت تعیین فراسنجه‌های بیوشیمیایی پلاسما، در پایان دوره‌های گرسنگی به‌صورت کاملاً تصادفی از هر یک از تیمارها و گروه شاهد تعداد ۳ نمونه ماهی انتخاب و به آزمایشگاه منتقل و نمونه‌های خون از پشت باله مخرجی پس از بیهوشی ماهیان با فروبردن در آب

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-28]

یخ، جمع‌آوری و به لوله‌های غیر هپارینه منتقل شدند. سپس برای به دست آوردن سرم، نمونه‌های خون هپارین نشده به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۶۰۰ دور در دقیقه (rpm) سانتریفیوژ شده و درنهایت سرم‌های جداسازی شده توسط سمپلر درون ویال در فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان آنالیز نهایی نگهداری گردیدند (Jafari, 2018). غلظت فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم ازجمله کلسترول، تری گلیسیرید، پروتئین تام و گلوکز با استفاده از کیت‌های استاندارد شرکت پارس آزمون (کرج، ایران) اندازه‌گیری شد. سنجش آلبومین، گلوبولین و ایمونوگلوبولین نیز با استفاده از کیت‌های استاندارد (شرکت بیوسیستم، اسپانیا) انجام گردیده و از کیت‌های آنزیمی ایمونواسی رقابتی (ELISA Micro wells، Diaplus، USA) برای تعیین غلظت کورتیزول پلاسما استفاده شد.

شاخص‌های رشد

ماهیان خون‌گیری شده توزین گردیده و پس از باز کردن شکم، کل دستگاه گوارش (از مری تا مخرج) و کبد با دقت جداشده، سپس شاخص دستگاه گوارش (Digestivosomatic index) و شاخص کبدی (Hepatosomatic index) و سایر متغیرهای رشد به شرح ذیل (رابطه‌های ۱ و ۲) محاسبه شدند (Mohanta *et al*., 2017).

رابطه ۱: وزن اولیه (گرم) − وزن نهایی (گرم) = افزایش وزن (برحسب گرم)

رابطه ۲: $\text{نرخ رشد ویژه (SGR)} = \frac{\ln W2 - \ln W1}{\text{طول دوره پرورش (روز)}} \times ۱۰۰$

که در آن W2 برابر با وزن نهایی (برحسب گرم)، W1، وزن اولیه (برحسب گرم) است (رابطه ۳ تا ۶).

رابطه ۳: $\text{ضریب تبدیل غذایی} (FCR) = \frac{\text{مقدار غذای خورده شده (گرم)}}{\text{افزایش وزن بدن (گرم)}}$

رابطه ۴: $\text{درصد بازماندگی} = \frac{\text{تعداد تلفات} - \text{تعداد اولیه}}{\text{تعداد اولیه}} \times ۱۰۰$

رابطه ۵: (وزن بدن (گرم) /وزن کل دستگاه گوارش (گرم)) ×۱۰۰ = شاخص دستگاه گوارش (DSI)

رابطه ۶: (وزن بدن (گرم) / وزن کبد (گرم)) × ۱۰۰ = شاخص کبدی (HSI)

ابتدا همگنی واریانس‌ها و نرمال بودن داده‌ها به ترتیب با استفاده از آزمون‌های Levene و Kolmogorov-Smirnov بررسی گردیده و سپس داده‌ها با استفاده از روش آنالیز واریانس یک‌طرفه (One - Way ANOVA) و به کمک نرم‌افزار SPSS ویرایش ۲۲ تجزیه‌وتحلیل شدند. برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون آماری دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد استفاده‌شده و تمام داده‌ها به‌صورت میانگین ± SD گزارش شدند.

نتایج

عملکرد رشد در بچه ماهیان قره برون در طی دوره‌های محرومیت غذایی و تغذیه مجدد در جدول شماره ۳ ارائه‌شده است. میانگین وزن نهایی و افزایش وزن به‌دست‌آمده در طی چهار دوره متناوب گرسنگی دوروزه و غذادهی هشت‌روزه پس از هر دوره گرسنگی (T1) و دو دوره متناوب گرسنگی چهارروزه و غذادهی ۱۶ روزه پس از هر دوره گرسنگی (T2) اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نشان نداده است ($p < ۰/۰۵$)؛ اما نتایج بیانگر این است که یک دوره گرسنگی هشت‌روزه به میزان قابل‌توجهی باعث کاهش وزن می‌گردد. همچنین میزان بازماندگی در تیمارهای آزمایشی مقادیر معناداری نشان داده است (P<۰/۰۵)، بدین ترتیب که تیمار T2 بدون تلفات و دارای بیشترین بازماندگی بوده و کمترین میزان بازماندگی برای تیمار T3 به‌دست‌آمده است.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-28]

یافته‌ها نشان می‌دهد که تفاوت معنی‌داری (P< ۰/۰۵) بین نتایج به‌دست‌آمده برای شاخص‌های کبدی و دستگاه گوارش بین تیمارها با گروه شاهد مشاهده نمی‌شود (جدول ۴). اگرچه تحت تأثیر تیمارهای مختلف گرسنگی، یک‌روند کاهشی را در میزان شاخص کبدی و شاخص دستگاه گوارش بچه ماهیان قره برون در طی تیمارهای گرسنگی می‌توان یافت.

جدول ۳: میانگین ± انحراف معیار عملکرد رشد در بچه ماهیان قره برون (*Acipenser persicus*) شرکت پرورش ماهیان خاویاری قره برون ساری در طی دوره‌های محرومیت غذایی و تغذیه مجدد؛ تابستان ۱۳۹۸.

تیمار	Ctrl	T1	T2	T3
وزن ثانویه (گرم)	۱۴۶/۵۲ ± ۱۶/۰۱[a]	۱۳۶/۳۳ ± ۱۲/۲۱ [a]	۱۳۳/۵۵ ± ۱۲/۱۱ [a]	۱۱۱/۳۰ ± ۷/۱۲ [b]
افزایش وزن (گرم)	۱۱۲/۵۳ ± ۱۴/۷۱ [a]	۱۰۰/۳۳ ± ۵/۲۵ [a]	۹۸/۷۵ ± ۹/۰۱ [a]	۷۲/۴۴ ± ۸/۵۴
نرخ رشد ویژه	۳/۵۳ ± ۰/۱۸ [a]	۳/۴۸ ± ۰/۱۶	۳/۴۶ ± ۰/۲۸ [b]	۲/۹۸ ± ۰/۱۸ [b]
بازماندگی	۹۳/۵۵ ± ۳/۳۳ [ab]	۹۳/۴۵ ± ۷/۲۴ [ab]	۹۰/۰۰ ± ۱/۰۳ [a]	۸۴/۵۵ ± ۶/۵۶ [b]

Ctrl= گروه شاهد (غذادهی در کل دوره تا حد سیری ظاهری)؛ T1= چهار دوره متوالی گرسنگی دو روزه و غذادهی هشت روزه پس از هر دوره محرومیت غذایی؛ T2= دو دوره متوالی گرسنگی چهار روزه و غذادهی ۱۶ روزه پس از هر دوره محرومیت غذایی؛ T3= یک دوره گرسنگی هشت روزه و غذادهی ۳۲ روزه در انتهای دوره. حروف متفاوت در ردیف‌ها، بیانگر وجود اختلاف معنی دار است (P<۰/۰۵).

جدول ۴: مقادیر میانگین ± انحراف معیار شاخص کبدی (HSI) و شاخص گوارشی (DSI) در بچه ماهیان قره برون (*Acipenser persicus*) شرکت پرورش ماهیان خاویاری قره برون ساری در طی دوره‌های محرومیت غذایی و تغذیه مجدد (n=3 تعداد از هر مخزن)؛ تابستان ۱۳۹۸.

تیمار	Ctrl	T1	T2	T3
شاخص کبدی	۴/۰۷ ± ۰/۳۸	۳/۸۱ ± ۰/۴۱	۳/۵۰ ± ۰/۶۵	۳/۲۸ ± ۰/۰۹
شاخص دستگاه گوارش	۱۳/۶۵ ± ۱/۱۶	۱۲/۵۶ ± ۲/۶۷	۱۱/۳۳ ± ۲۹/۹۵	۱۱/۳۳ ± ۲/۱۱

Ctrl= گروه شاهد (غذادهی در کل دوره تا حد سیری ظاهری)؛ T1= چهار دوره متوالی گرسنگی دوروزه و غذادهی هشت‌روزه پس از هر دوره محرومیت غذایی؛ T2= دو دوره متوالی گرسنگی چهارروزه و غذادهی ۱۶ روزه پس از هر دوره محرومیت غذایی؛ T3 = یک دوره گرسنگی هشت‌روزه و غذادهی ۳۲ روزه در انتهای دوره. حروف متفاوت در ردیف‌ها، بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار است (P<۰/۰۵).

نتایج متغیرهای بیوشیمیایی پلاسما در بچه ماهیان قره برون با دوره‌های گرسنگی کوتاه‌مدت و تغذیه مجدد در جدول‌های شماره ۵ و ۶ ارائه‌شده است. این نتایج نشان می‌دهد یک دوره گرسنگی هشت‌روزه و غذادهی ۳۲ روزه پس‌ازآن اثر معناداری (P<۰/۰۵) بر میزان گلوکز داشته و کمترین میزان گلوکز پلاسما در این تیمار (T3) به‌دست‌آمده است. همچنین در میزان ایمونوگلوبیولین کل در تیمارهای مختلف نیز تفاوت معنی‌داری (P<۰/۰۵) مشاهده می‌شود. بیشترین میزان ایمونوگلوبیولین کل مربوط به تیمار T2 با دو دوره متناوب گرسنگی چهارروزه و غذادهی ۱۶ روزه پس از هر دوره گرسنگی و کمترین مقدار مربوط به تیمار کنترل می‌باشد.

نتایج نشان می‌دهد که دوره‌های متناوب گرسنگی بر دیگر متغیرهای بیوشیمیایی خون مانند پروتئین کل، آلبومین، گلوبولین، کلسترول و تری گلیسیرید، تأثیری نداشته و اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۵) بین تیمارها مشاهده نمی‌شود. این در حالی است که تفاوت معنی‌داری (P< ۰/۰۵) در سطح کورتیزول تیمارهایی با دوره‌های گرسنگی نسبت به تیمار کنترل (بدون گرسنگی) مشاهده می‌شود. همچنین بیشترین میزان ایمونوگلوبیولین کل مربوط به تیمار T3 می‌باشد.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-28]

جدول ۵: مقادیر میانگین ± انحراف معیار شاخص‌های بیوشیمیایی پلاسمای بچه ماهیان قره برون (*Acipenser persicus*) شرکت پرورش ماهیان خاویاری قره برون ساری در طی دوره‌های محرومیت غذایی و تغذیه مجدد (n=3 تعداد از هر مخزن)؛ تابستان ۱۳۹۸.

تیمار	Ctrl	T1	T2	T3
پروتئین کل (g/dl)	۲/۲۲ ± ۰/۱۵	۲/۲۲ ± ۰/۱۱	۲/۲۰ ± ۰/۱۲ ^{b}	۲/۰۸ ± ۰/۱۶
گلوکز (mg/dl)	۴۲/۵۰ ± ۷ ^{a}	۴۱/۲۰ ± ۶/۱۳ ^{a}	۳۷/۱۷ ± ۵/۵۰ ^{ab}	۲۹/۲۵ ± ۲/۱۰ ^{b}
کلسترول (mg/dl)	۳۹/۶۵ ± ۶/۵۰	۴۰/۷۵ ± ۸/۵۰	۳۳/۵۵ ± ۹/۰۸	۳۹/۰۰ ± ۶/۱۰
تری گلیسیرید (mg/dl)	۲۰۱/۸۸ ± ۲۱/۴۵	۱۸۴/۶۵ ± ۳۸/۲۰	۱۹۱/۷۰ ± ۱۱/۲۵	۱۹۶/۳۵ ± ۱۶/۰۱

Ctrl= گروه شاهد (غذادهی در کل دوره تا حد سیری ظاهری)؛ T1= چهار دوره متوالی گرسنگی دوروزه و غذادهی هشت‌روزه پس از هر دوره محرومیت غذایی؛ T2= دو دوره متوالی گرسنگی چهارروزه و غذادهی ۱۶ روزه پس از هر دوره محرومیت غذایی؛ T3= یک دوره گرسنگی هشت‌روزه و غذادهی ۳۲ روزه در انتهای دوره. حروف متفاوت در ردیف‌ها، بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار است ($P< ۰/۰۵$).

جدول ۶: مقادیر میانگین ± انحراف معیار شاخص‌های هماتولوژیک پلاسمای بچه ماهیان قره برون (*Acipenser persicus*) شرکت پرورش ماهیان خاویاری قره برون ساری در طی دوره‌های محرومیت غذایی و تغذیه مجدد (n=3 تعداد از هر مخزن)؛ تابستان ۱۳۹۸.

تیمار	Ctrl	T1	T2	T3
آلبومین (g/dl)	۰/۵۲ ± ۰/۰۵	۰/۵۱ ± ۰/۸	۰/۵۱ ± ۰/۰۵	۰/۵۰ ± ۰/۰۵
گلوبولین (g/dl)	۲/۱۵ ± ۰/۱۲	۲/۰۵ ± ۰/۱۵	۲/۰۵ ± ۰/۲۰	۱/۸۰ ± ۰/۲۰
ایمونوگلوبولین (mg/ml)	۱۵/۳۵ ± ۰/۵۰ ^{c}	۱۶/۵۵ ± ۰/۴۵ ^{ab}	۱۷/۲۰ ± ۰/۲۶	۱۶/۵۰ ± ۰/۴۹ ^{b}
کورتیزول (µg/dl)	۶۰ ± ۷ ^{a}	۵۹ ± ۶/۵۰	۵۷ ± ۵/۵۰	۶۰ ± ۲/۱۰ ^{a}

Ctrl= گروه شاهد (غذادهی در کل دوره تا حد سیری ظاهری)؛ T1= چهار دوره متوالی گرسنگی دوروزه و غذادهی هشت‌روزه پس از هر دوره محرومیت غذایی؛ T2= دو دوره متوالی گرسنگی چهارروزه و غذادهی ۱۶ روزه پس از هر دوره محرومیت غذایی؛ T3= یک دوره گرسنگی هشت‌روزه و غذادهی ۳۲ روزه در انتهای دوره. حروف متفاوت در ردیف‌ها، بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار است ($P< ۰/۰۵$).

بحث و نتیجه‌گیری

در مقاله حاضر اثرات دوره‌های کوتاه‌مدت گرسنگی و تغذیه مجدد بر عملکرد رشد و برخی متغیرهای بیوشیمیایی پلاسما در بچه ماهیان خاویاری ایرانی (*A. persicus*) موردبررسی قرار گرفتند. از متغیرهای تعیین‌کننده عملکرد رشد، نرخ رشد ویژه (SGR) است که عبارت از رشد سریع (لگاریتمی) طی یک‌فاصله زمانی است که اغلب جهت تخمین نرخ رشد استفاده می‌شود (Bavčević *et al*., 2010). یافته‌های این بررسی نشان داد که هشت روز گرسنگی و ۳۲ تغذیه مجدد پس‌ازآن (T3) باعث کاهش وزن نهایی و نرخ رشد ویژه (SGR) در مقایسه با گروه شاهد (غذادهی در کل دوره) می‌شود. همچنین کمترین ضریب تبدیل غذایی (FCR) در تیمار T3 مشاهده شد، درحالی‌که تیمارهای T1 و T2 تفاوت معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) در وزن نهایی، SGR و FCR نسبت به گروه شاهد نشان ندادند. علت این امر می‌تواند توانایی جبران کاهش وزن تیمار در طول دوره گرسنگی باشد که احتمالاً به دلیل کاهش فعالیت سوخت و سازی در طول دوره گرسنگی ناشی از کاهش فعالیت ماهی و یا افزایش خوراک روزانه و یا هردوی این‌ها، باشد (Naghshpour *et al*., 2021). Yarmohammadi و همکاران (۲۰۱۵) نیز نشان دادند که بچه ماهیان خاویاری ایرانی (*A. persicus*) پس از ۱، ۲ و ۴ هفته گرسنگی به رشد جبرانی کاملی می‌رسند. بااین‌حال، پس از سه هفته گرسنگی، رشد جبرانی در ماهیان گرسنه ناچیز بوده است. به‌طور مشابهی Naghshpour و همکاران (۲۰۲۱) گزارش دادند که فیل‌ماهیان (*H. huso*)

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-28]

تحت محرومیت غذایی افزایش وزن کمتری نسبت به گروه شاهد داشته و رشد جبرانی نسبی کمتری نشان داده‌اند. رشد جبرانی کامل در ماهیان استخوانی ازجمله در تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*)، کاراسین‌های آمازون (*Brycon amazonicus*) و کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) نیز توصیف‌شده است (Abdel-Tawwab *et al*., 2006؛ Urbinati *et al*., 2014؛ Chen *et al*., 2022). دوره‌های محرومیت غذایی کوتاه‌مدت در ماهیان آزاد اقیانوس اطلس پرورشی نیز بدون وقوع هرگونه ناهنجاری یا کاهش رفاه و القاء رفتارهای استرسی، رشد کامل جبرانی را به همراه دارد (Hvas *et al*., 2022). این در حالی است که Zhao و همکاران (۲۰۲۲) نشان دادند که دوره‌های گرسنگی ۴ هفته‌ای فعالیت آنزیم‌های گوارشی و ایمنی را تغییر می‌دهد که به‌نوبه خود بر ویژگی‌های رشد ماهی کپور آینه‌ای (*C. carpio*) اثر می‌گذارد.

این نتایج را می‌توان با توانایی سازگاری ماهی با رژیم‌های مختلف محرومیت از غذا مرتبط دانست، زیرا بچه ماهیان قره برون پس از دوره‌های کوتاه‌مدت گرسنگی و تغذیه مجدد، به رشد جبرانی کامل می‌رسند، اگرچه به وزن ماهیان گروه کنترل دست پیدا نمی‌کنند. این تفاوت‌ها در پاسخ جبرانی ممکن است با گونه ماهی موردبررسی و طول دوره گرسنگی (Yang *et al*., 2019؛ Kim *et al*., 2022) مرتبط باشد. به‌عبارت‌دیگر در صورت ادامه رشد جبرانی پس از طی چهار دوره متناوب گرسنگی دوروزه و هشت روز غذادهی پس از هر دوره (T1)، ماهیان می‌توانند مجدداً به شرایط عادی بازگردند؛ اما ادامه گرسنگی و طولانی‌تر شدن دوره‌ها، ضمن کاهش میزان ذخایر انرژی بدن، ادامه رشد جبرانی و دستیابی به شرایط قبل از گرسنگی را با چالش مواجه می‌نماید. چنانچه نتایج این تحقیق نشان داد که محدودیت زمان در تیمار T3 (هشت روز گرسنگی و ۳۲ روز تغذیه پس‌ازآن) فرصت لازم را برای جبران کاهش وزن در دوره گرسنگی در بچه ماهیان قره برون فراهم نکرده است.

یافته‌های بررسی حاضر در ارتباط با میزان بقا در بین تیمارها تفاوت معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) نشان نمی‌دهد، اگرچه کمترین مقدار برای تیمار T3 به‌دست‌آمده است. درعین‌حال، در تیمارهای T1 و T2 کمترین مرگ‌ومیر مشاهده می‌شود. نتایج مشابهی نیز برای تاس ماهیان سیبری (*A. baerii*) و فیل‌ماهی (*H. huso*) به ترتیب توسط Shirvan و همکاران (۲۰۲۰) و Naghshpour و همکاران (۲۰۲۱) به‌دست‌آمده است. این در حالی است که Yarmohammadi و همکاران (۲۰۱۵) بقای ۱۰۰ درصدی را برای بچه ماهیان خاویاری ایرانی (*A. persicus*) طی دوره‌های گرسنگی کوتاه‌مدت (۱، ۲، ۳ و ۴ هفته محرومیت غذایی) گزارش نموده‌اند. Jafari و همکاران (۲۰۱۸) نیز میزان بقا ۱۰۰ درصدی را در پایان یک دوره ۴۵ روزه محدودیت غذایی برای ماهیان خاویاری سیبری جوان (*A. baerii*) ثبت کردند. بر اساس Pérez-Jiménez و همکاران (۲۰۰۷) پروفایل سوخت و سازی ماهی پس از یک تغذیه مجدد با ادامه رشد جبرانی، می‌تواند به شرایط قبل از گرسنگی بازگشته و به بقای خود ادامه دهد. بااین‌وجود، عوامل بسیاری ازجمله کوچک بودن اندازه ماهیان مورد چالش (Byström *et al*., 2006)، طولانی شدن دوره محرومیت از غذا و در پی آن کاهش ذخایر انرژی در بدن (Bior *et al*., 2008)، کوتاه بودن و یا ناکافی بودن دوره تغذیه مجدد Urbinati (*et al*., 2014) و غیره می‌توانند منجر به کاهش نرخ بقا و افزایش تلفات گردند (Bior *et al*., 2008). ازاین‌رو می‌توان تفاوت در نتایج به‌دست‌آمده در بررسی حاضر با سایر مطالعات را به تفاوت در شرایط تجربی تحقیق نسبت داد.

علاوه بر این، نتایج مقادیر شاخص کبدی (HSI) و شاخص گوارشی (DSI) در بین ماهیان تحقیق حاضر اختلاف معنی‌داری ($P < ۰/۰۵$) رابین تیمارها نشان نمی‌دهد، اگرچه یک کاهش نسبی در مقادیر HIS و DSI مشاهده می‌شود. این نتایج حاکی از حفظ انرژی و ذخیره چربی در کبد و دستگاه گوارش در گروه شاهد (غذادهی کامل در کل دوره) است، درحالی‌که مقادیر این شاخص‌ها در گروه‌های آزمایشی با محرومیت از غذا کاهش می‌یابد. نتایج مشابهی در رابطه با کاهش متغیرهای کبدی و گوارشی در طی دوره‌های گرسنگی در ماهیان خاویاری سیبری (*A. baerii*)، گزارش‌شده است (Ashouri *et al*., 2013؛ Shirvan *et al*., 2020)، کاهش HSI در برخی از ماهیان استخوانی، باس دریایی اروپایی (*Dicentrarchus labrax*)، سیمین ماهی دلتا (Hypomesus transpacificus) و ماهی پیرانا (Piaractus mesopotamicus) نیز گزارش‌شده است (Pérez-Jiménez *et al*., 2007؛ Favero *et al*., 2020؛ Hammock *et al*., 2020). کاهش شاخص‌های کبدی و

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-28]

گوارشی بر نقش حیاتی کبد و دستگاه گوارش در تأمین انرژی موردنیاز در طول دوره گرسنگی تأکید دارد (Shirvan *et al*., 2020). در زمان گرسنگی ذخیره‌سازی مواد در کبد متوقف‌شده و گلیکوژن و چربی کبدی برای تأمین نیازهای انرژی مورداستفاده قرار می‌گیرند. با توجه به اینکه ذخایر کبدی منابع انرژی هستند که متحرک بوده و به سهولت در دسترس می‌باشند، بنابراین اصلی‌ترین منبع انرژی در طول دوره محرومیت از غذایی بشمار می‌آیند (Navarro *et al*., 1992).

البته برای ارائه نظر قطعی‌تر در خصوص نتایج به‌دست‌آمده در مورد اثرات گرسنگی و تغذیه مجدد بر شاخص‌های کبدی گوارشی و وضعیت رشد ماهی، لازم است متغیرهای دیگری ازجمله آنزیم‌های گوارشی نیز موردسنجش و بررسی قرار گیرند. درواقع تغییرات در فعالیت آنزیم‌های کبدی و پانکراسی نشان‌دهنده در دسترس بودن انرژی و مواد مغذی است و تجزیه‌وتحلیل فعالیت آن‌ها به‌عنوان شاخص وضعیت تغذیه‌ای ماهی در طی دوره‌های محرومیت غذایی و تغذیه مجدد، می‌تواند در بهینه‌سازی نسبت‌های مواد غذایی در آبزیان مؤثر باشد (Babaei *et al*., 2020). لذا، سنجش آنزیم‌های کبدی در سرم و آنزیم‌های پانکراسی در روده به‌عنوان موضوع تحقیقات آینده پیشنهاد می‌گردد.

در مقاله حاضر، تفاوت معنی‌داری (P<۰/۰۵) در سطوح تری گلیسیرید و کلسترول بین تیمارهای آزمایشی و گروه شاهد در طول دوره‌های گرسنگی مشاهده نشد. این نتیجه بیانگر این امر است که افزایش در گلوکونیوژنز و افزایش آزادسازی کلسترول در پی افزایش طول مدت گرسنگی رخ‌داده و نشان می‌دهد که محرومیت غذایی می‌تواند منجر به افزایش قابل‌توجه سطوح کلسترول و تری گلیسیرید پلاسما در ماهیان گرسنه شود. در ماهیان خاویاری سفید (*A. transmontanus*)، ماهیان خاویاری سیبری (*A. baerii*) و فیل‌ماهی (*H. huso*) نیز مشابه با یافته‌های حاضر، در طول دوره‌های گرسنگی کلسترول و تری گلیسیرید پلاسما افزایش می‌یابد (Hung *et al*., 1997؛ Shirvan *et al*., 2020؛ Naghshpour *et al*., 2021). افزایش قابل‌توجه سطوح کلسترول و تری گلیسیرید در ماهی استخوانی، قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) نیز گزارش‌شده است (Jobling *et al*., 1996)، درحالی‌که غلظت کلسترول و تری گلیسیرید پلاسما در فیل‌ماهی (*H. huso*) و ماهیان خاویاری آدریاتیک (*Acipenser naccarii*) در محرومیت‌های غذایی کاهش می‌یابد (Naghshpour *et al*., 2021 و Furné *et al*., 2008). بسته به متغیرهایی مانند گونه ماهی و سن، غلظت کلسترول و تری گلیسیرید پلاسما در طول دوره‌های گرسنگی می‌تواند متفاوت باشد. بعلاوه محرومیت از غذا ممکن است باعث کاهش سطح لیپیدها شود و به نظر می‌رسد که کلسترول و تری گلیسیرید در دسترس‌ترین ذخایر لیپیدی در ماهیان هستند (Pérez-Jiménez *et al*., 2007).

در طی تحقیق حاضر، بین تیمارهای مختلف ازنظر ایمونوگلوبولین کل تفاوت معنی‌داری (P<۰/۰۵) مشاهده نگردید. بیشترین میزان بدست آمده مربوط به تیمار T2 و کمترین میزان مربوط به گروه شاهد/کنترل بوده است. مقادیر پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین به‌دست‌آمده بین تیمارهای آزمایشی و گروه شاهد نیز تفاوت معنی‌داری (P<۰/۰۵) نشان نداده‌اند. نتایج مشابهی در غلظت پروتئین کل پلاسمای به‌دست‌آمده در فیل‌ماهیان (*H. huso*)، ماهیان خاویاری آدریاتیک (*A. naccarii*) و ماهی استخوانی، قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) در طی محرومیت غذایی گزارش‌شده‌اند (Naghshpour *et al*., 2021 و Furné *et al*., 2008). نتایج به‌دست‌آمده ممکن است نشان‌دهنده این باشد که استفاده از ذخایر پروتئینی برای بچه ماهیان قره برون در زمان محرومیت غذایی در اولویت نبوده است؛ زیرا برخی از گونه‌های ماهیان در طول دوره‌های محرومیت غذایی می‌توانند از گلیکوژن و لیپید استفاده کنند و در صورت لزوم، پروتئین به‌عنوان اولویت سوم برای به دست آوردن انرژی موردنیاز استفاده کنند (حاجی مرادی و همکاران، ۱۳۸۹).

علاوه بر این در مطالعه حاضر سطوح کورتیزول پلاسما بین تیمارها اختلاف معنی‌داری (P<۰/۰۵) را نشان نداده است. به‌طوری‌که سطح کورتیزول پلاسما در تیمارهای T1 و T2 در مقایسه با گروه کنترل تغییر قابل‌توجهی نداشته است که نشانگر توانایی بچه ماهیان در حفظ گلوکز خون در دوره‌های مختلف گرسنگی و بازیابی مقادیر پلاسمایی آن پس از تغذیه مجدد می‌باشد. این در حالی است که یک دوره گرسنگی هشت‌روزه و غذادهی ۳۲ روزه پس‌ازآن (T3) هم‌زمان با کاهش گلوکز خون باعث افزایش میزان این متغیر نسبت به تیمار کنترل‌شده است. کورتیزول پلاسما

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-28]

در ذخیره انرژی در طی محرومیت غذایی ضروری است (Barcellos *et al*., 2010)، بنابراین افزایش سطح کورتیزول پس از گرسنگی به دلیل نیاز به انرژی از طریق فرآیند گلوکونیوژنز جبران می‌شود (Davis and Gaylord, 2011). یافته‌های آزمایش حاضر مشابه نتایج به‌دست‌آمده برای فیل‌ماهی (*H. huso*) و ماهی خاویاری سیبری (*A. baerii*) در طی دوره کوتاه‌مدت گرسنگی می‌باشد (Naghshpour *et al*., 2021؛ Yarmohammadi *et al*., 2015). تحقیقات بر روی برخی از ماهیان استخوانی، نظیر قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) و آزادماهی چینوک (*O. tshawytscha*) نیز نشان می‌دهد محرومیت از غذا ممکن است سطح کورتیزول پلاسما را افزایش دهد (Azodi *et al*., 2015؛ Pirhonen *et al*., 2003). در عوض، Atanasoff و همکاران، ۲۰۱۸ بیان کردند که سطح کورتیزول پلاسما در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) در گرسنگی طولانی‌مدت تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد. در حالی که Small (۲۰۰۵) در ماهی استخوانی، گربه‌ماهی کانالی (*Ictalurus punctatus*) پس از یک دوره گرسنگی کوتاه‌مدت کاهش سطح کورتیزول پلاسمایی را گزارش کرده است. با توجه به نتایج بسیار متناقض مقاله حاضر و تحقیقات قبلی در رابطه با افزایش، کاهش و یا ثبات سطح کورتیزول در زمان محرومیت غذایی، نتیجه‌گیری قطعی بسیار دشوار است.

همان‌طور که اشاره شد در بررسی حاضر محرومیت غذایی به‌طور معنی‌داری ($P<۰/۰۵$) منجر به کاهش سطح گلوکز پلاسما در تیمار T3 در مقایسه با گروه شاهد در ماهیان خاویاری جوان ایرانی می‌شود. این نتایج مشابه نتایج گزارش‌شده در ماهیان خاویاری سفید (*A. transmontanus*)، فیل‌ماهی (*H. huso*) و نیز ماهی استخوانی، تیلاپیای نیل (*O. niloticus*) است که به‌موجب آن سطح GLU به‌طور قابل‌توجهی پس از یک دوره گرسنگی کاهش می‌یابد (Hung *et al*., 1997؛ Naghshpour *et al*., 2021؛ Abdel-Tawwab *et al*., 2006). برعکس، Davis و Davis (۲۰۱۱) گزارش کرده‌اند که هیبرید باس نواری (*Morone chrysops* × *Morone saxatilis*) می‌تواند سطح گلوکز پلاسمایی خود را پس از دو هفته گرسنگی حفظ کند. این در حالی است که Atanasoff و همکاران (۲۰۱۸) افزایش سطح کورتیزول پلاسما همراه با کاهش گلوکز را پس از محرومیت از غذا در ماهی کپور معمولی گزارش کرده‌اند؛ بنابراین تصور می‌شود که هرگونه تغییر در محتوای GLU در طول محرومیت غذایی، منجر به پاسخ‌های متفاوتی می‌شود و با توجه به اهمیت آن به‌عنوان منبع انرژی اولیه برای بافت‌ها، حفظ آن در دوره‌های گرسنگی حیاتی است (Davis and Gaylord, 2010) و به همین علت گلوکز رایج‌ترین متغیری است که در پاسخ به دوره‌های گرسنگی اندازه‌گیری می‌شود (Atanasoff *et al*., 2018). هرگونه کاهش یا افزایش سطح GLU پلاسما ممکن است با گلیکونیوژنز یا گلیکولیز و تغییرات فیزیولوژیکی مرتبط باشد؛ بنابراین، در بررسی حاضر، به نظر می‌رسد که حفظ سطح گلوکز پلاسما، حداقل در آغاز دوره گرسنگی، عمدتاً توسط گلیکوژنولیز تنظیم شود (Navarro and Gutiérrez, 1995).

بر اساس یافته‌های پژوهش حاضر، محرومیت کوتاه‌مدت از خوراک تأثیر قابل‌توجهی بر اکثر عملکرد رشد و برخی متغیرهای بیوشیمیایی پلاسما در ماهیان خاویاری جوان ایرانی (*A. persicus*) نداشته و بچه ماهیان قره برون در دوره‌های محرومیت غذایی کوتاه‌مدت می‌توانند گرسنگی را به‌خوبی تحمل کرده و با ادامه رشد جبرانی مجدداً به شرایط عادی بازمی‌گردند؛ اما پاسخ رشد جبرانی به طول دوره گرسنگی و مدت‌زمان تغذیه مجدد بستگی دارد، به‌طوری‌که افزایش طول مدت محدودیت غذایی باعث کاهش وزن و درنهایت منجر به رشد جبرانی نسبی در ماهیان می‌شود. بچه ماهیان قره برون در زمان گرسنگی از ذخیره گلوکز خود برای تأمین انرژی بدن استفاده می‌کنند، در حالی که میزان کلسترول خون در تیمارهای تحت شرایط گرسنگی و تغذیه مجدد نسبت به تیمار شاهد تغییرات قابل‌توجهی نشان نمی‌دهد، اما طولانی‌تر شدن دوران گرسنگی و گلوکونیوژنز بافت چربی منجر به افزایش کلسترول در خون می‌شود. ثابت بودن پروتئین پلاسما نیز تأییدی بر این رخداد است. علاوه بر این سطح کورتیزول نیز در طی دوره‌های محرومیت غذایی کوتاه‌مدت، کاهش می‌یابد که نشانگر توانایی بچه ماهیان در حفظ گلوکز و بازیابی مقادیر پلاسمایی آن پس از تغذیه مجدد است، این در حالی است که طولانی‌تر شدن دوره محرومیت از غذا هم‌زمان با کاهش گلوکز خون باعث افزایش میزان شاخص‌های ایمنی می‌شود.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-28]

سپاسگزاری

بدین‌وسیله نویسندگان این مقاله مراتب سپاس و قدردانی خود را از مدیریت و کارکنان شرکت تعاونی پرورش ماهیان قره‌برون (ساری، مازندران، ایران) بابت تهیه ماهی و فراهم نمودن امکانات موردنیاز برای انجام تحقیق حاضر بیان می‌دارند.

منابع

عباسی مصردشتی، ر.، سجادی، م. م. و فلاحت کار، ب.، ۱۳۹۹. تأثیر توأم تراکم و استراتژی‌های مختلف تغذیه‌ای بر عملکرد رشد و شاخص‌های هماتولوژیک ماهی کوی (*Cyprinus carpio* var. Koi). فصلنامه علمی پژوهشی محیطزیست جانوری. ۱۲ (۲): صفحات ۲۲۰-۲۰۹.

حاجی مرادی، م.، محبوبی صوفیانی، ن. و علامه، س. ک.، ۱۳۸۹. اثر گرسنگی بر سطح کلسترول، گلوکز و پروتئین پلاسمای خون قزل‌آلای رنگین‌کمان. مجله علوم و فنون دریایی، ۳ (۴): صفحات ۳۰-۲۳.

عشوری، ق.، یاوری، و.، بهمنیی، محمود، یزدانی، م. ع.، کاظمی، ر.، مرشدی. و فتح الهی، م.، ۱۳۹۴. پاسخ‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی بچه تاس ماهیان سیبری دوره‌های گرسنگی کوتاه‌مدت و تغذیه مجدد: اثرات رشد جبرانی. مجله علوم و فنون دریایی، ۱۴ (۱): صفحات ۱۳-۱.

Abdel-Tawwab, M., Khattab, Y. A., Ahmad, M. H. and Shalaby, A. M., 2006. Compensatory growth, feed utilization, whole-body composition, and hematological changes in starved juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). Journal of Applied Aquaculture, 18(3): 17-36.

Ashouri, G., Yavari, V., Bahmani, M., Yazdani, M. A., Kazemi, R., Morshedi, V. and Fatollahi, M., 2013. The effect of short-term starvation on some physiological and morphological parameters in juvenile Siberian sturgeon, *Acipenser baerii* (Actinopterygii: Acipenseriformes: Acipenseridae). Acta ichthyologica et piscatoria, 43(2): 145.

Atanasoff, A., Zapryanova, D., Nikolov, G., Koynarski, T. and Sandeva, G., 2018. Biochemical and hormonal changes during prolonged starvation in common carp (*Cyprinus carpio*), Albanian Journal of Agricultural Sciences (AJAS), pp. 138–141.

Azodi, M., Ebrahimi, E., Motaghi, E. and 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., Naseri, M., Yazdani-Sadati, M.A. and Metón, I., 2020. Impact of starvation on digestive enzymes activities and plasma metabolites in Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*, Brandt, 1869). Aquaculture Research, 51(4): 1689-1699.

Barcellos, L. J. G., Marqueze, A., Trapp, M., Quevedo, R. M. and Ferreira, D., 2010. The effects of fasting on cortisol, blood glucose and liver and muscle glycogen in adult jundiá *Rhamdia quelen*. Aquaculture, 300(1-4): 231-236.

Başçınar, N., Çakmak, E., Çavdar, Y. and Aksungur, N., 2007. The effect of feeding frequency on growth performance and feed conversion rate of black sea trout (*Salmo trutta labrax* Pallas, 1811). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 7(1): 13-17.

Bavčević, L., Klanjšček, T., Karamarko, V., Aničić, I. and Legović, T., 2010. Compensatory growth in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) compensates weight, but not length. Aquaculture, 301(1-4): 57-63.

Biro, P. A. and Booth, D. J., 2009. Extreme boldness precedes starvation mortality in six-lined trumpeter (Pelates sexlineatus). Hydrobiologia, 635(1): 395-398.

Byström, P., Andersson, J., Kiessling, A. and Eriksson, L. O., 2006. Size and temperature dependent foraging capacities and metabolism: consequences for winter starvation mortality in fish. Oikos, 115(1): 43-52.

Chatzifotis, S., Clavero, S., Kounna, C., Soumalevris, A., Feidantsis, K. and Antonopoulou, E., 2018. Effects of long-term feed deprivation on body weight loss, muscle composition, plasma metabolites, and intermediate metabolism of meagre (*Argyrosomus regius*) under different water temperatures. Fish physiology and biochemistry, 44(2): 527-542.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-28]

Chen, C. Z., Li, P., Wang, W. B., & Li, Z. H., 2022. Response of growth performance, serum biochemical parameters, antioxidant capacity, and digestive enzyme activity to different feeding strategies in common carp (*Cyprinus carpio*) under high-temperature stress. Aquaculture, 548, 737636.

Dar, S. A., Srivastava, P. P., Varghese, T., Nazir, M. I., Gupta, S. and Krishna, G., 2019. Temporal changes in superoxide dismutase, catalase, and heat shock protein 70 gene expression, cortisol and antioxidant enzymes activity of *Labeo rohita* fingerlings subjected to starvation and refeeding. Gene, 692: 94-101.

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 Part A: Molecular and Integrative Physiology, 158(1): 30-36.

Eroldoğan, O. T., Taşbozan, O. Ğ. U. Z. and Tabakoğlu, S., 2008. Effects of restricted feeding regimes on growth and feed utilization of juvenile gilthead sea bream, *Sparus aurata*. Journal of the World Aquaculture society, 39(2): 267-274.

Favero, G., Gimbo, R. Y., Montoya, L. N. F., Carneiro, D. J. and Urbinati, E. C., 2020. A fasting period during grow-out make juvenile pacu (*Piaractus mesopotamicus*) leaner but does not impair growth. Aquaculture, 524: 735242.

Furné, M., Morales, A. E., Trenzado, C. E., García-Gallego, M., Carmen Hidalgo, M., Domezain, A. and Sanz Rus, A., 2012. The metabolic effects of prolonged starvation and refeeding in sturgeon and rainbow trout. Journal of Comparative Physiology, 182(1): 63-76.

Hvas, M., Nilsson, J., Vågseth, T., Nola, V., Fjelldal, P.G., Hansen, T.J., Oppedal, F., Stien, L.H. and Folkedal, O., 2022. Full compensatory growth before harvest and no impact on fish welfare in Atlantic salmon after an 8-week fasting period. Aquaculture, 546: 737415.

Hammock, B. G., Ramirez-Duarte, W. F., Triana Garcia, P. A., Schultz, A. A., Avendano, L. I., Hung, T. C., White, J. R., Bong, Y. T. and The, S. J., 2020. The health and condition responses of Delta Smelt to fasting: A time series experiment. PloS one, 15(9): e0239358.

Hung, S. S., Liu, W., Li, H., Storebakken, T. and Cui, Y., 1997. Effect of starvation on some morphological and biochemical parameters in white sturgeon, *Acipenser transmontanus*. Aquaculture, 151(1-4): 357-363.

Imsland, A. K. D., Roth, B., Bach Christensen, L., Siikavuopio, S. I. and Foss, A., 2020. Effects of short-term starvation periods on flesh quality in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) in different seasons. Aquaculture Research, 51(10): 4022-4029.

Jafari, N., Falahatkar, B. and Sajjadi, M. M., 2018. Growth performance and plasma metabolites in juvenile Siberian sturgeon *Acipenser baerii* (Brandt, 1869) subjected to various feeding strategies at different sizes. Fish physiology and biochemistry, 44(5): 1363-1374.

Jobling, M., Koskela, J. and Winberg, S., 1999. Feeding and growth of whitefish fed restricted and abundant rations: influences on growth heterogeneity and brain serotonergic activity. Journal of Fish Biology, 54(2): 437-449.

Kim, Y. O., Oh, S. Y. and Lee, W. S. 2021. Feeding ratio affects growth, body composition, and blood chemistry of mandarin fish (Siniperca scherzeri) in recirculating aquaculture system. Fisheries and Aquatic Sciences, 24(6): 219-227.

Kumar, A. and Prakash, S., 2021. Alterations in hematological and biometric parameters of Clarias batrachus (Linn, 1758) following short-term starvation. International Journal of Biological Innovations, 3(1).

Lee, J., Durst, R. O. B. E. R. T. and Wrolstad, R. O. N. A. L. D., 2005. AOAC official method 2005.02: total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method. Official methods of analysis of AOAC International, 2.

Mohanta, K. N., Rath, S. C., Nayak, K. C., Pradhan, C., Mohanty, T. K. and Giri, S. S., 2017. Effect of restricted feeding and refeeding on compensatory growth, nutrient utilization and gain, production performance and whole body composition of carp cultured in earthen pond. Aquaculture Nutrition, 23(3): 460-469.

Naghshpour, S., Bozorgnia, A., Hoseinifard, S. M. and Javadian, S. R., 2021. The effect of short starvation and re-feeding on growth performance, hematological, and morphological responses in juvenile beluga (*Huso huso*). Iranian Journal of Fisheries Sciences, 20(6): 1775-1788.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-28]

Navarro, I. and Gutierrez, J., 1995. Fasting and starvation. In Biochemistry and molecular biology of fishes, 1(4): 393-434).

Navarro, I., Gutiérrez, J. and Planas, J., 1992. Changes in plasma glucagon, insulin and tissue metabolites associated with prolonged fasting in brown trout (*Salmo trutta fario*) during two different seasons of the year. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology, 102(2): 401-407.

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(1-4): 325-335.

Pirhonen, J., Schreck, C. B., Reno, P. W. and Ögüt, H., 2003. Effect of fasting on feed intake, growth and mortality of chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha*, during an induced Aeromonas salmonicida epizootic. Aquaculture, 216(1-4): 31-38.

Sakyi, M.E., Cai, J., Tang, J., Abarike, E. D., Xia, L., Li, P., Kuebutornye, F. K. A., Zou, Z., Liang, Z. and Jian, J., 2020. Effects of starvation and subsequent re-feeding on intestinal microbiota, and metabolic responses in Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Aquaculture Reports, 17: 100370.

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(1): 282-291.

Small, B. C., 2005. Effect of fasting on nychthemeral concentrations of plasma growth hormone (GH), insulin-like growth factor I (IGF-I), and cortisol in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 142(2): 217-223.

Urbinati, E. C., Sarmiento, S. J. and Takahashi, L. S., 2014. Short-term cycles of feed deprivation and refeeding promote full compensatory growth in the Amazon fish matrinxã (*Brycon amazonicus*). Aquaculture, 433: 430-433.

Yang, S., He, K., Yan, T., Wu, H., Zhou, J., Zhao, L., Wang., Y. and Gong, Q., 2019. Effect of starvation and refeeding on oxidative stress and antioxidant defenses in Yangtze sturgeon (*Acipenser dabryanus*). Fish Physiology and Biochemistry, 45(3): 987-995.

Yarmohammadi, M., Pourkazemi, M., Kazemi, R., Pourdehghani, M., Hassanzadeh Saber, M. and Azizzadeh, L., 2015. Effects of starvation and re-feeding on some hematological and plasma biochemical parameters of juvenile Persian sturgeon, *Acipenser persicus* Borodin, 1897. Caspian Journal of Environmental Sciences (CJES), 13(2): 129-140.

Zhao, Z., Zhang, X., Zhao, F., Zhou, Z., Zhao, F., Wang, J., Liu, T., Yang, X., Zhang, X. and Li, Z., 2022. Stress responses of the intestinal digestion, antioxidant status, microbiota and non-specific immunity in Songpu mirror carp (*Cyprinus carpio* L.) under starvation. Fish & Shellfish Immunology, 120: 411-420.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-28]

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-11-28]