13 (3) 155-164, Autumn 2021

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Effects of deprivation and compensatory growth feed on growth and feeding performance, body composition, blood parameters and structure of liver and intestine tissues in juvenile Siberian sturgeon *(Acipenser baerii)*

Mohammad Fakhrian*[*1], Vahid Morshedi [2], Ahmad Reza Pirali Zefrehei [3]

[1] *Department of Fisheries, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran*
[2] *Persian Gulf Research Institute, Persian Gulf University, Bushehr, Iran*
[3] *Department of Fisheries, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran*

Key Words
Siberian sturgeon
Starvation
intestinal enterocytes
protein efficiency

Abstract

Introduction: The effect of long term starvation and refeeding on growth and feeding performances, body composition, blood parameters and structure of liver and intestine tissue in Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) with an average initial size of 34.51±0.5g was studied for a period of 49 days.

Materials & Methods: The fish were exposed to 3 different feeding regimes; control: fed four times daily to apparent satiation; T_1: 2 weeks' starvation and 4 weeks refeeding; T_2: 3 weeks' starvation and 4 weeks refeeding. Biometry and samples for the analyses of body composition and blood parameters were collected at the end of the starvation and the refeeding.

Result: The results of this study showed that significant differences were observed in final weight, weight gain, specific growth rate, total consumed food, daily feed intake, protein efficiency ratio and food conversion ratio varied significantly ($P<0.05$) between the control and treatment 1 (T_1) with treatment 2 (T_2) at the end of the experiment. Also, length of villi in the control group was significantly higher ($P<0.05$) than the fish starved for 2 and 3 weeks. The results of microscopy investigations indicated that most pathological signs such as hyperemia, necrosis, fatty degeneration and bile stagnation in the liver of Siberian sturgeon in the deprived fish were observed when compared to the control fish.

Conclusion: Overall, it can be concluded that juvenile Siberian sturgeon could resist long term starvation periods for 2 weeks.

* Corresponding Author's email: m.fakhrian110@gmail.com
Received: 5 July 2020; Reviewed: 7 September 2020; Revised: 4 October 2020; Accepted: 11 November 2020
(DOI): 10.22034/AEJ.2020.247296.2344

مقاله پژوهشی

اثرات دوره‌های محرومیت غذایی و رشد جبرانی بر شاخص‌های رشد و کارایی تغذیه، ترکیب بیوشیمیایی بدن، شاخص‌های خونی و ساختار بافت کبد و روده در تاس‌ماهیان سیبری جوان (*Acipenser baerii* Brandt, 1986)

محمد فخریان*[1]، وحید مرشدی[2]، احمدرضا پیرعلی‌زفره‌ئی[3]

[1] گروه شیلات، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[2] پژوهشکده خلیج فارس، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران

[3] گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

کلمات کلیدی

تاس‌ماهی سیبری
گرسنگی
انتروسیت روده
بازده پروتئین

چکیده

مقدمه: اثرات دوره‌های طولانی مدت گرسنگی و غذادهی مجدد بر روی عملکرد رشد و تغذیه، ترکیبات بیوشیمیایی بدن، شاخص‌های خونی وساختار بافت کبد و روده در بچه تاس‌ماهیان سیبری (*Acipenser baerii*) با میانگین وزنی ۰/۵±۳٤/۵۱ گرم برای ٤۹ روز بررسی شد.

مواد و روش‌ها: بچه‌ماهیان سه رژیم غذایی متفاوت را تجربه کردند: شاهد چهار وعده روزانه در روز تا حد سیری، تیمار اول ۲ هفته گرسنگی و ٤ هفته غذادهی مجدد و تیمار دوم ۳ هفته گرسنگی و ٤ هفته غذادهی مجدد. زیست‌سنجی از ماهیان و نمونه‌های مربوط به پارامترهای بیوشیمیایی بدن و پارامترهای خونی ماهیان در پایان گرسنگی و غذادهی انجام شد.

نتایج: نتایج نشان داد که در پایان آزمایش اختلاف معنی‌دار بین تیمار ۱ و گروه شاهد با تیمار ۲ از نظر وزن، افزایش وزن بدن، کل غذای مصرفی، غذاگیری روزانه، نسبت بازده پروتئین و ضریب تبدیل غذایی مشاهده شد (P<۰/۰۵). هم‌چنین طول پرزهای ماهیان گروه شاهد به صورت معنی‌داری بالاتر از تیمارهای ۲ هفته و ۳ هفته گرسنگی بود (P<۰/۰۵). نتایج بررسی‌های میکروسکوپی نشان داد که در مقایسه با گروه شاهد اکثر علائم پاتولوژیک از جمله دژنرسانس زیاد چربی، نکروز سلولی، پرخونی زیاد و رکورد صفراوی در کبد تاس‌ماهیان سیبری در تیمارهای ۱ و ۲ مشاهده شد.

نتیجه‌گیری و بحث: به‌طورکلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که بچه تاس‌ماهیان سیبری توانایی تحمل دوره‌های گرسنگی طولانی مدت دو هفته را دارند.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: m.fakhrian110@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۵ تیر ۱۳۹۹؛ تاریخ داوری: ۱۷ شهریور ۱۳۹۹؛ تاریخ اصلاح: ۱۳ مهر ۱۳۹۹؛ تاریخ پذیرش: ۲۱ آبان ۱۳۹۹
(DOI): 10.22034/AEJ.2020.247296.2344

مقدمه

در دهه‌های اخیر به‌دلیل افزایش صید،عدم حفاظت، آلودگی‌های زیست محیطی، ایجاد محدودیت در مسیرهای مهاجرت و نقاط تخم‌ریزی، تعداد ماهیان خاویاری به‌تدریج کاهش یافته و خطر نابودی نسل‌ها این گونه‌ها را تهدید می‌کند. لذا نیاز به‌توجه ویژه‌ای به حفاظت و بقاء آن‌ها احساس می‌شود (Williot و همکاران، ۲۰۰۱؛ حافظیه و همکاران، ۱۳۸۸). بنابراین با توجه به روند رو به رشد آبزی‌پروری در ایران عنایت به مساله مدیریت تغذیه اثر غیرقابل انکاری بر آینده و توسعه پایدار این صنعت دارد. با توجه به مطالب مذکور می‌توان به اهمیت مدیریت تغذیه و شناخت و درک پدیده رشد در آینده آبزی پروری پی برد. رشد جبرانی مرحله افزایش سرعت رشد بعد از برطرف شدن شرایط نامناسب محیطی و کاهش رشد می‌باشد (Nikki و همکاران، ۱۹۹۴). رشد جبرانی مرتبط با غذادهی مجدد و کافی جانور بعد از دوره کاهش وزن ناشی از سوء تغذیه نیز می‌باشد (Hayward و همکاران، ۲۰۰۰). رشد جبرانی با برگرداندن مسیر رشد به حالت طبیعی، اختلاف اندازه را کاهش می‌دهد و برای مدیریت شیلاتی، آبزی‌پروری و بررسی چرخه زیستی موجودات حائز اهمیت می‌باشد (Ali و همکاران، ۲۰۰۳). رشد جبرانی یکی از مواردی مهمی است که می‌تواند نقش تعیین‌کننده‌ای در بهینه‌سازی فعالیت‌های آبزی پروری داشته باشد (Hayward و همکاران، ۲۰۰۳؛ عادلی و همکاران، ۱۳۹۷). این پدیده رشد سریع و بیش از حد طبیعی در دوران رفع محرومیت غذایی و بعد از کاهش وزن ناشی از سوء تغذیه می‌باشد (Dobson و Holmes، ۱۹۸۴). تاس‌ماهی سیبری یکی از گونه‌های جنس *Acipenser* می‌باشد که با نام علمی (*Acipenser* Brandt, 1869 *baerii baerii*) شناخته می‌شود. تاس‌ماهی سیبری از دهه ۱۹۴۰ به دلیل انعطاف‌پذیری بالا نسبت به شرایط محیطی و پرورشی، توجه زیادی را به خود جلب کرده است (FAO، ۲۰۰۹). با توجه به مطالب عنوان‌شده در این مطالعه سعی بر آن است که اثرات احتمالی دوره‌های گرسنگی و غذادهی بر روی شاخص‌های رشد، تغذیه، ترکیبات لاشه، ساختار بافت کبد و روده و شاخص‌های خونی ماهی سیبری (*Acipenser baerii*) بررسی گردد.

مواد و روش‌ها

در شروع آزمایش تعداد ۱۸۰ قطعه ماهی با میانگین وزن ۵/۰±۳۴/۵۱ گرم انتخاب شدند. ماهیان ابتدا در یک طرح کاملاً تصادفی بین ۹ مخزن فایبر گلاس مدور ۵۰۰ لیتری توزیع شدند (۲۰ قطعه ماهی به‌ازاء هر مخزن). به‌منظور بررسی اثرات دوره‌های گرسنگی و غذادهی مجدد بر روی عملکرد رشد، تغذیه، ترکیبات شیمیایی بدن، شاخص‌های خونی و هم‌چنین بافت کبد و روده سه تیمار با سه تکرار در نظر گرفته شد. یک تیمار مربوط به گروه شاهد بود که در تمام مدت آزمایش تا حد سیری تغذیه شد و دو تیمار دیگر به‌ترتیب ۲ و ۳ هفته گرسنگی را تحمل کردند. سپس هر یک از گروه‌ها تا حد سیری به‌مدت ۴ هفته تغذیه شدند. غذادهی در حد سیری و به‌صورت دستی در چهار نوبت در ساعات ۰۰: ۰۸ ، ۰۰:۱۲، ۰۰:۱۶ و ۰۰:۲۰ انجام گردید. غذای مورد استفاده در این آزمایش جیره تجاری بوده و آنالیز جیره غذایی در جدول ۱ قابل مشاهده است.

جدول ۱: تجزیه تقریبی جیره غذایی (درصد وزن خشک)

پروتئین خام (٪)	۴۴/۸
چربی خام (٪)	۱۸/۰۹
فیبر (٪)	۱/۱۷
خاکستر (٪)	۱۰/۲۸
کربوهیدرات (٪)	۱۸/۳۵
رطوبت (٪)	۷/۳۱
انرژی قابل هضم (کیلوکالری/کیلوگرم)	۳/۳۷

بررسی پارامترهای رشد و تغذیه: پس از هر زیست‌سنجی شاخص‌های رشد شامل افزایش وزن بدن (WG)، نرخ رشد ویژه (SGR%)، شاخص وضعیت (ضریب چاقی) (CF%) و شاخص‌های تغذیه نظیر ضریب تبدیل غذایی (FCR) و نسبت بازده پروتئین (PER) با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شدند (Marcouli و همکاران، ۲۰۰۶؛ Bai و همکاران، ۲۰۰۱):

= افزایش وزن (Weight gain) (وزن تر)

میانگین وزن اولیه بدن- میانگین وزن نهایی بدن

= نرخ رشد ویژه (Specific growth rate)

کل روزهای پرورش/۱۰۰× (وزن اولیه بدن ln - وزن نهایی بدن ln)

= ضریب چاقی (Condition factor)

(میانگین طول نهایی بدن) / ۱۰۰ × میانگین وزن نهایی بدن

= بازده پروتئین (Protein efficiency ratio)

پروتئین مصرف شده/ افزایش وزن

= ضریب تبدیل غذایی (Feed conversion ratio)

افزایش وزن/ غذای مصرف شده

آنالیز ترکیبات لاشه: در ابتدا، پایان گرسنگی و پایان دوره‌های غذادهی آزمایش یک نمونه از هر مخزن به‌طور تصادفی انتخاب (در مجموع سه نمونه از هر تیمار) گردید. ترکیبات لاشه شامل پروتئین خام، چربی، خاکستر، فیبر، انرژی و رطوبت در آزمایشگاه براساس روش‌های بیان شده در استاندارد متد (AOAC، ۱۹۹۵) و حداقل با سه تکرار اندازه‌گیری شد.

آنالیز پارامترهای خونی: در پایان گرسنگی و پایان دوره‌های غذادهی دو نمونه از هر مخزن به‌طور تصادفی انتخاب (در مجموع شش نمونه از هر تیمار) گردید. نمونه‌های خونی از سیاهرگ دمی واقع در انتهای باله مخرجی و با استفاده از سرنگ ۲ سی‌سی گرفته شد و به‌منظور مطالعات خون شناسی در تیوب‌های آغشته به هپارین به آزمایشگاه منتقل گردید و بلافاصله فاکتورهای خونی شامل مقادیر WBC، RBC، هموگلوبین و درصد هماتوکریت اندازه‌گیری و محاسبه شد (Houston، ۱۹۹۰).

بافت‌شناسی کبد و روده: در انتهای آزمایش (هفته هفتم) به صورت تصادفی از ۵ عدد ماهی در هر واحد آزمایشی جهت انجام بررسی‌های بافت‌شناسی انتخاب شدند. جهت این کار ابتدا کبد و روده ماهیان جداسازی و روده به آرامی تخلیه شده و سپس با استفاده از نخ بخیه یک طرف روده را گره زده و سپس با استفاده از سرنگ ریز درون بافت روده فرمالین ۱۰ درصد تزریق گردید در انتها طرف دیگر روده نیز با نخ بخیه ۰/۵ میلی‌متری بسته شد. نمونه روده درون لوله‌های حاوی فرمالین ۱۰ درصد قرار داده شدند. در نهایت برش‌های بافتی توسط میکروسکوپ نوری مورد مطالعه قرار گرفت و عکس‌هایی از نمونه‌ها توسط فتومیکروسکوپ تهیه شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار (Image Tools 2.0)، میانگین طولی پرز روده در ماهیان مورد سنجش قرار گرفت (Varsamos، ۲۰۰۲).

آنالیز آماری: ابتدا وضعیت داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگورف اسمیرنف برای نرمال بودن داده‌ها و آزمون Levene برای همگنی واریانس‌ها، بررسی شد. سپس از آنالیز واریانس یک‌طرفه جهت مقایسه تیمارها و در صورت معنی‌دار بودن به‌کمک آزمون Tukey مقایسات چندگانه صورت گرفت. آزمون‌ها در محیط نرم‌افزار SPSS, 16 و در سطح خطای ۰/۰۵ انجام شد. هم‌چنین برای رسم نمودار از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج

شاخص‌های رشد: نتایج مربوط به وزن اولیه، وزن بعد از پایان گرسنگی، وزن نهایی، نرخ رشد ویژه، ضریب چاقی و افزایش وزن بدن در جداول ۲ و ۳ آمده است. ماهیان مورد آزمایش در این مطالعه از متوسط وزن اولیه ۰/۸۳±۳۴/۴۳ گرم به وزن نهایی ۰/۸۳±۱۳۷/۹۹ گرم در گروه شاهد رسیدند. همان‌گونه که داده‌های جدول نشان می‌دهند در نمونه‌برداری پایان گرسنگی وزن ماهیان به‌صورت معنی‌داری در گروه شاهد بالاتر از تیمارهای ۱ و ۲ گزارش شد (P<۰/۰۵). با این حال در نمونه‌برداری پایان آزمایش اختلاف معنی‌داری بین تیمار ۲ با گروه شاهد مشاهده شد(P<۰/۰۵). نرخ رشد ویژه در پایان گرسنگی و کل دوره به‌صورت معنی‌داری در گروه شاهد بالاتر از تیمارهای ۱ و ۲ است (P<۰/۰۵). اما نرخ رشد ویژه در پایان دوره غذادهی به‌صورت معنی‌داری در گروه شاهد پایین‌تر از تیمارهای ۱ و ۲ است (P<۰/۰۵). در پایان گرسنگی ضریب چاقی به‌صورت معنی‌داری در گروه شاهد بالاتر از تیمارهای ۱ و ۲ مشاهده شد (P<۰/۰۵). در پایان آزمایش ضریب چاقی اختلاف معنی‌داری بین تیمارها و گروه شاهد نشان نداد (P>۰/۰۵). از نظر درصد افزایش وزن بدن در کل دوره گروه شاهد به‌طور معنی‌داری بالاترین میزان را نسبت به سایر تیمارها داشت (P<۰/۰۵). اما در پایان دوره غذادهی این اختلاف معنی‌داری تنها بین تیمار ۲ با تیمار ۱ و گروه شاهد گزارش شد (P<۰/۰۵). نتایج حاصل از آنالیز کواریانس نشان داد که وزن ماهیان بعداز اتمام گرسنگی به‌عنوان متغیر هم‌سو هیچ اثر معنی‌داری را بر روی وزن نهایی تیمارها نشان داد (P<۰/۰۵).

شاخص‌های تغذیه‌ای: نتایج حاصل از تغذیه ماهیان با تیمارهای مختلف گرسنگی و غذادهی بر شاخص‌های تغذیه‌ای شامل ضریب تبدیل غذایی، نسبت بازده غذا، غذای مصرفی و نسبت بازده پروتئین در جدول ۴ آمده است. همان‌گونه که داده‌های جدول نشان می‌دهند در تمام پارامترهای مذکور اختلاف معنی‌داری در نمونه‌برداری پایان آزمایش بین گروه شاهد و تیمارهای ۱ و ۲ مشاهده شد (P<۰/۰۵). همان‌گونه که در جدول ۴ مشاهده می‌شود ضریب تبدیل غذایی، غذاگیری روزانه و کل غذای مصرفی در پایان آزمایش در تیمارهای ۱ و ۲ پایین‌تر از گروه شاهد است اما نسبت بازده پروتئین در پایان آزمایش در تیمارهای ۱ و ۲ بالاتر از گروه شاهد است.

آنالیز لاشه: اثرات تیمارهای مختلف گرسنگی و غذادهی بر ترکیبات لاشه در جداول ۵ و ۶ خلاصه شده است. همان‌گونه که داده‌های جدول نشان می‌دهد در پایان گرسنگی هیچ اختلاف معنی‌داری از نظر میزان رطوبت، کربوهیدرات و خاکستر لاشه بین گروه شاهد و تیمارها مشاهده نشد (P>۰/۰۵). در پایان آزمایش نیز میزان پروتئین، فیبر، رطوبت، کربوهیدرات، خاکستر و انرژی هیچ اختلاف معنی‌داری بین گروه شاهد و تیمارها نشان ندادند (P>۰/۰۵). اما در پایان آزمایش میزان چربی لاشه بین تیمار ۱ با گروه شاهد و تیمار ۲ اختلاف معنی‌دار نشان داد (P<۰/۰۵). میزان پروتئین لاشه در پایان گرسنگی بین تیمار ۲ با گروه شاهد و تیمار ۱ اختلاف معنی‌دار نشان داد (P<۰/۰۵). هم‌چنین بین تیمار ۱ با گروه شاهد و تیمار ۲ نیز از نظر میزان فیبر اختلاف معنی‌دار بود(P<۰/۰۵). در پایان گرسنگی از نظر میزان چربی و انرژی بین گروه شاهد و تیمارهای ۱ و ۲ اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (P<۰/۰۵).

شاخص‌های خونی: نتایج مربوط به شاخص‌های خونی شامل غلظت هموگلوبین، درصد هماتوکریت و تعداد گلبول‌های سفید و قرمز

درجداول ۷و ۸ آمده است.همان‌گونه که‌داده‌های‌جداول‌نشان می‌دهد در پایان دوره گرسنگی و پایان غذادهی هیچ اختلاف معنی‌داری بین گروه شاهد و تیمارها در هیچ‌یک از شاخص‌های اندازه‌گیری شده مشاهده‌نمی‌شود. البته‌تعداد گلبول‌های‌قرمز اختلاف‌معنی‌داری‌را بین تیمارهای ۱ و ۲ نشان داد (P<۰/۰۵). هم‌چنین میزان هموگلوبین در پایان دوره‌گرسنگی یک روند افزایشی را نشان‌داد، به‌طوری‌که کم‌ترین میزان آن مربوط به گروه شاهد و بیش‌ترین میزان آن مربوط به تیمار ۳ است، هرچند که اختلاف‌ها معنی‌دار نمی‌باشد. در پایان غذادهی هیچ اختلاف معنی‌داری بین گروه شاهدو تیمارها در هیچ‌یک از شاخص‌های‌اندازه‌گیری شده مشاهده نمی‌شود (P>۰/۰۵). هم‌چنین میزان هموگلوبین در پایان غذادهی یک روند کاهشی را نشان داد، به طوری‌که بیش‌ترین میزان آن مربوط به گروه شاهد و کم‌ترین میزان آن مربوط به تیمار ۳ است، هرچند که اختلاف‌ها معنی‌دار نمی‌باشد.

بافت‌شناسی کبد و روده: در بررسی و مطالعه نمونه‌های میکروسکوپی تهیه شده از بافت کبدو روده تغییراتی در تیمارهای با محرومیت غذایی و گروه شاهد مشاهده شد که در اشکال ۱ تا ۲ ارائه شده است. در ساختار کبد ماهیان گروه شاهد علائمی مثل آتروفی، پرخونی و رکود صفراوی خیلی کم مشاهده شد. هم‌چنین سلول‌های کبدی ماهیان مطالعه شده سالم گزارش شد. در ساختار کبد ماهیان تیمار ۱ (۲ هفته گرسنگی) رکود صفراوی و آتروفی کم، هیپرتروفی، نکروز سلولی، پرخونی و دژنرسانس چربی زیاد مشاهده شد. علاوه بر این سلول‌های کبدی این ماهیان سالم گزارش نشد. در ساختار کبد ماهیان‌تیمار ۲(۳هفته‌گرسنگی)رکودصفراوی‌کم،آتروفی،هیپرتروفی، نکروز سلولی، پرخونی و دژنرسانس چربی زیاد مشاهده شد. سلول‌های کبدی این ماهیان نیز سالم گزارش نشد. مطالعه و بررسی نمونه‌های میکروسکوپی تهیه شده از روده (جدول ۹ و شکل ۱) نشان‌داد که در گروه شاهد طول پرزهای روده به‌صورت معنی‌داری بالاتر از تیمار ۱ (۲ هفته گرسنگی) مشاهده شد (P<۰/۰۵). اما طول انتروسیت‌های روده هیچ اختلاف معنی‌داری را بین تیمارهای آزمایشی نشان نداد (P>۰/۰۵).

جدول ۲: شاخص‌های رشد بچه تاس‌ماهیان سیبری در تیمارهای مختلف در پایان گرسنگی

شاخص	شاهد	تیمار ۱	تیمار ۲
وزن اولیه (گرم)	۳۴/۶۴ ±۰/۱۷	۳۴/۴۳ ±۰/۶۰	۳۳/۸۰ ±۱/۹۲
وزن پایان گرسنگی (گرم)	۷۰/۹۸ ±۲/۵۲^{a}	۴۶/۰۸ ±۱/۴۷^{b}	۳۷/۰۶ ±۴/۶۶^{b}
نرخ رشد ویژه (درصد در روز)	۳/۴۰ ±۰/۱۵^{a}	۱/۳۸ ±۰/۲۲^{b}	۰/۳۷ ±۰/۵۱^{b}
ضریب چاقی	۰/۳۱ ±۰/۰۰^{a}	۰/۲۷ ±۰/۰۰^{b}	۰/۲۵ ±۰/۰۱^{b}

* عدم وجود حروف در هر ردیف نشانه نبود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های آزمایشی است (P<۰/۰۵) (Mean±S.E)

جدول۳: شاخص‌های رشد بچه تاس‌ماهیان سیبری در تیمارهای مختلف در پایان غذادهی مجدد

شاخص	شاهد	تیمار ۱	تیمار ۲
وزن اولیه (گرم)	۳۴/۶۴ ±۰/۱۷	۳۴/۴۳ ±۰/۶۰	۳۳/۸۰ ±۱/۹۲
وزن نهایی (گرم)	۱۳۷/۹۹ ±۰/۸۳^{a}	۱۱۹/۵۰ ±۲/۰۸^{ab}	۱۰۸/۸۵ ±۸/۳۶^{b}
افزایش وزن بدن (درصد)	۹۴/۸۴ ±۶/۱۴^{a}	۱۶۰/۱۹ ±۱۲/۳۷^{ab}	۱۹۹/۰۱ ±۲۴/۴۸^{b}
نرخ رشد ویژه (درصد در روز)	۲/۳۷ ±۰/۱۱^{a}	۳/۴۰ ±۰/۱۷^{b}	۳/۸۸ ±۰/۲۸^{b}
ضریب چاقی	۰/۳۲ ±۰/۰۰	۰/۳۶ ±۰/۰۱	۰/۳۳ ±۰/۰۰

* حروف متفاوت در هر ردیف نشانه وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های آزمایشی است (P<۰/۰۵)

جدول ۴: شاخص‌های تغذیه‌ای بچه تاس‌ماهیان سیبری در تیمارهای مختلف در پایان آزمایش

شاخص	شاهد	تیمار ۱	تیمار ۲
ضریب تبدیل غذایی کل دوره	۱/۹۱ ±۰/۰۸^{a}	۰/۷۹ ±۰/۰۳^{b}	۰/۷۱ ±۰/۰۴^{b}
کل غذای مصرفی (گرم)	۸/۹۵ ±۱۳/۲۴^{a}	۴/۰۵ ±۲/۰۶^{b}	۳/۵۷ ±۳۰/۸۶^{b}
غذای روزانه مصرفی (گرم)	۱۸/۲۸ ±۰/۲۷^{a}	۱۴/۴۹ ±۰/۰۷^{b}	۱۲/۷۶ ±۱/۱۰^{b}
نسبت بازده پروتئین کل دوره	۱/۱۷ ±۰/۰۵^{a}	۲/۸۲ ±۰/۱۲^{b}	۳/۱۵ ±۰/۱۸^{b}

* عدم وجود حروف در هر ردیف نشانه نبود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های آزمایشی است (P<۰/۰۵) (Mean± S.E)

جدول ۵: آنالیز لاشه بچه تاس‌ماهیان سیبری در تیمارهای مختلف در پایان گرسنگی (درصد وزن تر)

پارامتر	شروع آزمایش	شاخص	تیمار ۱	تیمار ۲
پروتئین	۱۵ ±۰/۸۴	۱۴/۳۴ ±۰/۵۲^{c}	۱۴/۳۴ ±۰/۲۶^{b}	۱۲/۴۸ ±۰/۰۶^{ab}
فیبر	۰/۵۰ ±۰/۹۲	۰/۵۵ ±۰/۰۲^{a}	۰/۴۶ ±۰/۰۰^{b}	۰/۵۹ ±۰/۰۰^{ab}
رطوبت	۷۰/۰۴ ±۲/۵۶	۷۱/۲۸ ±۱/۸۶	۷۲/۹۳ ±۰/۷۲	۷۵/۳۳ ±۰/۳۶
چربی	۳/۷۳ ±۰/۵۶	۴/۹۷ ±۰/۴۳^{a}	۳/۳۱ ±۰/۰۳^{b}	۲/۲۴ ±۰/۲۷^{b}
خاکستر	۳/۵۸ ±۰/۱۱	۳/۳۷ ±۰/۷۰	۳/۶۶ ±۰/۱۳	۳/۸۷ ±۰/۴۳
کربوهیدرات	۶/۸۷ ±۱/۹۶	۵/۴۷ ±۱/۴۰	۵/۲۷ ±۰/۷۶	۵/۴۸ ±۰/۳۹
انرژی (کیلوکالری/کیلوگرم)	۰/۸۳ ±۰/۸۱	۰/۹۲ ±۰/۰۴^{a}	۰/۷۶ ±۰/۰۳^{ab}	۰/۶۰ ±۰/۰۳^{b}

* حروف متفاوت در هر ردیف نشانه وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های آزمایشی است (P<۰/۰۵) (Mean± S.E)

جدول ۶: آنالیز لاشه بچه تاس‌ماهیان سیبری در تیمارهای مختلف در پایان غذادهی (درصد وزن تر)

پارامتر	شروع آزمایش	شاهد	تیمار ۱	تیمار ۲
پروتئین	۱۵ ±۰/۸۴	۱۵/۹۸ ±۰/۰۶^{a}	۱۴/۵۲ ±۰/۷۲^{b}	۱۵/۱۶±۱/۳۴^{b}
فیبر	۰/۵۰ ±۰/۹۲	۰/۴۸ ±۰/۰۰^{a}	۰/۵۲ ±۰/۰۲^{a}	۰/۵۱ ±۰/۰۵^{a}
رطوبت	۷۰/۰۴ ±۲/۵۶	۷۰/۱۶ ±۱/۲۸	۶۶/۳۸ ±۱/۱۶	۶۹/۲۶ ±۱/۶۹
چربی	۳/۷۳ ±۰/۵۶	۵/۸۹ ±۰/۱۸^{a}	۸/۴۱ ±۰/۶۵^{b}	۶/۱۶ ±۰/۵۴^{a}
خاکستر	۳/۵۸ ±۰/۱۱	۲/۶۱ ±۰/۱۰	۲/۸۵± ۰/۴۲	۲/۵۴ ±۰/۲۳
کربوهیدرات	۶/۸۷ ±۱/۹۶	۴/۸۶ ±۱/۵۲^{a}	۶/۳۱± ۰/۳۹^{a}	۶/۳۵ ±۱/۴۵^{a}
انرژی (کیلوکالری/کیلوگرم)	۰/۸۳ ±۰/۸۱	۱/۰۴ ±۰/۰۴^{a}	۱/۳۰ ±۰/۰۸^{ab}	۱/۰۹ ±۰/۰۷^{a}

* حروف متفاوت در هر ردیف نشانه وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های آزمایشی است (P<۰/۰۵) (Mean± S.E)

جدول ۷: شاخص‌های خونی بچه تاس‌ماهیان سیبری در تیمارهای مختلف در پایان گرسنگی

پارامتر	شاهد	تیمار ۱	تیمار ۲
غلظت هموگلوبین (گرم/دسی‌لیتر)	۳/۸۷ ±۰/۰۷	۴/۰۷ ±۰/۱۶	۴/۱۵ ±۰/۵۴
درصد هماتوکریت (٪)	۲۱/۰۰ ±۱/۱۵	۲۲/۳۳ ±۱/۰۵	۱۹/۵۰ ±۰/۹۲
تعداد گلبول‌های سفید (میلی‌مترمکعب)	۸۰۰۰/۰۰±۲۲۵۴/۶۲	۸۴۱۶/۶۷ ±۱۴۲۲/۵۳	۴۹۱۶/۶۷ ±۸۰۰/۱۷
تعداد گلبول‌های قرمز × 10^{5} (میلی‌مترمکعب)	۶/۷۰ ±۶/۱۱^{ab}	۸/۰۷ ±۷/۹۸^{b}	۳/۹۳ ±۱/۴۲^{a}

* حروف متفاوت در هر ردیف نشانه وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های آزمایشی است (P<۰/۰۵) (Mean± S.E)

جدول ۸: شاخص‌های خونی بچه تاس‌ماهیان سیبری در تیمارهای مختلف در پایان غذادهی مجدد

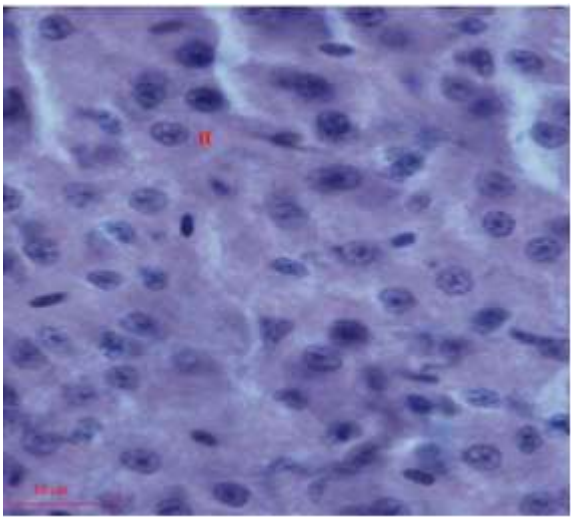
پارامتر	شاهد	تیمار ۱	تیمار ۲
غلظت هموگلوبین (گرم/دسی‌لیتر)	۳/۸۷ ۰±/۲۵	۳/۶۶ ±۰/۳۲	۳/۶۲ ±۰/۲۰
درصد هماتوکریت (٪)	۲۲/۶۶ ±۰/۶۶	۲۲/۶۶ ±۰/۹۱	۲۳/۸۳ ±۱/۰۱
تعداد گلبول‌های سفید (میلی‌مترمکعب)	۱۵۲۰۰±۱۲۹۹/۰۳	۱۰۳۰۰ ±۱۸۸۷/۰۹	۱۰۸۰۰ ±۸۹۱/۳۱
تعداد گلبول‌های قرمز × 10^{5} (میلی‌مترمکعب)	۴/۹۳±۳/۸۴	۶/۴۲ ±۶/۴۲	۶/۰۳ ±۲/۶۰

* عدم حروف، نشانه عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های آزمایشی است (P<۰/۰۵) (Mean± S.E)

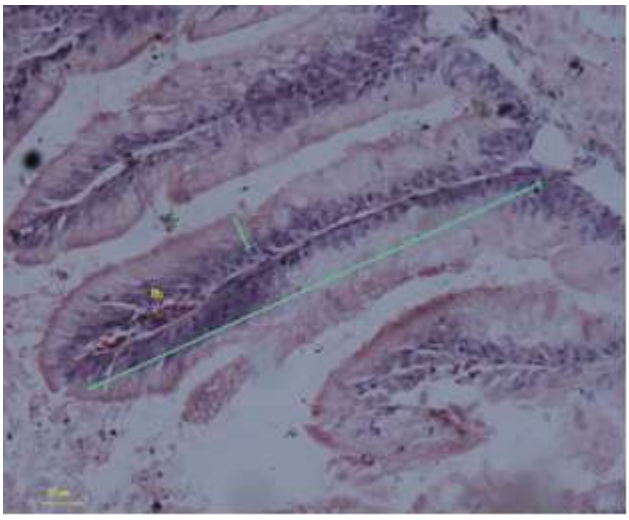
جدول۹: طول پرزها و میکروپرزهای روده بچه تاس‌ماهیان سیبری در تیمارهای مختلف در پایان آزمایش (میانگین±انحراف معیار)

	شاهد	تیمار ۱	تیمار ۲
طول پرزهای روده (میکرومتر)	۳۰۶/۲۴±۴/۲۲ ^{a}	۱۶۷/۸۵±۱۴/۷۸ ^{b}	۲۵۱/۳۸±۱۴/۰۶ ^{ab}
طول انتروسیت‌های روده (میکرومتر)	۲۴/۵۴±۰/۳۰ ^{a}	۲۴/۰۲±۰/۹۳ ^{a}	۲۷/۰۹±۰/۶۳ ^{a}

* حروف متفاوت در هر ردیف نشانه وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد (P<۰/۰۵) (Mean± S.E)

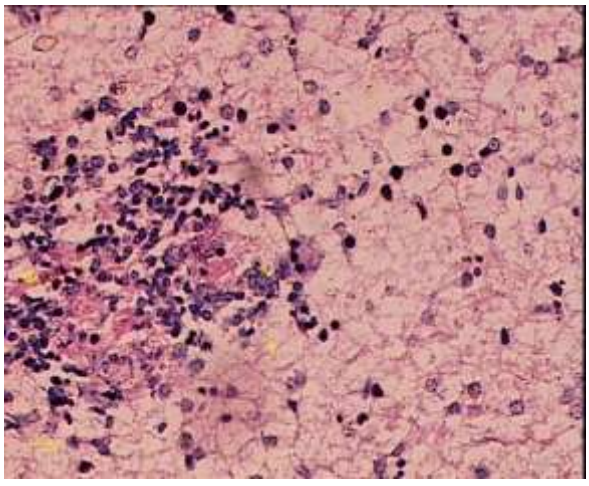


الف

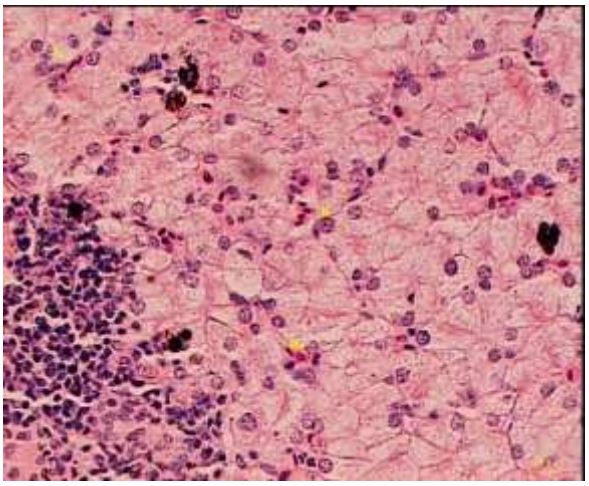


ب

شکل ۱: الف: مشاهده سلول‌های هپاتوسیت کبد(H) در گروه شاهد (H&E, X۱۰۰)
ب: مشاهده پرخونی (HY)، پیکان بزرگ = طول موکوس‌های (MUCOSA) قاعده‌ای (پرزهای روده) و پیکان کوچک = طول انتروسیت‌های روده (H&E, 20X)



الف



ب

شکل ۲: الف: دژنرسانس چربی (F) آتروفی سلولی(A) و خونریزی (HE) بافت کبد در تیمار ۱ (۲ هفته گرسنگی) (H&E,X۲۰)
ب: هیپرتروفی (H)، نکروز سلولی (N) و خونریزی (HE) بافت کبد در تیمار ۲ (۳ هفته گرسنگی) (H&E,X۲۰)

بحث

پارامترهای رشد: نتایج مطالعه حاضر در پایان دوره‌های گرسنگی (جدول ۲) نشان داد که اختلاف معنی‌دار بعد از اتمام این دوره‌ها از نظر وزن، نرخ رشد ویژه و اضافه وزن بین تیمار شاهد و سایر تیمارها وجود دارد، در تحقیقی که توسط Wang و همکاران (۲۰۰۰) بر روی تیلاپیای دورگه صورت گرفت، گزارش کردند که در پایان آزمایش اختلاف معنی‌دار بین گروه شاهد با تیمارهای ۲ هفته و ۴ هفته گرسنگی مشاهده شد و تیمار ۱ هفته گرسنگی تنها از نظر عددی کم‌تر از گروه شاهد بود. Zhu و همکاران (۲۰۰۱) در مطالعه خود بر روی ماهی سه خاره و ماهی قنات، Xie و همکاران (۲۰۰۱) در مطالعه بر روی ماهی حوض، Tian و Qin (۲۰۰۳) در مطالعه بر روی ماهی سی‌باس آسیایی نیز نتایجی مطابق با یافته‌های مطالعه حاضر را بیان کردند که با توجه به عدم تغذیه ماهیان تیمارهای متحمل گرسنگی کاهش شاخص‌های ذکر شده کاملاً منطقی به‌نظر می‌رسد. پارامتری که در پایان آزمایش اختلاف معنی‌دار نشان داد، وزن نهایی بود که به‌صورت معنی‌داری در گروه شاهد بالاتر از تیمار ۲ بود. با توجه به عدم اختلاف وزنی بین ماهیان با دو هفته محرومیت غذایی (تیمار ۱)

و تیمار شاهد در پایان آزمایش می‌توان چنین استنباط کرد که این گروه ماهیان توانایی سازگاری با این شرایط (دوره‌های گرسنگی و غذادهی) را داشته‌اند، به‌عبارتی‌وقتی‌که ماهیان‌دچار محرومیت غذایی می‌شوند در ابتدا کاهش وزن نشان می‌دهند اما بعد از غذادهی مجدد خیلی زود سازش می‌یابند و سپس افزایش وزن نشان می‌دهند (Ali و همکاران، ۲۰۰۳). در تحقیق حاضر علت عدم اختلاف وزنی بین تیمار اول با گروه شاهد احتمالاً به این خاطر باشد که کاهش میزان افت وزنی بدن در زمان گرسنگی را به توانایی ماهی در کاهش میزان متابولیسم پایه (SMR) نسبت می‌دهند. در زمان محدودیت غذایی میزان متابولیسم پایه عمدتاً به‌دلیل کاهش میزان متابولیسم و حجم امعاء و احشا کاهش می‌یابد. بنابراین‌میزان افت وزنی‌در زمان گرسنگی کاهش پیدا کرده است که این مسئله توام با غذادهی مجدد در طول آزمایش موجب شد اختلاف بین این تیمار با گروه شاهد کاهش یابد (Eroldogan و همکاران، ۲۰۰۸). دلیل دیگر این امر احتمالاً عدم بروز اثرات تیمارها به‌علت اختلاف فردی بین گونه‌ای در ماهیان نیز باشد (Nikki و همکاران، ۲۰۰۴). دلیل اختلاف معنی‌دار بین تیمار شاهد و تیمار متحمل سه هفته گرسنگی (تیمار ۲) نیز می‌تواند به‌دلیل طولانی‌تر بودن دوره گرسنگی نسبت به تیمار متحمل دو هفته گرسنگی (تیمار ۱) باشد که پس از دوره غذادهی مجدد نیز این تیمار قادر به جبران وزن از دست رفت نبوده است. نرخ رشد ویژه اختلاف معنی‌داری را بین تیمار شاهد و هر دو تیمار متحمل گرسنگی نشان داد.در راستای نتایج مطالعه حاضر Heide و همکاران (۲۰۰۶)، Wang و همکاران (۲۰۰۰)، Zhu و همکاران (۲۰۰۴) و Tian و Qin (۲۰۰۳؛ ۲۰۰۴) نتایج مشابهی را گزارش نمودند. در مطالعات این محققین نیز نرخ رشد ویژه در تیمارهایی که محرومیت غذایی را تجربه کردند بالاتر از گروه شاهد بود. علت این امر ممکن است به هر یک از عوامل، هزینه‌های پایین‌برای‌انرژی‌در‌طول‌گرسنگی‌به‌علت‌دوره‌های‌استراحت، افزایش نسبت بازده غذا، افزایش میزان تغذیه روزانه یا ترکیبی از همه این عوامل نسبت داده‌شود (Heide و همکاران، ۲۰۰۶). دلیل احتمالی دیگر بالا بودن نرخ رشد ویژه در‌تیمارهای با محرومیت غذایی می‌تواند کاهش نرخ متابولیک در ماهیان در شرایط محرومیت غذایی به‌علت کاهش فعالیت جنبشی آن‌ها باشد (Hayward و همکاران، ۲۰۰۰). کاهش فعالیت در مدت غذادهی مجدد می‌تواند با افزایش نسبت انرژی به رشد برای به‌دست آوردن جبران رشد موثر باشد (Ali و همکاران، ۲۰۰۳)، هرچند که هایپرفاژی با یک حالت افزایش فعالیت مشخص می‌شود (مثل جستجو برای غذا). در مطالعه Eroldogan و همکاران (۲۰۰۶) افزایش فعالیت جستجو زمانی‌که دوره محدودیت غذایی بیش‌تر از ۴ روز بود مشاهده شد. Nikki و همکاران (۲۰۰۴) نیز با مطالعه بر روی قزل‌آلای رنگین‌کمان در برخی تیمارهای خود نرخ رشد بالاتری را نسبت به تیمار شاهد به‌دست آوردند که دلیل آن را پتانسیل بالاتر این ماهیان برای جبران گرسنگی عنوان کردند. شاخص وضعیت در بین تیمارها هیچ اختلاف معنی‌داری نداشت. در راستای‌نتایج حاضر Ali و همکاران(۲۰۰۶) و Känkänen وPirhonen (۲۰۰۹) نیز در مطالعات خود هیچ اثر قابل توجهی از گرسنگی و تغذیه مجدد بر شاخص وضعیت مشاهده نکردند. درحالی‌که Iqbal و همکاران (۲۰۰۶) اختلاف معنی‌داری را در شاخص وضعیت تیمار شاهد گزارش دادند که مانند سایر نتایج این محقق بیش‌ترین میزان به تیمار شاهد تعلق داشت و احتمالاً به‌دلیل بیش‌تر بودن وزن نهایی تیمار شاهد بنا به‌دلایل گفته شده می‌باشد. تیمار اول که دو هفته محرومیت غذایی را تجربه کردند بعد از اعمال دوره‌های غذادهی رشد جبرانی جزئی را نشان دادند هم‌چنان که میزان رشد در این تیمار در مقایسه با گروه شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت (هرچند از لحاظ عددی تا حدی پایین‌تر از گروه شاهد بود)، با این‌حال از نظر پارامترهای رشد در این تحقیق با اعمال دوره‌های گرسنگی و غذادهی تنها جبران جزیی به‌دست آمد. چون که تیمار با محرومیت غذایی به‌طور کافی رشد نکرد تا در پایان آزمایش وزن از دست رفته را در مقایسه با گروه شاهد جبران کند. تیمار دوم متحمل سه هفته گرسنگی نیز به‌دلیل وجود اختلاف معنی‌دار در وزن نهایی و هم‌چنین نرخ رشد ویژه عدم جبران را نشان داد. یک دلیل احتمالی این امر می‌تواند این باشد که دوره‌های تغذیه بعد از گرسنگی برای رسیدن ماهیان‌گرسنه مانده به گروه شاهد کافی نبود. هم‌چنین شرایط رقابتی و سلسله مراتب اجتماعی حاکم بر جمعیت علاوه بر هزینه‌های متابولیکی می‌تواند عامل ایجاد اختلاف در پاسخ جبرانی افراد نیز باشد (Fraser و همکاران، ۲۰۰۷). علاوه بر این اختلاف در پاسخ جبرانی حتی می‌تواند به نامناسب بودن جیره غذایی و ناکارآمدی رژیم غذایی اعمال شده نسبت داده شود (Gurney و Nisbet، ۲۰۰۴).

شاخص‌های تغذیه‌ای: در مطالعه حاضر اختلاف معنی‌داری در میزان غذای مصرفی روزانه بین ماهیانی که دوره‌های گرسنگی و غذادهی مجدد را تجربه کردند نسبت به گروه شاهد که تا حد سیری در روز تغذیه شد، وجود داشت. هم‌چنین هایپرفاژی در تیمارهای متحمل گرسنگی مشاهده نشد. در برخی مطالعات بیان شده است که هایپرفاژی در طول اولین روز از تغذیه مجدد به بیش‌ترین میزان خود رسیده است. این امر به‌خصوص بعد از چندین تناوب در محرومیت غذایی و تغذیه مجدد آشکار می‌شود (Ali و همکاران، ۲۰۰۶؛ Känkänen و Pirhonen، ۲۰۰۹؛ Wu و همکاران، ۲۰۰۲). در مطالعه حاضر ضریب تبدیل غذایی اختلاف معنی‌داری را بین تیمار شاهد و تیمارهای متحمل گرسنگی نشان داد. Foss و همکاران (۲۰۰۹) و Jiwyam (۲۰۱۰) در بین‌برخی از تیمارهای خود اختلاف قابل توجهی

را در این پارامتر مشاهده کردند که مطابق با نتایج اخیر بود. در مطالعه حاضر کاهش ضریب تبدیل غذایی در تیمارهای آزمایشی نسبت به گروه شاهد می‌تواند به‌خاطر فعالیت بیش‌تر آنزیم‌های هضمی باشد که احتمالاً در دوره‌های بعداز محرومیت‌غذایی رخ‌داده است (Jobling و همکاران، ۱۹۹۴). در تحقیق حاضر میزان PER در تمام تیمارها بالاتر از گروه شاهد و دارای اختلاف معنی‌دار بود. این افزایش در میزان PER با توجه به وزن پایین‌تر تیمارها نسبت به گروه شاهد در پایان آزمایش می‌تواند بیانگر این مسئله باشد که در تاس‌ماهیان آزمایشی پروتئین برای دیگر عملکردهای متابولیک مانند جستجو و رقابت برای غذا که با افزایش وزن مرتبط نیستند مورد مصرف قرار گرفته است. زیرا ماهیان بعد از برطرف شدن گرسنگی رفتارهای مخاطره جویانه از خود نشان می‌دهند و افراد غالب تلاش بیش‌تری برای مصرف غذا می‌کنند (Ali و همکاران، ۲۰۰۳).

آنالیز لاشه: در این مطالعه نتایج حاصل از آنالیز لاشه نشان داد که دوره‌های گرسنگی و غذادهی مجدد بر روی برخی از پارامترهای اندازه‌گیری شده مثل خاکستر و رطوبت بی‌تاثیر بود. این نتایج با برخی مطالعات صورت گرفته هم‌خوانی دارد. Tian و Qin (۲۰۰۴)، Quinton و Blake (۱۹۹۰)، Eroldogan و همکاران (۲۰۰۸) با اعمال دوره‌های گرسنگی و غذادهی مجدد گزارش دادند که از نظر میزان خاکستر و رطوبت بین گروه شاهد و تیمارها اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. با توجه به مطالب عنوان شده توسط سایر محققین و نتایج این تحقیق می‌توان به این نتیجه رسید که دوره‌های گرسنگی و غذادهی مجدد بر روی دو پارامتر رطوبت و خاکستر اثر ندارد. علت این عدم اختلاف به‌نظر می‌رسد احتمالاً با توجه به رابطه معکوسی که بین چربی لاشه با رطوبت وجود دارد (Salam و همکاران، ۲۰۰۰)، به این خاطر باشد که میزان رطوبتی که در دوره‌های گرسنگی جایگزین چربی از دست رفته شده است در طول دوره‌های غذادهی مجدد با بازیابی میزان چربی لاشه به سطح گروه شاهد کاهش یافته است. بعد از اتمام گرسنگی میزان پروتئین در تیمار شاهد و تیمار متحمل دو هفته گرسنگی دارای اختلاف معنی‌داری با تیمار متحمل سه هفته گرسنگی بود که این نتایج در راستای نتایج Salam و همکاران (۲۰۰۰) بود. در تحقیق حاضر میزان کربوهیدرات در طول دوره‌های گرسنگی در تیمارهای مختلف هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری را ایجاد نکرد، این مسئله احتمالاً بیانگر این است که این مدت گرسنگی باعث استفاده از ذخایر کربوهیدراتی در این ماهی نشده است. میزان چربی بعد از اتمام گرسنگی بین تیمار شاهد با دو تیمار دیگر اختلاف معنی‌دار نشان داد. در پایان دوره غذادهی هر دو تیمار چربی از دست رفته را جبران نموده و تیمار دوم اختلاف معنی‌داری را نسبت به تیمار شاهد و تیمار متحمل دو هفته گرسنگی نشان داد.

شاخص‌های خونی: از لحاظ غلظت هموگلوبین در پایان آزمایش بین گروه شاهد با تیمارهای ۱ و ۲ اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که اگرچه بین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ولی روند افزایشی میزان هموگلوبین با افزایش دوره گرسنگی می‌تواند بیانگر این باشد که افزایش غلظت هموگلوبین در طول دوره استرس‌می‌تواند به‌دلیل کاهش حجم پلاسما و آزاد شدن تعداد بیش‌تر اریتروسیت‌های خون از بافت‌های خون‌ساز باشد (Pearson و Stevens، ۱۹۹۱). با توجه به این‌که در مطالعه حاضر تغییرات زیادی در تعداد گلبول‌های قرمز وجود ندارد به‌نظر می‌رسد احتمالاً روند افزایشی مشاهده شده در میزان هموگلوبین در طول آزمایش به‌واسطه کاهش حجم پلاسما باشد. هم‌چنین وقتی متابولیت‌های موجود در خون مثل گلوکز، چربی و یون‌ها (Hung، ۱۹۹۷) در اثر گرسنگی کاهش می‌یابند، فشار اسمزی خون کاهش یافته و مقدار زیادی آب از خون خارج می‌گردد و در نتیجه خون غلیظ‌تر می‌شود. این امر باعث افزایش غلظت هموگلوبین خون می‌شود. که در پایان آزمایش این اختلاف جزئی نیز برداشته‌شد که به دوره‌های غذادهی بعد از گرسنگی نسبت داده شود چراکه غذادهی باعث برطرف شدن استرس‌ناشی‌از گرسنگی می‌شودو میزان افزایش یافته هموگلوبین در طول دوره گرسنگی با شروع غذادهی مجدد کاهش می‌یابد. از لحاظ تعداد گلبول‌های سفید پس از دوره‌های گرسنگی اختلاف معنی‌داری بین گروه شاهد با تیمارهای ۱ و ۲ مشاهده نشد. در پایان آزمایش نیز هیچ اختلاف معنی‌داری بین گروه شاهد با تیمارها مشاهده نشد. مرشدی و همکاران (۱۳۸۹) با تحقیق بر روی بچه فیل‌ماهیان پرورشی گزارش کردند که دوره‌های گرسنگی کوتاه‌مدت باعث کاهش تعداد گلبول‌های سفید می‌شود که با نتایج تحقیق حاضر دارای تناقض می‌باشد. دلیل تناقض در نتایج می‌تواند تعداد محدود نمونه‌برداری، خطاهای موجود در آزمایشگاه نیز باشد. نتایج این مطالعه نشان داد دوره‌های گرسنگی و غذادهی تاثیری بر روی تعداد گلبول‌های قرمز ندارد و تعداد گلبول‌های قرمز در پایان آزمایش اختلاف معنی‌داری را با گروه شاهد نشان ندادند. اما اعمال دوره‌های گرسنگی باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار در تعداد گلبول قرمز بین تیمار متحمل دو هفته گرسنگی و سه هفته گرسنگی شد هرچند که این دو تیمار اختلاف معنی‌داری را با تیمار شاهد نشان ندادند.

بافت‌شناسی کبد و روده: در تحقیق حاضر ساختار کبد و روده تاس‌ماهیان سیبری (*Acipenser baeri*) به‌منظور شناخت و تشخیص تغییرات احتمالی ایجاد شده توسط محرومیت غذایی مورد مطالعه آسیب‌شناسی قرار گرفت. دوره‌های گرسنگی طولانی می‌تواند تغییرات قابل توجهی را در لوله گوارش ماهیان ایجاد کند. این تغییرات ممکن است هضم را سخت و یا حتی غیرممکن کند (Ostaszewska و

همکاران، ۲۰۰۵). ارتفاع آنتروسیت‌ها به‌عنوان یک شاخص مناسب گرسنگی یا سوء تغذیه مورد بررسی قرار می‌گیرد. کاهش ارتفاع آنتروسیت‌ها ممکن است با طول استاندارد و سن ماهیان گرسنه مانده و یا لیز شدن پروتئین‌های اپیتلیوم روده در ارتباط می‌باشد (Green و McCormick، ۱۹۹۹). در مطالعه مورفولوژی روده تیمارهای ۲ و ۳ هفته گرسنگی، پرزهای روده طول کم‌تری نسبت به گروه شاهد داشتند. فضای داخلی لوله گوارش ماهیان با پرزه‌های روده‌ای اشغال شده است که علاوه بر افزایش نسبت سطح به حجم، افزایش جایگاه جهت اتصال باکتری‌های مفید را در روده فراهم می‌کند. با توجه به این‌که در طول دوره محرومیت غذایی ماهیان هیچ‌گونه مواد غذایی دریافت نکرده‌اند، بنابراین منطقی به‌نظر می‌رسد که طول پرزهای روده به‌دلیل عدم استفاده و کارایی در مقایسه با گروه شاهد که همواره مواد غذایی را دریافت کرده کاهش نشان دهد. Abolfathi و همکاران (۲۰۱۲) با اعمال گرسنگی بر روی ماهی کلمه (*Rutilus caspicus*) گزارش کردند که طول موکوس‌های قاعده‌ای روده در ماهیان با ۲ و ۳ هفته گرسنگی در مقایسه با گروه شاهد کاهش نشان داد. اصلی‌ترین ماده ذخیره‌ای در کبد ماهیان گلیکوژن بوده که در حدود ۱ تا ۶ درصد وزن کبد را تشکیل می‌دهد و در مرحله بعدی چربی است (Power و همکاران، ۲۰۰۰). با توجه به مطالعه بافت‌شناسی به‌نظر می‌رسد که در زمان گرسنگی ماهیان تنها به مصرف ذخایر گلیکوژن کبد اکتفاء کرده‌اند و ذخایر چربی دست نخورده باقی مانده‌اند. همان‌طورکه در شکل ۲ مشاهده می‌شود، دژنرسانس چربی در ساختار بافت‌ها در ماهیان با محرومیت غذایی حکایت از تجمع بافت چربی در سیتوپلاسم بافت کبد دارد. تحقیقات نشان داده‌اند که دژنرسانس چربی در بافت کبد غالباً توام با آتروفی کم همراه می‌باشد(پوستی و صدیق‌مروستی، ۱۳۷۸) که این مسئله در تحقیق حاضر به‌وضوح قابل مشاهده است. تحقیق حاضر نشان‌داد که اندازه کبد در مدت ۲ هفته گرسنگی کاهش معنی‌داری را به‌همراه داشت و با طولانی‌تر شدن دوره گرسنگی اندازه کبد کاهش بیش‌تری را نشان داد. این نتایج مشابه با تحقیق عمادی‌شیبانی و همکاران (۱۳۹۲) و Ostaszewska و همکاران (۲۰۰۵) می‌باشد که به‌ترتیب تأثیرات گرسنگی و تغذیهٔ مجدد در بافت کبد بچه ماهی آزاد دریای‌خزر و تغییرات مورفولوژیکی بافت‌های‌دستگاه‌گوارش لای‌ماهی نوجوان (روده، کبد و پانکراس) را در طی دوره‌های گرسنگی کوتاه مدت مورد مطالعه قرار دادند. محققان مذکور گرسنگی را عامل آتروفی هپاتوسیت‌های کبدی و دژنره شدن بافت کبد در ماهی عنوان کردند. این محققان تغییرات مشاهده شده در کبد ماهیان با محرومیت غذایی را ناشی از مصرف ذخایر کبدی برای تأمین انرژی مورد نیاز بدن ماهی بیان کردند. محققان مذکور گرسنگی را عامل آتروفی هپاتوسیت‌های کبدی و دژنره شدن بافت کبد در ماهی عنوان کردند.

در این مطالعه تاثیر دوره‌های گرسنگی طولانی‌مدت و غذادهی مجدد بر روی عملکرد رشد، تغذیه، ترکیبات بیوشیمیایی بدن، شاخص‌های خونی بچه و بافت کبد و روده تاس‌ماهیان سیبری با میانگین وزنی ۵۱/۵±۳۴/۰ بررسی شد. به‌طورکلی از مطالعه حاضر می‌توان چنین نتیجه گرفت که دوره‌های گرسنگی و غذادهی مجدد تاثیری منفی بر روی شاخص‌های خونی، عملکرد رشد و تغذیه ماهیان نداشت. هرچند که در مطالعه حاضر ترکیبات بیوشیمیایی بدن تیمارها در پایان آزمایش نسبت به گروه شاهد تفاوت معنی‌داری نشان نداد و به‌عبارتی کیفیت لاشه در پایان آزمایش ثابت باقی ماند. با این‌حال، ساختار بافت کبد و روده در تیمارهای متحمل گرسنگی روند منفی را نسبت به گروه شاهد نشان داد. به‌طورکلی در تحقیق حاضر تیمار ۲ هفته گرسنگی به‌عنوان بهترین طول دوره محرومیت غذایی در بچه تاس‌ماهیان سیبری معرفی شد.

منابع

۱. **حافظیه, م.؛ آق, ن. و حسین‌پور, ح.، ۱۳۸۸.** بهینه‌سازی روش تغذیه بچه تاس‌ماهی ایرانی (*acipenser persicus*) از شروع تغذیه فعال تا وزن ۵ گرمی. فصلنامه محیط زیست جانوری. دوره ۱، شماره ۱، صفحات ۴۱ تا ۵۰.

۲. **صدیق‌مروستی، ع. و پوستی، ا.، ۱۳۷۸.** اطلس بافت‌شناسی ماهی: اشکال طبیعی و آسیب‌شناسی. انتشارات دانشگاه تهران. ۳۶۴ صفحه.

۳. **عادلی, م.؛ ملکی, ش.؛ قلیچی, ا.؛ امیری, س. و عادلی, ز.، ۱۳۹۷.** تأثیر دوره‌های گرسنگی و رشد جبرانی بر شاخص‌های رشد، بازماندگی و ترکیب لاشه بچه‌ماهی انگشت‌قد کپور معمولی (*Cyprinus carpio*). فصلنامه محیط زیست جانوری. دوره ۱۰، شماره ۴، صفحات ۳۰۱ تا ۳۰۸.

۴. **عمادی‌شیبانی، م.؛ مجازی‌امیری، ب. و خدابنده، ص.، ۱۳۹۲.** بررسی تاثیرات گرسنگی و تغذیه مجدد بافت کبد بچه ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*). مجله شیلات (منابع طبیعی ایران). دوره ۶۶، صفحات ۷۱ تا ۸۰.

۵. **مرشدی، و.؛ عشوری، ق.؛ کوچنین، پ.؛ بهمنی، م.؛ یاوری، و.؛ پوردهقانی، م. و یزدانی، م.ع.، ۱۳۸۹.** اثرات دوره‌های گرسنگی کوتاه‌مدت بر روی برخی فاکتورهای خونی در بچه فیل‌ماهیان پرورشی، *Huso huso*. همایش ملی اکولوژی دریای خزر، ساری. صفحه ۵۱.

6. **Abolfathi, M.; Hajimoradloo, A.; Ghorbani, R. and Zamani, A., 2012.** Effect of starvation and refeeding on digestive enzyme activities in juvenile roach, *Rutilus rutilus caspicus*. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology. Vol. 161, pp: 166-173.

7. **Ali, M.; Cui, Y.; Zhu X. and Wootton, R.J., 2001.** Dynamics of appetite in three fish species (*Gasterosteus aculeatus*, *Phoxinus phoxinus* and *Carassius auratus gibelio*)

after feed deprivation. Aquaculture Research. Vol. 32, pp: 443-450.

8. **AOAC. 1998.** Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 14th ed, Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA. 1141 p.
9. **Bai, S.C.; Koo, J.; Kim, K. and Kim, S., 2001.** Effects of Chlorella powder as feed additive on growth performance in juvenile Korean rockfish, *Sebastes schlegeli* (Hilgendorf). Aquaculture Research. Vol. 32, pp: 92-98.
10. **Dobson, S.H. and Holmes, R.M., 1984.** Compensatory growth in the rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. Journal of Fish Biology. Vol. 25, pp: 649-656.
11. **Eroldogan, O.T.; Tasbozan, O. and Tabakoglu, S., 2008.** Effects of restricted feeding regimes on growth and feed utilization of juvenile gilthead sea bream, *Sparus aurats*. Journal of the world aquaculture society. Vol. 39, pp: 267-274.
12. **FAO. 2004.** The state of world fisheries and aquaculture. Rome, Italy. pp: 14-17.
13. **Fraser, D.J.; Weir, L.K.; Darwish, T.L.; Eddington, J.D. and Hutchings, J.A., 2007.** Divergent compensatory growth response within species: linked to contrasting migrations in salmon? Oecologia. Vol. 153, pp: 543-553.
14. **Foss, A.; Imsland, A.K.; Vikingstad, E.; Stefansson, S.O.; Norberg, B.; Pedersen, S.; Sandvik, T. and Roth, B., 2009.** Compensatory growth in Atlantic halibut: Effect of starvation & subsequent feeding on growth, maturation, feed utilization and flesh quality. Aquaculture. Vol. 290, pp: 304-310.
15. **Green, B.S. and McCormick, M.I., 1999.** Influence of larval feeding history on the body condition of *Amphiprion melanops*. Journal of Fish Biology. Vol. 55, pp: 1273-1289.
16. **Gurney, W.S.C. and Nisbet, R.M., 2004.** Resources allocation, hyperphagia and compensatory growth. Bulletin of Mathematical Biological. Vol. 66, pp: 1731-1753.
17. **Hayward, R.S.; Wang, N. and Noltie, D.B., 2000.** Group holding impedes compensatory growth of hybrid sun fish. Aquaculture. Vol. 183, pp: 299-305.
18. **Heide, A.; Foss, A.; Stefansson, S.O.; Mayer, I.; Norbery, B.; Roth, B.; Jenssen, M.D.; Nortvedt, R. and Imsland, A.K., 2006**. Compensatory growth & fillet crude composition in juvenile Atlantic halibut: Effects of short term starvation periods and subsequent feeding. Aquaculture. Vol. 261, pp: 109-117.
19. **Houston, AH., 1990**. Blood and circulation. In: Moyle (ed) Methods for fish biology. American Fisheries Society. pp: 273-334.
20. **Hung, S.S.O.; Liu, W.L.H.; Storebakken, T. and Cui, Y., 1997.** Effect of starvation on some morphological and biochemical parameters in white sturgeon, *Acipenser transmontanus*. Aquaculture. Vol. 151, pp: 357-363.
21. **Iqbal, F.; Ali, M.; Umer, K. and Rana, S.A., 2006**. Effect of feed cycling on specific growth rate, condition factor, body composition and RNA/DNA ratio of *Cirrhinus mrigala.* Journal of Applied Science and Enviromental Management. Vol. 10, pp: 129-133.
22. **Jiwyam, W., 2010.** Growth and compensatory growth of juvenile *Pangasius bocourti sauvage*, 1880 relative to ration. Aquaculture. Vol. 306, pp: 393-397.
23. **Jobling, M., 1994.** Fish Bioenergetics. Chapman and Hall, London.
24. **Känkänen, M. and Pirhonen, J., 2009**. The effect of intermittent feeding on feed intake and compensatory growth of white fish *Coregonus lavaretus* L. Aquaculture. Vol. 288, pp: 92-97.
25. **Marcouli, P.A.; Alexis, M.N.; Andriopoulou, A. and Iliopoulou Georgudaki, J., 2006.** Dietry lysine requirement of juvenile gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). Aquaculture Nutrition. Vol. 12, pp: 25-33.
26. **Nikki, J.; Pirhonen, J.; Jobling, M. and Karjalainen, J., 2004.** Compensatory growth in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (walbaum), held individually. Aquaculture. Vol. 235, pp: 285-296.
27. **Ostaszewska, T.; Korwin-Kossakowski, M. and Wolnicki, J., 2005**. Morphological changes of digestive structures in starved tench *Tinca tinca* (L.) juveniles. Aquaculture International. Vol. 14, pp: 113-126.
28. **Pearson, M.P. and Stevens, E.D., 1991.** Size and hematological impact of the splenic erythrocyte reservoir in rainbow trout, *Onchorynchus mykiss*. Fish Physiology and Biochemistry. Vol. 9, pp: 39-50.
29. **Power, D.M.; Melo, J. and Santos, C.R.A., 2000.** The effect of food deprivation and refeeding on the liver, thyroid hormones and transthyretin in sea bream. J. Fish Biol. Vol. 56, pp: 374-387.
30. **Ranta, T. and Pirhonen, J., 2006**. Effect of tank size on food intake and growth in individually held juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). Aquaculture Research. Vol. 37, pp: 1381-1385.
31. **Quinton, J.C. and Blake, R.W., 1990.** The effect of feed cycling and ration level on the compensatory growth response in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Journal of Fish Biology. Vol. 37, pp: 33-41.
32. **Rios, F.S.; Kalinin, A.L.; Fernandes, M.N. and Rantin, F.T., 2004.** Changes in gut grossmorphometry of traira, *Hoplias malabaricus* (Teleostei, Erythrinidae) during long term starvation and after re feeding. Brazilian Journal of Biology. Vol. 64, pp: 683-689.
33. **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. Vol. 11, pp: 26-32.
34. **Tacon, A.G.J., 1992.** Nutritional fish pathology: morphological signs of nutrient deficiency and toxicity in farmed fish. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. No 330, 75 p.
35. **Tian, X. and Qin, J.G., 2003.** A single phase of food deprivation provoked compensatory growth in barramundi, *Lates calcarifer*. Aquaculture. Vol. 224, pp: 169-179.
36. **Varsamos, S., 2002**. Tolerance range and osmoregulation in hypersaline conditions in the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. Vol. 82, pp: 1047-1048.
37. **Xie, S.; Zhu, X.; Cui, Y.; Lei, W.; Yang, Y. and Wootton, R.J., 2001.** Compensatory growth in the gibel carp following feed deprivation: temporal patterns in growth, nutrient deposition, feed intake and body composition. Journal of Fish Biology. Vol. 58, pp: 999-1009.
38. **Wang, Y.; Cui, Y.; Yang, Y. and Cai, F., 2000.** Compensatory growth in hybrid tilapia, *Oreochromis mossambicus*×*O. niloticus*, reared in seawater. Aquaculture. Vol. 189, pp: 101-108.
39. **Williot, P.; Sabeau, L.; Gessner, J.; Arlatid, G.; Bronzie, P.; Gulyasf, T. and Bernig, P., 2001.** Sturgeon farming in Western Europe: recent developments and perspectives, Aquat. Living Resour. Vol. 14, pp: 367-374.
40. **Wu, L.; Xie, S.; Zhu, X.; Cui, Y. and Wootton, R.J., 2002.** Feeding dynamics in fish experiencing cycles of feed deprivation: a comparison of four species. Aquaculture Research. Vol. 33, pp: 481-489.
41. **Zhu, X.; Cui, Y.; Ali, M. and Wootton, R.J., 2001.** Comparison of compensatory growth responses of juvenile three-spined stickleback and minnow following similar food deprivation protocols. Journal of Fish Biology. Vol. 58, pp: 1149-1165.
42. **Zhu, X.; Xie, S.; Zou, Z.; Lei, W.; Cui, Y.; Yang, Y. and Wootton, R.J., 2004.** Compensatory growth and food consumption in gibel carp, *Carassisus auratus gibelio*, and Chinese long snout catfish, *Leiocassis longirostris*, experiencing cycles of feed deprivation and refeeding. Aquaculture. Vol. 241, pp: 235-247.