14(1) 241-248, Spring 2022

Journal of Animal Environment

(AEJ)

Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

Effects of short-term starvation and re-feeding on some growth indices and structure of the liver and intestine tissues in juvenile Persian sturgeon (*Acipenser persicus* Borodin, 1897)

Mahbod Zeyghamy [1], Abbas Bozorgnia [1*], Kaivan Hazaie [1], Seyed Mehdi Hosseinifard [2], Somayeh Bahram [1]

[1] *Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources sciences, Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran*

[2] *Department of Veterinary, Babol Branch, Islamic Azad University, Babol, Iran*

Key Words

Acipenser persicus
Starvation
Refeeding
Histological changes
Liver
Intestine

Abstract

Introduction: Currently, exploiting the different feeding strategies and feed deprivation has become a major issue for aquaculture management. This study was conducted to evaluate the effects of short-term starvation and re-feeding on structural changes of the liver and intestine of Persian sturgeon (*Acipenser persicus*).

Materials & Methods: 120 fish with an average weight of 146/5±16/01 g were exposed to four different feeding strategies in separated tanks; Ctrl (continuous feeding); SRF1 (Four alternating periods of two days of starvation and 8 days of refeeding after each starvation periods), SRF2 (two alternating periods of four days of starvation and 16 days of refeeding after each starvation periods), and SRF2 (a period of eight days of starvation and 32 days of refeeding immediately after starvation).

Results: The results indicate that the growth performance in Persian sturgeon can significantly be affected by the starving and re-feeding strategies. As the Hepatic and gastrointestinal indices in experimental treatments showed a decreasing trend, and the lowest survival rate occurred during SRF3 treatment. Moreover, during the SRF3 treatment there can be seen a significant increase in the thickness of the lamina propria and submucosa of the intestine as well as a slight reduction in the volume of glycogen and fat vacuoles in hepatocytes.

Conclusion: Generally, it can be concluded that the digestive capacity of the juvenile Persian sturgeon could be recovered after SRF1 and SRF2 treatments without any negative impact on growth performance, or any histological changes in liver and intestine tissues.

* Corresponding Author's email: dr.bozorgnia@gmail.com

Received: 27 January 2021; Reviewed: 2 March 2021; Revised: 4 May 2021; Accepted: 6 June 2021

(DOI): 10.22034/AEJ.2021.281327.2502

مقاله پژوهشی

بررسی اثرات دوره‌های گرسنگی کوتاه مدت و تغذیه مجدد بر برخی شاخص‌های رشد و ساختار بافت کبد و روده در بچه تاس‌ماهیان ایرانی (*Acipenser persicus* Borodin, 1897)

مهبد ضیغمی[۱]، عباس بزرگ‌نیا[۱]، کیوان حضائی[۱]، سیدمهدی حسینی‌فرد[۲]، سمیه بهرام[۱]*

[۱] گروه شیلات و آبزیان، دانشکده منابع طبیعی، واحد قائمشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائمشهر، ایران
[۲] دانشکده دامپزشکی، واحد بابل، دانشگاه آزاد اسلامی، بابل، ایران

کلمات کلیدی

تاس‌ماهی ایرانی
گرسنگی
تغذیه مجدد
رشد
تغییرات بافتی
کبد
روده

چکیده

مقدمه: درحال حاضر، به‌کارگیری استراتژی‌های مختلف تغذیه و محدودیت‌های غذایی به موضوعی مهم در مدیریت پرورش آبزیان تبدیل شده است. از این‌رو بررسی حاضر با هدف‌تعیین اثرات دوره‌های گرسنگی کوتاه‌مدت بر بافت و ساختارکبد و روده بچه تاس‌ماهیان ایرانی (*Acipenser persicus*) انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: ۱۲۰ بچه‌تاس‌ماهی با میانگین وزنی ۱۰/۰۵±۱٤٥/٥۰ گرم درمخازن‌مجزا تحت ٤ تیمار: شاهد (غذادهی درکل دوره)؛ SRF1 (٤ دوره متناوب گرسنگی ۲ روزه و غذادهی ۸ روزه پس از هر دوره گرسنگی)؛ SRF2 (۲ دوره متناوب گرسنگی ٤ روزه و غذادهی ۱٦ روزه پس از هر گرسنگی) و SRF3 (۱ دوره گرسنگی ۸ روزه و غذادهی ۳۲ روزه پس از آن) مورد آزمایش قرار گرفتند.

نتایج: نتایج نشان داد که عملکرد رشد بچه تاس‌ماهیان می‌تواند به‌طور چشمگیری تحت تأثیر استراتژی‌های مختلف تغذیه‌ای قرار گیرد، به طوری‌که در تیمارهای گرسنگی روند کاهشی در شاخص کبدی و شاخص دستگاه گوارش بچه تاس‌ماهیان ایرانی قابل مشاهد بوده و کم‌ترین میزان بازماندگی در طی تیمار SRF3 رخ داد. هم‌چنین در ماهیان تحت تیمار SRF3 افزایش قابل توجه ضخامت لایه‌های لامینا پروپریا و زیر مخاط بافت روده به‌همراه کاهش حجم گلیکوژن و واکوئل‌های چربی بافت کبد به‌وضوح قابل مشاهده هستند.

نتیجه‌گیری و بحث: به‌طورکلی، می‌توان گفت که بچه تاس‌ماهیان ایرانی پس از ٤ دوره متناوب گرسنگی ۲ روزه و غذادهی ۸ روزه پس از هر دوره بدون تأثیر منفی بر عملکرد رشد و بدون هیچ‌گونه تغییرات بافتی در کبد و روده، قادر به بازیابی ظرفیت تغذیه‌ای خود و بازگشت به شرایط اولیه هستند.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: dr.bozorgnia@gmail.com

تاریخ دریافت: ۸ بهمن ۱۳۹۹؛ تاریخ داوری: ۱۲ اسفند ۱۳۹۹؛ تاریخ اصلاح: ۱٤ اردیبهشت ۱٤۰۰؛ تاریخ پذیرش: ۱٦ خرداد ۱٤۰۰
(DOI): 10.22034/AEJ.2021.281327.2502

مقدمه

امروزه افزایش تقاضای عموم برای غذاهای دریایی و محصولات به‌دست آمده از آبزیان به‌همراه کاهش تدریجی ذخایر طبیعی، محدودتر شدن بوم سازگان‌های آبی طبیعی و رشد فزاینده آلاینده‌ها در منابع آبی، باعث رشد و توسعه صنعت پرورش آبزیان در منابع آبی طبیعی و مصنوعی اعم از آب‌بندان‌ها و مخازن سدها و یا در محیط‌های محصورشده و هم اکنون در کشور به یک صنعت پویا تبدیل شده است. امروزه آبزی‌پروری مدرن به‌دنبال راه‌کارهایی برای کاهش هزینه‌های تولیدی و نیز اثرات منفی بر محیط زیست بدون تأثیر بر کارایی تولید می‌باشد. تغذیه یکی از فاکتورهای مهم در پرورش ماهیان است که بر کارایی رشد و هدر رفت غذا تأثیرگذار است. هم‌چنین به‌عنوان یک عامل مؤثر بر کاهش کیفیت آب بر اثر تغذیه بیش از حد نیز مطرح بوده (۱) و یکی از متغیرهای اصلی تأثیرگذار بر هزینه‌های (۶۰ تا ۷۰ درصد) آبزی‌پروری است. ضمن این‌که دوره‌های گرسنگی کوتاه‌مدت می‌تواند در برخی از ماهیان باعث افزایش قوام بافت عضله و فیله ماهیان می‌گردد. Imsland و همکاران، گزارش نمودند که یک گرسنگی ۳ هفته‌ای در فصل تابستان منجر به قوام بیش‌تر و سفت‌تر شدن عضله شارهای اقیانوسی (*Salvelinus alpinus*) می‌گردد (۲). Lv و همکاران، نیز نتایج مشابهی در ماهیان کپور علفخوار به‌دست آوردند. آن‌ها نشان دادند که یک‌دوره ۲۰ روزه گرسنگی قبل از عرضه به بازار مصرف باعث افزایش بهینه کیفیت فیله این ماهیان می‌شود (۳). بنابراین، آگاهی از نرخ تغذیه بهینه در آبزی‌پروری امری مهم است و استفاده از استراتژی‌های متنوع غذادهی ازجمله میزان غذای مصرفی، تعداد دفعات، روش‌های غذادهی و برنامه روزانه غذادهی (۴)، و به‌کارگیری محدودیت غذایی جهت بهبود کیفیت آب، و کاهش هزینه‌های جاری و عملکرد بهتر رشد در بحث مدیریت تغذیه و بهداشتی مزارع پرورشی آبزیان امری ضروری می‌باشد (۵). از این‌رو، امروزه بیش‌ترین تلاش‌ها در آبزی‌پروری پایدار در ارتباط با استراتژی‌های بهبود تغذیه به‌ویژه برنامه‌های محدودیت غذایی (گرسنگی) کوتاه‌مدت بدون تأثیر منفی بر رشد و سیستم ایمنی ماهیان و هم‌چنین بهینه‌سازی ترکیبات غذایی (۶) به‌منظور کاهش مشکلات کیفی آب، صرفه‌جویی در هزینه‌های غذادهی و بهبود کیفیت فیله ماهیان و درنهایت افزایش سودهی متمرکز شده است (۷). محدودیت غذایی یا گرسنگی به شرایط زیستی اشاره دارد که جاندار علی‌رغم تمایل و توانایی به خوردن غذا، به‌علت برخی محدودیت‌های خارجی در منابع غذایی قادر به انجام آن نیست. بسیاری از ماهیان دوره‌های طبیعی گرسنگی را در طول سال، در طی زمستان، هنگام مهاجرت‌های تولیدمثلی و یا زمانی‌که غذا در محیط زندگی ماهی، به‌دلایل مختلفی کاهش می‌یابد، متحمل می‌شوند (۶، ۸). این دوره‌های گرسنگی معمولاً فصلی هستند، ولی زمان آن‌ها می‌تواند بسیار متغیر بوده و از چند هفته تا حتی چندین ماه ادامه یابد که این امر به‌میزان زیادی موجب کاهش ذخایر انرژی در بدن شده و باعث تحلیل بافت‌ها می‌گردد. ماهیان به‌وسیله مکانیسم‌های مختلف رفتاری، فیزیولوژیکی و ساختاری به دوره‌های گرسنگی پاسخ داده و نیازهای متابولیکی خود را تأمین می‌نمایند (۹). برخی پروتئین عضلات را به‌عنوان منبع اصلی انرژی مورد استفاده قرار می‌دهند و برخی دیگر در ابتدا از چربی و گلیکوژن استفاده می‌کنند (۱۰). قسمت اعظم چربی در ماهی به‌صورت ذخیره در کبد و احشاء داخلی وجود دارد. این چربی به‌خصوص تری‌گلیسریدها در اثر گرسنگی و محرومیت غذایی خیلی سریع شکسته شده و موجب افزایش سطح اسید چرب آزاد پلاسما و در پی آن کاهش چربی و در نتیجه کاهش وزن بدن می‌گردند (۱۱). دوره‌های گرسنگی می‌تواند باعث کاهش چشمگیر قابلیت ایمنی غیراختصاصی ماهیان گردد (۱۲). Soltanian و Gholamhosseini، گزارش نمودند که تحمیل یک دوره ۲۰ روزه گرسنگی در ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان باعث اختلال در سد دفاعی موکوسی اپیدرم شده که به نوبه خود می‌تواند ماهی را در معرض عفونت یا عوامل مضر قرار دهد و بنابراین این‌گونه نباید تحت فشار گرسنگی بلندمدت قرار گیرد (۱۳). به‌علاوه در شرایط گرسنگی متغیرهای رشد از جمله نرخ رشد ویژه و افزایش وزن تا حد زیادی کاهش یافته و کاهش قابل توجهی در فراوانی و تنوع جمعیت میکروبی روده در ماهیان می‌گردد (۱۲). علاوه بر این در برخی اندام‌ها به‌ویژه دستگاه گوارش و ضمائم آن ازجمله پانکراس و کبد، ممکن است در طی دوره‌های گرسنگی تغییرات مورفولوژیکی و بافتی رخ دهد که این تغییرات بسته به طول مدت گرسنگی به‌طور محسوس و گسترده‌ای تغییر می‌یابند (۱۴). با این حال، به‌نظر می‌رسد اثرات دوره‌های گرسنگی بر ساختار بافتی اندام‌ها به‌ویژه بافت‌های کبد و روده کم‌تر مورد توجه قرار گرفته و به جز در زمینه اثرات دوره‌های گرسنگی در لارو ماهیان (به‌ویژه ماهیان دریایی) مطالعات اندکی در مورد سایر مراحل زندگی ماهیان به‌ویژه ماهیان خاویاری پرورشی انجام شده است که در این زمینه می‌توان به تحقیق انجام‌شده توسط Ostaszewska و همکاران، اشاره کرد. ایشان تغییرات مورفولوژیکی بافت‌های روده، کبد و پانکراس را در لای ماهیان نوجوان در طی دوره‌های گرسنگی کوتاه مدت مورد بررسی قرار دادند (۱۵). Krogdahl و Bakke-McKellep، نیز با مطالعه بر روی ماهی آزاد اقیانوس اطلس، تغییرات سریعی را در بافت روده و فعالیت آنزیم‌های گوارشی این ماهی در پی دوره‌های گرسنگی و تغذیه مجدد ثبت نمودند (۶). هم‌چنین Rios و همکاران، تغییرات هیستوپاتولوژیکی و تجمع مراکز ملانوماکروفاژی را بر سلول‌های کبدی گرگ ماهی (*Hoplias malabaricus*) در پی تحمیل یک‌دوره گرسنگی ۳۰ روزه و تغذیه مجدد

پس از آن گزارش کردند (۱۶). Emadi Sheibani و همکاران، اثرات گرسنگی و تغذیهٔ مجدد بر بافت کبد بچه آزاد ماهیان دریای خزر را مورد بررسی قرار دادند (۱۷). تحقیق انجام شده توسط Hamedi و همکاران، بر روی اثرات دوره‌های گرسنگی طولانی‌مدت بر ساختار کبد و روده تاس‌ماهیان سیبری (*Acipenser baerii*) جدیدترین تحقیق در زمینه بررسی اثرات دوره‌های گرسنگی بر ساختار بافتی اندام‌های ماهیان است. دوره‌های محرومیت غذایی و گرسنگی بخشی از چرخه زندگی طبیعی ماهیان خاویاری من‌جمله تاس‌ماهی ایرانی می‌باشد و این ماهیان قادرند در شرایط طبیعی موقعیت‌های بدون غذا را با مکانیسم‌های متعددی تحمل نمایند و این محرومیت پس از تغذیه مجدد بهبود می‌یابد (۱۸). اگرچه روند سازش با شرایط گرسنگی و توانایی بازگشت به شرایط اولیه و جبران آثار آن پس از دریافت مجدد غذا در گروه‌های مختلف ماهیان متفاوت است (۱۹) و به وابسته به متغیرهایی از قبیل گونه، شرایط محیطی، دوره‌های محدودیت غذایی و پیشینه تغذیه قبلی می‌باشد (۹)، از این‌رو، مطالعه وضعیت متابولیک و تغییرات ساختاری بافت‌های مختلف ماهیان برای یافتن و درک توانایی گونه‌های مختلف ماهیان پرورشی ازجمله ماهیان خاویاری در سازگاری با رژیم گرسنگی کوتاه‌مدت و پاسخ و واکنش گونه‌های مختلف به این چالش برای بهینه‌سازی پرورش و ذخیره‌سازی انرژی، امری ضروری است. بررسی حاضر با هدف تعیین اثرات دوره‌های گرسنگی کوتاه‌مدت و برگشت به شرایط اولیه بدنی پس از دریافت مجدد غذا بر تغییرات بافتی و مورفولوژیکی کبد و روده دربچه تاس‌ماهیان ایرانی به این مهم می‌پردازد. با توجه به این‌که تاکنون ارزیابی تغییرات بافتی کبد و روده تاس‌ماهی ایرانی در برابر تنش‌های گرسنگی کوتاه مدت و غذادهی مجدد مورد بررسی قرار نگرفته است، از این جنبه تحقیق حاضر دارای جنبه نوآوری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در بررسی حاضر ۱۲۰ عدد بچه تاس‌ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) با میانگین وزنی ۱۰/۰۵±۱۴۵/۵۰ گرم، از شرکت پرورش ماهیان خاویاری قره‌برون در شهرستان ساری تهیه گردیدند. ماهیان به‌منظور اطمینان از عدم آلودگی‌های زیستی و غیرزیستی، با آب نمک ضدعفونی شده و سپس به‌منظور ایجاد سازگاری با شرایط به مدت ۱۰ روز در مخازن پرورشی نگه‌داری شدند. قبل از ذخیره‌سازی ماهیان، مخازن پرورشی به‌وسیله مواد ضدعفونی کننده کاملاً ضدعفونی و سپس با آب شستشو داده شدند. در پایان ۱۰ روز بچه‌ماهیان جداسازی و رقم‌بندی شده و برای انجام تیمارهای گرسنگی‌های کوتاه‌مدت در مخازن پرورشی، ذخیره‌سازی شدند. تیماربندی ماهیان به‌شرح ذیل صورت گرفت: Ctrl (گروه شاهد): بچه‌ماهیان در کل دوره بررسی، روزانه ۴ بار در حد سیری ظاهری تغذیه شدند. SRF1 (تیمار اول): بچه‌ماهیان با ۴ دوره متناوب گرسنگی ۲ روزه و سپس غذادهی ۸ روزه پس از هر دوره گرسنگی، مورد تیمار قرار گرفتند. SRF2 (تیمار دوم): بچه‌ماهیان با ۲ دوره متناوب گرسنگی ۴ روزه و غذادهی ۱۶ روزه پس از هر گرسنگی، مورد تیمار قرار گرفتند. SRF3 (تیمار سوم): بچه‌ماهیان با ۱ دوره گرسنگی ۸ روزه و غذادهی ۳۲ روزه پس از دوره گرسنگی، مورد تیمار قرار گرفتند. دوره آزمایش ۴۰ روز بوده و برای هر تیمار آزمایشی ۳ تکرار انجام شده و در هر تکرار تعداد ۱۲ بچه‌اهی، به‌کار گرفته شده و برای تغذیه ماهیان از پلت خشک با ترکیب ۵۴ درصد پودر ماهی، ۹ درصد پودر سویا، ۵ درصد آرد گندم ۶/۵ درصد روغن ماهی، استفاده گردید.

جدول ۱: آنالیز تقریبی جیره غذایی آزمایشی

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

در طول دوره میانگین دمای آب، ۰/۷±۱۸ درجه سانتی‌گراد، pH برابر با ۰/۴±۷ و اکسیژن محلول ۰/۵±۷/۵ میلی‌گرم در لیتر بود.

شاخص‌های رشد: به‌منظور تعیین شاخص‌های رشد در پایان دوره‌های گرسنگی به‌صورت کاملاً تصادفی از هر یک از تیمارها و گروه شاهد تعداد ۵ ماهی انتخاب و به آزمایشگاه منتقل و پس از بی‌هوشی به‌وسیله عصاره گل میخک با غلظت ۲۰۰ قسمت در میلیون، طول و وزن ماهیان ثبت و بلافاصله بعد از باز کردن شکم، کل دستگاه گوارش (از مری تا مخرج) و کبد با دقت جدا شده و آن‌گاه شاخص دستگاه گوارش (HSI) و شاخص کبدی (DSI) و سایر متغیرهای رشد به‌شرح ذیل محاسبه شدند (۲۰).

وزن اولیه (گرم) - وزن نهایی (گرم) = افزایش وزن (بر حسب گرم)

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

که در آن W2 برابر با وزن نهایی (برحسب گرم)؛ W1، وزن اولیه (برحسب گرم) است.

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

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

۱۰۰×(وزن بدن (گرم)/وزن کل دستگاه گوارش (گرم))= شاخص دستگاه گوارش (HSI)
۱۰۰ × (وزن بدن (گرم) / وزن کبد (گرم)) = شاخص کبدی (DSI)

روش انجام مطالعات بافت‌شناسی: برای انجام مطالعه بافتی، نمونه‌هایی از اندام‌های کبد و روده، برداشته شد و پس از شستشو با سرم فیزیولوژی، در محلول بوئن تثبیت و سپس برای نگه‌داری در اتانول ۷۰ درصد قرار داده شدند. عمل‌آوری بافت جهت تهیه نمونه‌های بافتی شامل آبگیری (Dehydration) در الکل‌های صعودی (الکل‌های ۷۰، ۸۰، ۹۰، ۹۵ و سپس الکل بوتیلیک ۱۰۰)، الکل‌گیری و شفاف‌سازی (Clearing) نمونه‌ها توسط گزیلین (به‌مدت ۱۲ ساعت داخل آون در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد) و آغشته کردن یا تزریق پارافین (Impregnation) و قالب‌گیری بود. در نهایت با استفاده از دستگاه میکروتوم Leitz مدل ۱۵۱۲ مقاطع قالب‌های بافتی به ضخامت ۷ میکرون برش داده شد و به‌روش هماتوکسیلین -ائوزین رنگ‌آمیزی و پس از عمل سوار کردن (mounting) و آماده‌سازی نهایی، اسلایدهای بافتی با استفاده میکروسکوپ نوری مورد بررسی قرار گرفتند (۲۱).

آنالیز آماری: تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش آنالیز واریانس یک‌طرفه (One - Way ANOVA) و به‌کمک نرم‌افزار SPSS ویرایش ۲۲ انجام شد. برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون آماری دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد استفاده شده و تمام داده‌ها به صورت میانگین ±SD گزارش شده و برای تهیه جدول داده‌ها و رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده گردید.

نتایج

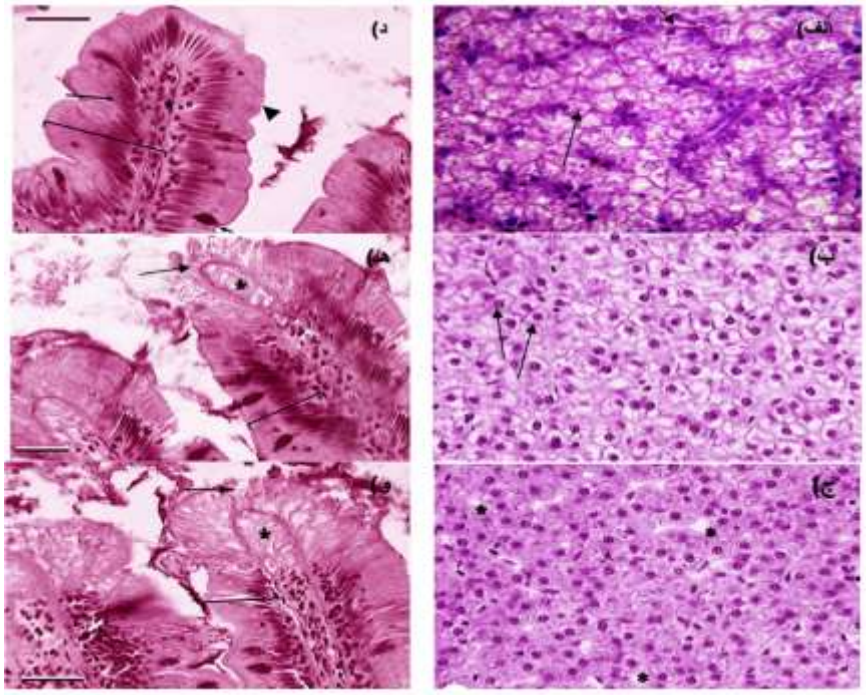
عملکرد رشد: نتایج به‌دست‌آمده از عملکرد رشد و بازماندگی بچه تاس‌ماهیان ایرانی در تیمارهای مختلف در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که میزان رشد در تیمارهای شاهد و گرسنه به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر روند غذادهی قرار می‌گیرد ($p<0/05$). میانگین وزن نهایی و افزایش وزن به‌دست‌آمده در طی ۴ دوره متناوب گرسنگی ۲ روزه و غذادهی ۸ روزه پس از هر دوره گرسنگی (SRF1) و ۲ دوره متناوب گرسنگی ۴ روزه و غذادهی ۱۶ روزه پس از هر گرسنگی (SRF2) اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نشان نداده‌اند ($p<0/05$)،اما ۱ دوره گرسنگی ۸ روزه به‌طور معنی‌داری باعث کاهش وزن می‌گردد. نرخ رشد ویژه در تیمارهای SRF1 و SRF2 نیز نسبت به تیمار شاهد روند کاهشی داشته، اما اختلاف معنی‌داری بین این تیمارها با تیمار شاهد مشاهده نمی‌شود، این در حالی است که نرخ رشد ویژه تیمار شاهد با تیمار SRF3 اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد ($p<0/05$). هم‌چنین شاخص ضریب تبدیل غذا که یکی از مهم‌ترین شاخص‌های رشد می‌باشد با اعمال گرسنگی ۸ روزه(SFR3) به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمارهای SRF1 و SRF2 افزایش داشته و پایین‌ترین و بهترین ضریب تبدیل غذا در تیمار SRF2 مشاهده می‌شود. نتایج به‌دست آمده از دیگر شاخص‌های رشد مانند شاخص کبدی، شاخص دستگاه گوارش و فاکتور وضعیت تفاوت معنی‌داری را با تیمار شاهد نشان نمی‌دهد ($p<0/05$). اگرچه تحت تاثیر تیمارهای مختلف گرسنگی، روند کاهشی در شاخص کبدی و شاخص دستگاه گوارش بچه تاس‌ماهیان ایرانی در دوران گرسنگی و غذادهی مشاهده می‌شود. هم‌چنین میزان بازماندگی در تیمارهای آزمایشی مقادیر معنی‌داری داشته است ($p<0/05$) بدین‌ترتیب که تیمار SRF2 بدون تلفات و دارای بیش‌ترین بازماندگی بوده و کم‌ترین میزان بازماندگی در تیمار SRF3 مشاهده می‌شود.

نتایج مطالعه بافتی: دوره‌های گرسنگی کوتاه‌مدت و تغذیه مجدد تغییرات معنی‌داری در متغیرهای قطر هسته و هپاتوسیت‌های کبدی) بچه تاس‌ماهیان ایرانی ایجاد نکرده ($p<0/05$)، اگرچه روند کاهشی در اندازه سلول‌ها و افزایش قطر هسته مشاهده می‌شود (جدول ۳). به‌علاوه تحمل ۱ دوره گرسنگی ۸ روزه و غذادهی پس از دوره ۳۲ روزه گرسنگی (SRF3)، باعث بروز تغییرات ساختاری مشهودی از جمله کاهش اندازه سلول‌های کبدی، بزرگ شدن هسته و کاهش حجم سیتوپلاسم، گلیکوژن و واکوئل‌های چربی شده است. تصاویر مقایسه‌ای بافت کبدی بچه تاس‌ماهیان ایرانی در دو گروه شاهد و گروه تیمار SRF3 در شکل۱ (تصاویر الف تا ج) تمایش داده شده است. هم‌چنین نتایج نشان می‌دهد که در پایان دوره‌های گرسنگی کوتاه‌مدت و تغذیه مجدد، طول انتروسیت‌های روده به‌صورت معنی‌داری ($p<0/05$) نسبت به گروه شاهد، کوچک‌تر شده‌اند (جدول ۳). اما طول پرزهای روده اختلاف معنی‌داری ($p<0/05$) را بین تیمارهای مختلف نشان نمی‌دهد. بررسی بافتی روده ماهیان نیز نشان می‌دهد که یک دوره گرسنگی ۸ روزه و غذادهی ۳۲روزه پس از دوره گرسنگی (SRF3) باعث افزایش قابل توجهی در ضخامت لایه‌های لامینا پروپریا و زیر مخاط در مقایسه با ماهیان تیمار شاهد می‌شود، به‌علاوه نواحی جدا شده در رأس چین‌های مخاطی قابل مشاهده می‌باشند. تصاویر مقایسه‌ای پرزها و انتروسیت‌ها در روده بچه تاس‌ماهیان ایرانی در دو گروه شاهد و گروه تیمار SRF3 در شکل ۱ (تصاویر د تا و) نمایش داده شده است. به تغییرات طول انتروسیت‌ها توجه شود.

جدول ۲: نتایج عملکرد رشد تاس‌ماهی ایرانی به دوره‌های گرسنگی کوتاه‌مدت و تغذیه مجدد (میانگین ± انحراف معیار)

تیمار	Ctrl	SRF1	SRF2	SRF3
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 (درصد در روز)	۳/۵۳ ± ۰/۱۸ [a]	۳/۴۸ ± ۰/۱۶	۳/۴۶ ± ۰/۲۸ [b]	۲/۹۸ ± ۰/۱۸ [b]
شاخص کبدی (درصد)	۴/۰۷ ± ۰/۳۸	۳/۸۱ ± ۰/۴۱	۳/۵۰ ± ۰/۶۵	۳/۲۸ ± ۰/۰۹
شاخص دستگاه گوارش (درصد)	۱۳/۶۵ ± ۱/۱۶	۱۲/۵۶ ± ۲/۶۷	۱۱/۳۳ ± ۲۹/۹۵	۱۱/۳۳ ± ۲/۱۱
بازماندگی (درصد)	۹۳/۵۵ ± ۳/۳۳ [ab]	۹۳/۴۵ ± ۷/۲۴ [ab]	۹۰/۰۰ ± ۱/۰۳ [a]	۸۴/۵۵ ± ۶/۵۶ [b]

حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار است (P<۰/۰۵)؛ Ctrl= گروه شاهد (غذادهی در کل دوره)؛ SRF1= ۴ دوره متناوب گرسنگی ۲ روزه و غذادهی ۸ روزه پس از هر دوره گرسنگی؛ SRF2= ۲ دوره متناوب گرسنگی ۴ روزه و غذادهی ۱۶ روزه پس از هر گرسنگی؛ SRF3 = ۱ دوره گرسنگی ۸ روزه و غذادهی ۳۲ روزه پس از دوره گرسنگی.



شکل ۱: الف) بافت کبدی در تیمار شاهد؛ سلول‌های کبدی حاوی واکوئل‌های چربی (پیکان کوتاه) و سلول‌های کبدی چند ضلعی حاوی گلبول‌های گلیکوژن (پیکان بلند). ب) بافت کبدی در تیمار SRF3؛ هسته‌های پیکنیوتیک سلول‌های کبدی (پیکان بلند). ج) سلول‌های بافت کبدی واجد هسته‌های بزرگ، به همراه کاهش حجم سیتوپلاسم، گلبول‌های گلیکوژنی و واکوئل‌های چربی و سیتوپلاسم درهم ریخته، سینوزوئیدهای بزرگ شده (*) (رنگ‌آمیزی PAS؛ بزرگنمایی ۴۰۰x). د) پرزهای روده‌ای در تیمار شاهد؛ لامینا پروپریا (*)؛ سلول‌های موکوسی (پیکان کوتاه)؛ سلول‌های انتروسیتی (پیکان بلند)؛ حاشیه مسواکی پرز (سرپیکان). هـ و) پرزهای روده‌ای در تیمار SRF3؛ لایه‌های اپیتلیومی تخریب و جدا شده در رأس پرز (پیکان‌های بزرگ)؛ لامینا پروپریا ضخیم شده (*) (ر نگ‌آمیزی E & E؛ بزرگ‌نمایی ۱۰۰x).

جدول ۳: نتایج بافت‌شناسی در بچه تاس‌ماهی ایرانی با دوره‌های گرسنگی کوتاه‌مدت و تغذیه مجدد (میانگین ± انحراف معیار)

تیمار	Ctrl	SRF1	SRF2	SRF3
کبد				
قطر هسته هپاتوسیت (میکرومتر)	۷/۰۵ ± ۱/۰۵	۶/۸۵ ± ۱/۲۵	۶/۲۵ ± ۱/۳۰	۶/۶۴ ± ۰/۵۰
قطر سلول هپاتوسیت (میکرومتر)	۱۶/۶۵ ± ۳/۳۰	۱۵/۲۲ ± ۲/۳۵	۱۴/۵۰ ± ۲/۷۰ [ab]	۱۵/۷۲ ± ۲/۱۳
حجم هسته (٪)	۲۷/۶۶ ± ۶/۵۲	۲۲/۱۲ ± ۱۳/۳۳	۲۳/۱۳ ± ۳/۶۲	۳۲/۳۳ ± ۲/۵۲
حجم سیتوپلاسم (٪)	۷۲/۲۰ ± ۶/۴۵	۷۷/۸۳ ± ۱۳/۳۵	۷۶/۸۵ ± ۳/۸۲	۶۷/۶۸ ± ۲/۵۰
روده				
طول پرزهای روده (میکرومتر)	۲۸۸ ± ۴/۲۵ [a]	۲۱۰ ± ۶/۸ [a]	۱۹۸ ± ۸/۷۸ [a]	۲۲۰ ± ۴/۴۹ [a]
طول انتروسیت‌های روده (میکرومتر)	۲۲/۵۰ ± ۰/۷۹ [a]	۲۲/۰۵ ± ۲/۵۰ [b]	۲۲/۰۰ ± ۲/۸۸ [b]	۲۱/۸۸ ± ۱/۱۳ [b]

حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهندهٔ اختلاف معنی‌دار است (P<۰/۰۵)؛ Ctrl= گروه شاهد (غذادهی در کل دوره)؛ SRF1= ۴ دوره متناوب گرسنگی ۲ روزه و غذادهی ۸ روزه پس از هر دوره گرسنگی؛ SRF2= ۲ دوره متناوب گرسنگی ۴ روزه و غذادهی ۱۶ روزه پس از هر گرسنگی؛ SRF3 = ۱ دوره گرسنگی ۸ روزه و غذادهی ۳۲ روزه پس از دوره گرسنگی.

بحث

در طی بررسی حاضر بچه تاس‌ماهیان ایرانی (*Acipenser persicus*) به‌منظور تعیین اثرات دوره‌های گرسنگی کوتاه‌مدت و تغذیه مجدد بر برخی شاخص‌های رشد و تغییرات ناشی از آن بر ساختار بافتی کبد و روده، تحت ۴ تیمار شاهد (غذادهی در کل دوره)؛ SRF1 (۴ دوره متناوب گرسنگی ۲ روزه و غذادهی ۸ روزه پس از هر دوره گرسنگی)؛ SRF2 (۲ دوره متناوب گرسنگی ۴ روزه و غذادهی ۱۶ روزه پس از هر گرسنگی) و SRF3 (۱ دوره گرسنگی ۸ روزه و غذادهی ۳۲ روزه پس از دوره گرسنگی) قرار گرفتند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که شاخص‌های کبدی و دستگاه گوارش در ماهیان گروه شاهد بالاتر از مقادیر به‌دست آمده در ماهیان با محرومیت غذایی بوده، هرچنداین تغییرات معنی‌دار نمی‌باشند که می‌تواند به‌دلیل حفظ ذخیره انرژی و چربی در کبد و دستگاه گوارش گروه شاهد (که به‌طور مداوم غذا مصرف می‌کردند) و مصرف این مواد در گروه‌های با محرومیت غذایی در طول دوره‌های گرسنگی باشد. نتایج مشابهی در خصوص کاهش شاخص‌های کبدی و دستگاه گوارش در اثر گرسنگی توسط دیگر محققین گزارش شده است. Hamedi و همکاران، اثرات دوره‌های گرسنگی طولانی‌مدت بر ساختار بافت کبد و روده در تاس‌ماهیان سیبری را مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند که شاخص‌های دستگاه گوارش و کبدی ماهیان گروه شاهد به‌صورت معنی‌داری بالاتر از تیمارهای ۲ هفته و ۳ هفته گرسنگی بوده است (۱۰). Hung و همکاران، کاهش معنی‌داری را پس از ۴، ۶، ۸ و ۱۰ هفته گرسنگی در تاس‌ماهی سفید (*Acipenser transmontianus*) گزارش نمودند (۲۲) و Ali و همکاران، بیان کردند زمانی‌که کپور ماهیان در معرض ۲ ماه گرسنگی و ۱۲ روز تغذیه مجدد قرار می‌گیرند، اولین مرحله (تا روز ۸ گرسنگی) با یک کاهش کلی در شاخص کبدی به‌دلیل مصرف گلیکوژن کبدی مواجه می‌باشد (۲۳). Krogdahl و Bakke-McKellep، کاهش معنی‌داری را در بخش‌های مختلف دستگاه گوارش (بخش‌های ابتدایی، میانی و انتهایی) آزاد ماهی اقیانوس اطلس پس از ۱۱، ۱۹ و ۴۰ هفته گرسنگی مشاهده نمودند (۸) و Pérez-Jiménez و همکاران، گزارش کردند که گرسنگی سبب کاهش معنی‌داری در شاخص کبدی و گلیکوژن کبدی در باس دریایی اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) می‌گردد (۲۴). Montserrat و همکاران، نیز کاهش معنی‌داری را در شاخص کبدی ماهی سیم دریایی سر طلایی (*Sparus aurata*) پس از یک، دو و سه هفته گرسنگی مشاهده کردند (۲۵). Raine و همکاران، کاهش معنی‌داری را در شاخص کبدی قزل‌آلای رنگین‌کمان نوجوان‌های پس از ۳ هفته گرسنگی گزارش کردند، اگرچه در نوزادان گرسنه تغییر معنی‌داری را در شاخص کبدی مشاهده نکردند که به تأثیر مداوم گرسنگی بر وزن بدن و کبد، نسبت داده شد (۲۶). در مجموع نتایج به‌دست آمده در تحقیق حاضر بیانگر این امر است که بچه تاس‌ماهیان ایرانی در دوره‌های محرومیت غذایی کوتاه‌مدت می‌توانند گرسنگی را به‌خوبی تحمل کنند و با ادامه رشد جبرانی ماهیان قادرند مجدداً به شرایط عادی بازگردند. رشد جبرانی در واقع یکی از پاسخ‌های ماهیان به دوره‌های محرومیت غذایی و تغذیه مجدد است و تحت عنوان یک مرحله رشد سریع تعریف می‌شود که بعد از غذادهی مجدد به ماهی، در پی یک دوره محرومیت غذایی یا شرایط نامناسب رخ می‌دهد (۲۷) و بر اساس عملکرد رشد و تغذیه می‌تواند به دستجات مختلفی شامل؛ جبران کامل، جبران جزئی و جبران بیش از حد تقسیم‌بندی گردد. البته پاسخ رشد جبرانی به طول دوره گرسنگی و مدت زمان تغذیه مجدد بستگی دارد، به‌طوری‌که افزایش طول مدت محدودیت غذایی باعث کاهش وزن شده و منجر به رشد جبرانی نسبی در ماهیان می‌شود (۲۸). به‌طوری‌که Ashouri و همکاران، در بررسی اثرات گرسنگی بر رشد جبرانی تاس‌ماهیان سیبری نشان دادند که به‌طور کلی، ۴ هفته تغذیه مجدد در پی ۱ دوره ۱ هفته‌ای گرسنگی، برای ایجاد رشد جبرانی کامل در تاس‌ماهیان نوجوان بسیار کوتاه است (۲۹). به‌علاوه نتایج تحقیق حاضر بیانگر نقش مؤثر کبد و دستگاه گوارش در تأمین نیازهای انرژی در دوران گرسنگی است. ذخایر کبدی نخستین منبع تأمین‌کننده انرژی در طی گرسنگی هستند. در زمان گرسنگی ذخیره‌سازی مواد در کبد متوقف شده و گلیکوژن و چربی کبدی برای تأمین نیاز انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در واقع یکی از دلایل اصلی این که عموماً ذخایر کبدی نخستین منبع مورد استفاده در طی محرومیت غذایی هستند، این است که این منابع به‌راحتی نقل و انتقال می‌یابند (۹). بررسی‌های میکروسکوپی بافت کبد بچه تاس‌ماهیان ایرانی نشان می‌دهد که ۴ دوره متناوب گرسنگی ۲ روزه و غذادهی ۸ روزه پس از هر دوره گرسنگی (SRF2) و ۲ دوره متناوب گرسنگی ۴ روزه و غذادهی ۱۶ روزه پس از هر گرسنگی (SRF2) باعث کاهش اندازه سلول‌های کبدی می‌شود، اما روند این تغییرات نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار نبوده و تغییرات ساختاری قابل توجهی در بافت کبد رخ نمی‌دهد. این در حالی است که در کبد ماهیانی که متحمل ۱ دوره گرسنگی ۸ روزه و غذادهی ۳۲ روزه پس از دوره گرسنگی (SRF3) بودند، علاوه بر تغییرات ساختاری از جمله کاهش اندازه سلول‌های کبدی واجد هسته‌های بزرگ، کاهش حجم سیتوپلاسم، کاهش گلبول‌های گلیکوژنی و واکوئل‌های چربی به‌وضوح قابل مشاهده می‌باشد. Ostaszewska و همکاران، نیز کاهش تدریجی واکوئل‌های چربی و گرانول‌های گلیکوژنی، و در واقع، کاهش حجم سیتوپلاسم سلول‌های کبدی را در پی دوره‌های محرومیت غذایی گزارش کردند (۱۵) و یا Emadi Sheibani و همکاران، تأثیرات گرسنگی و تغذیهٔ

مجدد در بافت کبد بچه‌ماهی آزاد دریای خزر را مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند که بچه‌ماهیان در اثر محدودیت غذایی و مصرف ذخائر موجود در بافت کبد دچار آسیب‌های بافتی در این اندام می‌شوند، اما در صورت تغذیه مجدد و بازسازی سطح ذخائر انرژی قادر به جبران و ترمیم خسارات ناشی از گرسنگی هستند (۱۷). هم‌چنین نتایج تحقیقی درباره گرگ ماهی (*Hoplias malabaricus*) نشان داده که بعد از ۳۰ روز گرسنگی سلول‌های کبدی دچار آتروفی شد و سطح آن‌ها در کبد این ماهی کاهش می‌یابد و با بیش‌تر شدن طول دوران گرسنگی، ماهی با تغییرات هیستوپاتولوژیکی قابل توجهی در کبد مواجه می‌شود (۱۶). تحقیق نتایج Hamedi و همکاران، در زمینه اثرات گرسنگی بر کبد تاس‌ماهیان سیبری نیز نشان داد که اندازه کبد در مدت ۲ هفته گرسنگی کاهش معنی‌داری داشته و با طولانی‌تر شدن دوره گرسنگی اندازه کبد کاهش بیش‌تری را نشان می‌دهد (۱۰، ۳۰). این در حالی است که مطالعه Zhu و همکاران، در زمینه بررسی اثرات گرسنگی‌های بلندمدت بر بافت کبدی ماهی کروکر زرد (*Nibea albiflora*) نشان داده که ۲۲ روز گرسنگی علاوه بر *واکئولاسیون* سیتوپلاسمی، ایجاد حواشی تیره و انحلال سلولی در بافت کبدی باعث کاهش قابل توجه توده کبدی ماهیان می‌گردد که می‌تواند مکانیسم‌های مولکولی تنظیم‌کننده واکنش‌های استرسی ماهی کروکر زرد تحت شرایط گرسنگی را نشان دهد (۳۱). به‌هرحال نتایج به‌دست آمده در تحقیق حاضر نشان می‌دهد که تحمیل دوره‌های گرسنگی بر بچه ماهیان می‌تواند تغییرات ساختاری در بافت کبدی و دستگاه گوارش ایجاد کرده که کاهش شاخص‌های کبدی و دستگاه گوارش و اختلالات متابولیسمی و غیره را در پی دارد و تفاوت‌های مشاهده شده در نتایج مطالعات مختلف می‌تواند به‌علت طول دوره گرسنگی کوتاه‌تر در مطالعه حاضر نسبت سایر مطالعات باشد. در واقع انتظار می‌رود که با افزایش دوران گرسنگی و افزایش مصرف ذخایر انرژی، آسیب‌های وارد شده به کبد نیز بیش‌تر شوند. هم‌چنین نتایج بررسی بافت روده در تحقیق حاضر نشان می‌دهد که در پایان دوره‌های گرسنگی کوتاه مدت و تغذیه مجدد (SRF1 و SRF2)، طول انتروسیت‌های روده‌ای نسبت به گروه شاهد، کوچک‌تر شده‌اند. اما طول پرزهای روده اختلاف معنی‌داری را بین تیمارهای مختلف نشان نمی‌دهد ($p>0/05$). بررسی میکروسکوپی بافت روده نیز نشان می‌دهد که علاوه بر افزایش قابل توجهی در ضخامت لایه‌های لامینا پروپریا و زیر مخاط در مقایسه با ماهیان تیمار، نواحی جدا شده‌ای در رأس چین‌های مخاطی قابل مشاهده هستند. Ostaszewska و همکاران، تغییرات مورفولوژیکی بافت‌های دستگاه گوارش لای‌ماهیان نوجوان (روده، کبد و پانکراس) را در طی دوره‌های گرسنگی کوتاه مدت مورد مطالعه قرار داده و پروتئولیز مخاط روده، به‌ویژه سلول‌های انتروسیتی در قسمت رأس چین‌های مخاطی روده را در پی دوره‌های محرومیت غذایی گزارش کردند (۱۵). هم‌چنین مطالعه مورفولوژی روده تاس ماهیان سیبری در تحقیق Hamedi و همکاران، نشان داد، پرزهای روده در تیمارهای ۲ و ۳ هفته گرسنگی طول کم‌تری نسبت به گروه شاهد دارند. مطالعات نشان می‌دهد که طول روده، چین‌خوردگی‌های روده و طول میکروپرزهای روده ممکن است در طی دوره‌های گرسنگی کاهش یابد. در واقع ماهیان در مواجه با دوره‌های گرسنگی و عدم دسترسی به غذا قادرند به دو طریق نواحی سطحی روده را تغییر دهند: راه اول از طریق تغییر دادن اندازه چین‌خوردگی‌های روده (لایه مخاطی) و راه دوم با تغییر دادن نواحی سطحی حاشیه‌های مسواکی روده (۱۰). هر دو این تغییرات، باعث بروز اختلالاتی در ساختار لایه مخاطی و هضم درون سلولی می‌شوند که در نتیجه آن متابولسیم و رشد ماهی (۱۵) و هم‌چنین ساختار جمعیت میکروبی روده دچار اخلال می‌گردد. در بررسی انجام شده توسط Sun و همکاران، بر روی ساختار میکرو ارگانیسم‌های روده‌ای در سیم‌های پوزه دراز جوان (*Megalobrama amblycephala*) نتایج نشان داد که ۴ هفته متوالی گرسنگی ساختار روده‌را دگرگون ساخته و جمعیت میکروارگانیسم‌های (microbiota) روده را تغییر داده و با افزایش جمعیت باکتری‌های بیماری‌زا متعاقباً بر هضم روده و پاسخ التهابی آن تأثیر منفی می‌گذارد (۳۲). در مجموع می‌توان گفت که افزایش طول دوره‌های گرسنگی می‌تواند باعث بروز تغییرات ساختاری در بافت کبدی و دستگاه گوارش بچه تاس‌ماهیان ایرانی گردد که کاهش شاخص‌های کبدی و دستگاه گوارش و اختلالات متابولیسمی و غیره را در پی دارد و تفاوت‌های مشاهده شده در نتایج مطالعات مختلف می‌تواند به‌علت دوره‌های گرسنگی کوتاه‌تر در مطالعه حاضر نسبت سایر مطالعات باشد. در واقع انتظار می‌رود که با افزایش دوران گرسنگی و افزایش مصرف ذخایر انرژی، آسیب‌های وارد شده به اندام‌ها نیز بیش‌تر شوند. با این وجود، بسیاری از بچه تاس‌ماهیان ایرانی در بازگشت از دوران محدودیت غذایی و دسترسی مجدد به منبع غذایی، سازگاری‌های از خود نشان می‌دهند. اما طول دوره گرسنگی می‌تواند در میزان مقاومت و سازش ماهیان در برابر این دوره‌های اثر گذار باشد، و آن‌چه که مسلم است این است که طول دوره تغذیه مجدد باید از طول دوره گرسنگی بیش‌تر باشد تا ماهی بتواند تغییرات حاصل از گرسنگی را جبران کند. بر همین اساس نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر نشان می‌دهد که بچه تاس‌ماهی ایرانی پس از ۴ دوره متناوب گرسنگی ۲ روزه و غذادهی ۸ روزه تغذیه پس از هر دوره بدون تأثیر منفی بر عملکرد رشد و بدون تغییرات بافتی در کبد و روده، قادر به بازیابی ظرفیت تغذیه‌ای خود هستند.

منابع

1. **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 (JWAS). 39(2): 267-274.
2. **Imsland, A.K.D., Ólafsdóttir, A., Árnason, J. and Gústavsson, A., 2020.** Effect of rearing temperature on flesh quality in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). Aquaculture Research. 52(3): 1-25. DOI:10.1111/are.14961
3. **Lv, H., Hu, W., Xiong, S., You, J. and Fan, Q., 2018.** Depuration and starvation improve flesh quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). Aquaculture Research. 49(9): 3196-3206.
4. **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 (TrJFAS). 7(1): 13-17.
5. **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.
6. **Abbasimesrdashti, R., Sajjadi, M. and Falahatkar, B., 2020.** Combined effect of density and feeding strategy on growth and hematological parameters of *Cyprinus carpio* var. Koi. 12(2): 209-220. (In Persian)
7. **Davis, K.B. and Gaylord, T.G., 2011.** Effect of fasting on body composition and responses to stress in sunshine bass. Comp. Biochem. Physiol. Part A Mol. Integr. Physiol. 158(1): 30-36.
8. **Krogdahl, A. and Bakke-McKellep, A.M., 2005.** Fasting and refeeding cause rapid changes in intestinal tissue mass and digestive enzyme capacities of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Comp. Biochem. Physiol. Part A Mol. Integr. Physiol. 141(4): 450-460.
9. **Navarro, I. and Gutierrez, J., 1995.** Fasting and starvation. Biochemistry and molecular biology of fishes. 4: 393-434.
10. **Hamedi, Sh., Naserfard, I., Ebrahimi, H. and Azodi, M., 2020.** Effects of Long-Term Starvation on Structure of Liver and Intestine Tissue in Siberian Sturgeon, *Acipenser baeri*. Animal physiology & development. 12(2): 73-83. (In Persian)
11. **Ince, B.W. and Thorpe, A., 1976.** The effects of starvation and force-feeding on the metabolism of the Northern pike, *Esox lucius* L. J. Fish Biol. 8(1): 79-88.
12. **Liu, X., Shi, H., He, Q., Lin, F., Wang, Q., Xiao, Sh., Dai, Y., Zhang, Y., Yang, H. and Zhao, H., 2020.** Effect of starvation and refeeding on growth, gut microbiota and nonspecific immunity in hybrid grouper (*Epinephelus fuscoguttatus*♀×*E. lanceolatus*♂). Fish & Shellfish Immunology. 97: 182-193.
13. **Soltanian, S. and Gholamhosseini, A., 2019.** The effects of starvation on some epidermal mucus immune parameters in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Int. J. Aquat. Biol. 7(5): 291-300.
14. **Weatherley, A.H. and Gill, H.S., 1981.** Recovery growth following periods of restricted rations and starvation in rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson. J. Fish Biol. 18(2): 195-208.
15. **Ostaszewska, T.; Korwin-Kossakowski, M. and Wolnicki, J., 2006.** Morphological changes of digestive structures in starved tench *Tinca tinca* (L.) juveniles. Aquac. Int. 14(1): 113-126.
16. **Rios, F.S., Donatti, L., Fernandes, M.N., Kalinin, A.L. and Rantin, F.T., 2007.** Liver histopathology and accumulation of melano-macrophage centres in Hoplias malabaricus after long-term food deprivation and re-feeding. J. Fish Biol. 71(5): 1393-1406.
17. **Emadi Sheibani, M., Mojazi Amiri, B. and Khodabandeh, S., 2013.** Effects of Starvation and Refeeding on Liver Structure of Caspian Salmon (*Salmo trutta caspius*, Kessler1877) Juvenile. Journal of Fisheries. 66(1): 71-80. (In Persian)
18. **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.
19. **Love, R.M., 1970.** The chemical biology of fishes. With a key to the chemical literature. The chemical biology of fishes. With a key to the chemical literature. London: Academic Press.
20. **Mohanta, K.N., Mohanty, S.N., Jena, J.K. and Sahu, N.P., 2008.** Protein requirement of silver barb, *Puntius gonionotus* fingerlings. Aquac. Nutr. 14(2): 143-152.
21. **Roberts, R.J., 2012.** Fish pathology. John Wiley and Sons. 592 p.
22. **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.
23. **Ali, M., Nicieza, A. and Wootton, R.J., 2003.** Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. Fish and fisheries. 4(2): 147-190.
24. **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.
25. **Montserrat, N., Gómez-Requeni, P., Bellini, G., Capilla, E., Pérez-Sánchez, J., Navarro, I. and Gutiérrez, J., 2007.** Distinct role of insulin and IGF-I and its receptors in white skeletal muscle during the compensatory growth of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). Aquaculture. 267(1-4): 188-198.
26. **Raine, J.C., Cameron, C., Vijayan, M.M., MacKenzie, D.S. and Leatherland, J.F., 2005.** Effect of fasting on thyroid hormone levels, and TRα and TRβ mRNA accumulation in late-stage embryo and juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Comp. Biochem. Physiol. Part A Mol. Integr. Physiol. 140(4): 452-459.
27. **De Santis, C. and Jerry, D.R., 2011.** Differential tissue-regulation of myostatin genes in the teleost fish Lates calcarifer in response to fasting. Evidence for functional differentiation. Mol. Cell. Endocrinol. 335(2): 158-165.
28. **Adeli, M., Maleki, Sh., Ghelichi, A., Amiri, S. and Adeli, Z., 2018.** Effect of starvation periods and compensatory growth on growth indices and body composition in fingerling common carp (*Cypinus carpio*). Journal of Animal Environment. 10(4): 301-308. (In Persian)
29. **Ashouri, G., Mahboobi-Soofiani, N., Hoseinifar, S.H., Torfi-Mozanzadeh, M., Mani, A., Khosravi, A. and Carnevali, O., 2020.** Compensatory growth, plasma hormones and metabolites in juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*, Brandt 1869) subjected to fasting and re-feeding. Aquaculture Research. 26(2): 400-409.
30. **Abolfathi, M., Hajimoradloo, A., Ghorbani, R. and Zamani, A., 2012.** Compensatory growth in juvenile roach *Rutilus caspicus*: effect of starvation and re-feeding on growth & digestive surface area. J. Fish Biol. 81: 1880-1890.
31. **Zhu, Q., Song, H., Zhang, Y., Chen, R., Tian, L. and Xu, D., 2020.** Effects of cold stress and starvation on the liver of yellow drum *Nibea albiflora*: histological alterations and transcriptomic analysis. Aquaculture Environment Interactions. 12: 359-369. https://doi.org/10.3354/aei00369
32. **Sun, S., Su, Y., Yu, H., Ge, X. and Zhang, C., 2020.** Starvation affects the intestinal microbiota structure and the expression of inflammatory-related genes of the juvenile blunt snout bream, *Megalobrama amblycephala*. Aquaculture. 517: 734764.