فصلنامه فیزیولوژی و تکوین جانوری دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان
شماره پیاپی ۲۰، جلد ۶، شماره ۱، زمستان ۹۱، صفحه ۱ تا ۹

بررسی اثر دوره های گرسنگی بر برخی از فاکتورهای بیوشیمیایی سرم خون بچه ماهی کپور *(Cyprinus carpio)*

رویا عصاره[۱]، مجید محمد نژاد شموشکی[۲]، حمید فغانی لنگرودی[۱]
۱- دانشگاه آزاد اسلامی واحد تنکابن، گروه شیلات، تنکابن. ایران. Aramiis_dream@yahoo.com
۲- دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرگز، گروه شیلات، بندرگز. ایران.

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۰/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۲/۱۵

چکیده

زمینه و هدف: ماهیان ممکن است در طول دوره های قبل از صید و دوره‌های حمل و نقل گرسنگی را تجربه کنند. دوره‌های محرومیت غذایی می‌تواند طی مراحل اولیه تغذیه بر روی برخی از پارامترهای خونی سرم خون ماهیان تاثیرگذار باشد. هدف از این پژوهش بررسی اثر دوره‌های گرسنگی بر روی فاکتورهای بیوشیمیایی سرم خون بچه ماهی کپور است.

روش کار: این آزمایش به مدت ٦ هفته بر روی بچه ماهیان کپور *(Cyprinus carpio)* با وزن متوسط ۰/۱۳۲ ± ۳/۲۴۳ گرم انجام پذیرفت. بچه ماهیان در ۲ تیمار غذادهی کامل و گرسنگی کامل و در ۳ تکرار در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی به مدت ٦ هفته در شرایط یکسان پرورشی با یکدیگر مقایسه شدند. تیمار غذادهی در هر روز با توجه به وزن توده زنده در مقاطع زمانی مختلف با غذای تجاری به میزان ۱۰٪ وزن بدن مورد تغذیه قرار گرفتند. برای آگاهی از تأثیر گرسنگی بر روی فاکتورهای خونی ماهی کپور، از هر تکرار، هر هفته یک‌بار تعداد ۷-۵ عدد بچه‌ماهی به‌طور تصادفی انتخاب و پس از بیهوش شدن توسط عصاره گل میخک با استفاده از قطع ورید ساقه دمی خون‌گیری شده و برای بررسی فاکتورهای خونی به آزمایشگاه فرستاده شدند.

یافته ها: نتایج به دست آمده از این تحقیق مشخص نمود که بین تیمارهای مورد بررسی از نظر فاکتورهای خونی نظیر کلسترول، گلوکز، کلسیم، تری‌گلیسرید، فسفر، آلبومین، پروتئین و آهن سرم خون و نیز درصد بازماندگی بچه ماهیان اختلاف معنی داری مشاهده می شود ($p<0/05$). به طوری که کم ترین مقدار این فاکتورها در تیمار گرسنگی و بیشترین مقدار در تیمار غذادهی در انتهای دوره مشاهده می‌گردد.

نتیجه گیری: نتایج نشان داد با افزایش طول دوره گرسنگی فاکتورهای خونی مورد مطالعه سیر نزولی به خود خواهند گرفت.

واژه های کلیدی: گرسنگی، فاکتورهای خونی، بچه ماهی کپور.

مقدمه

در بین گونه‌های مختلف و متعدد تیره کپور ماهیان (*Cyprinidae*) ماهی کپور معمولی با نام علمی *Cyprinus carpio* از بهترین گونه‌های خوراکی و به عقیده بسیاری از متخصصین، گونه نخست پرورشی کشور محسوب می‌گردد. مقاومت بالا، گوشت لذیذ، رشد سریع و قدرت تطابق زیاد در محیط‌ها و شرایط مختلف آبی، سبب شده که از ماهی کپور به عنوان گونه برتر در پرورش توأم کپورماهیان یاد شود. با توجه به از بین رفتن بسیاری از زیستگاه‌های طبیعی که به دلیل ایجاد صید و دیگر دخالت‌های انسانی به‌وجود آمده است و تنها از طریق طبیعی نمی‌تواند بازسازی گردد، لذا به تولید و پرورش مصنوعی آن نیازمندیم (۵،۴،۱). به‌همین دلیل بازسازی ذخایر ماهی کپور در دریای خزر با تکثیر مصنوعی انبوه و پرورش بچه ماهیان کپور در استخرهای خاکی از سال ۱۳۶۱ آغاز شد (۴) و تاکنون نیز ادامه دارد. یکی از نکات مهم در پرورش موفقیت‌آمیز ماهیان (ازجمله ماهی کپور) به قابلیت دسترسی به غذای مناسب جهت تغذیه بستگی دارد تا بتواند سلامتی و رشد را به خصوص در مراحل نوزادی تضمین نماید (۹). اما معمولاً گونه‌های مختلف ماهیان

در طول زندگی با پدیده گرسنگی به طور طبیعی مواجه می‌شوند. چنین حالتی معمولاً در فصل زمستان، هنگام مهاجرت‌های طولانی به منظور تخم‌ریزی و یا زمانی که غذا در محیط زندگی، به دلایل مختلفی کاهش پیدا می‌کند، اتفاق می‌افتد. این تغییرات معمولاً فصلی است، ولی می‌تواند بسیار متغیر بوده و از چند هفته تا چندین ماه نیز ادامه پیدا کند و باعث کاهش شدید ذخایر انرژی بدن ماهی شده و موجب تحلیل بافت‌ها به منظور ادامه حیات گردد (۷). در آبزی‌پروری ماهیان ممکن است گرسنگی را در طول دوره‌های قبل از صید، دوره‌های حمل و نقل و هم چنین در اثر بعضی آزمایشات تغذیه‌ای که دوره‌های گرسنگی در آن گنجانده شده، تجربه کنند (۶). بین دوره‌های گرسنگی طبیعی و آزمایشی تفاوت زیادی وجود دارد. گرسنگی طبیعی می‌تواند با ترکیبی از چند پارامتر مانند رشد گنادی، دماهای پایین وغیره توام باشد، اما اثرات گرسنگی‌های آزمایشی احتمالاً تنها به فاکتورهای داخلی و خارجی وابسته است. به عنوان مثال انتخاب فصل، دما، دوره‌های نوری و سن ماهی می‌توانند در نتایج آزمایشات تاثیرات اساسی بگذارد(۱۰). محققان پاسخ‌های گرسنگی را در سه فاز مجزا طبقه‌بندی کرده‌اند که اساس این طبقه‌بندی‌ها براساس تغییرات فیزیولوژیکی مثل میزان کاهش وزن یا دفع نیتروژن و یا براساس منابع اصلی انرژی فیزیولوژیکی (یعنی کربوهیدرات، چربی و پروتئین) در طی دوره‌های گرسنگی می‌باشد (۱۵). در پستانداران ذخیره گلیکوژن، کبد مهم‌ترین منبع کربوهیدراتی تأمین کننده انرژی در دوران گرسنگی است ولی در ماهیان نتایج متنوع و جالبی توسط محققین گزارش گردیده است. گزارش‌های موجود حاکی از عدم تغییر سطح گلوکز خون و گلیکوژن کبد کپور معمولی بعد از ۲۲ روز گرسنگی است (۱۶). ولی در ماهی کفشک بعد از ۳۵ روز گرسنگی، اغلب چربی موجود درکبد و دستگاه گوارش مصرف شده است (۱۱). ماهیانی که ذخیره چربی زیادی نداشته باشند پروتئین ماهیچه سفید در طول گرسنگی کاهش پیدا می‌کند(۱۲). اما گروه دیگری از ماهیان ذخیره پروتئین بدن را حفظ کرده و بیشتر از چربی و یا گلیکوژن برای تأمین انرژی استفاده می‌کنند(۱۰). گروهی دیگر از ماهیان نظیر قزل‌آلا معمولاً قسمت اعظم چربی را در کبد و احشای داخلی ذخیره می‌نمایند و این چربی در اثر گرسنگی به منظور تأمین انرژی خیلی سریع شکسته شده و موجب افزایش سطح اسید چرب آزاد پلاسما می‌گردد (۱۳). بنابراین آگاهی از خصوصیات فیزیولوژیک و زیستی ماهیان و تعیین قدرت سازگاری آن‌ها با شرایط پرورشی، می‌تواند به موفقیت آبزی‌پروری کمک شایانی بنماید. از آن‌جا که با جستجوهای صورت گرفته، تاکنون مطالعه‌ای روی اثر گرسنگی بر روی فاکتورهای بیوشیمیایی سرم خون بچه ماهی کپور دریای خزر صورت نگرفته انجام مطالعه حاضر ضروری به نظر می‌رسد.

مواد و روش ها

این آزمایش در ۶ عدد تانک فایبر گلاس با حجم آب ۱۰۰ لیتر انجام شد و هر یک از این تانک‌ها شماره‌گذاری شده و به صورت جداگانه به سیستم هوادهی مجهز شدند تا سطح اکسیژن آب در حد استاندارد قرار گیرد. این آزمایش در ۲ تیمار و۳ تکرار به صورت زیر انجام گرفت:

تیمار۱: غذادهی کامل در طول دوره

تیمار۲: گرسنگی کامل در ۶ هفته

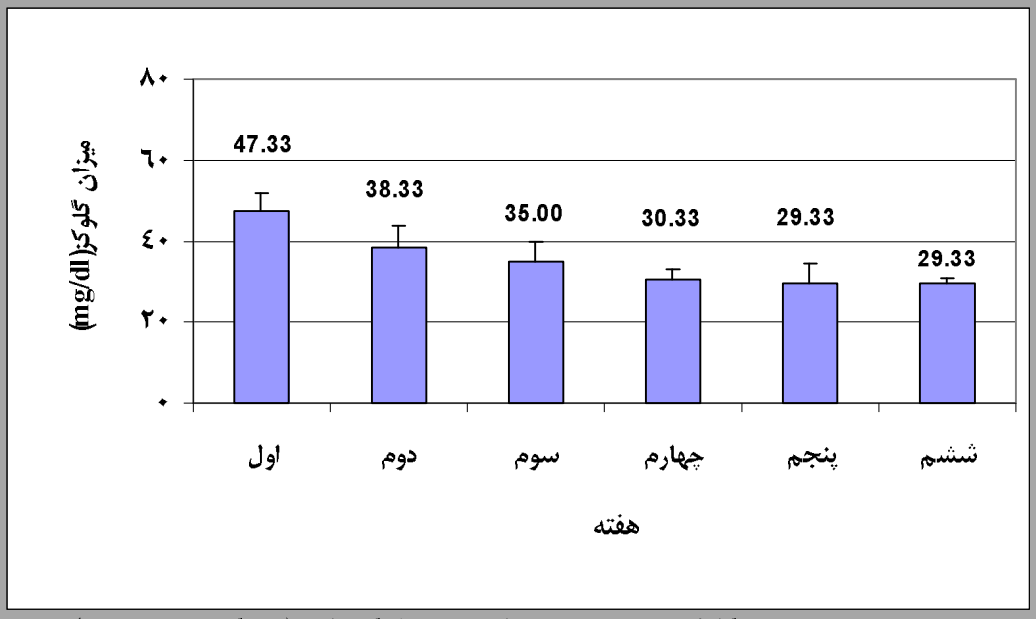
بعد از تمیزکردن و آبگیری تانک‌ها تعداد ۲۴۰ عدد بچه ماهیان کپور با وزن متوسط ۰/۱۳۲± ۳/۲۴۳ گرم و طول متوسط ۰/۳۰۳± ۵/۸ سانتی‌متر از استخر مرکز تکثیر و پرورش ماهیان استخوانی مرکز سیجوال

در بندرترکمن استان گلستان، صید و به سالن تکثیر منتقل شدند. بچه ماهیان کپور به مدت دو هفته با شرایط جدید سازگار شدند و پس از طی دوره سازگاری در ۶ تانک فایبر گلاس (۴۰ عدد بچه ماهی در هر تانک) در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی به مدت ۶ هفته در شرایط یکسان پرورشی با یکدیگر مقایسه شدند. بچه ماهیان تیمار غذادهی درطول دوره آزمایش با غذای تجاری که دارای: رطوبت ۸/۷٪، خاکستر ۱۱/۲٪، پروتئین ۳۲٪ و چربی ۱۰/۵٪ بود تغذیه گردیدند. غذای مورد نیاز در هر روز با توجه به وزن توده زنده در مقاطع زمانی مختلف (معمولاً پس از هر بار زیست‌سنجی) به میزان ۱۰٪ وزن بدن محاسبه شد و در ساعت‌های ۸، ۱۲، ۱۶ در اختیار ماهیان تیمار قرار گرفت. با توجه به اهمیت عوامل مختلف محیطی در پرورش بچه ماهیان و وابستگی شدید آن‌ها از نظر رشد و سلامتی پارامترهای کیفی آب مثل: دما و اکسیژن به وسیله دستگاه اکسیمتر، pH با دستگاه pH متر به صورت روزانه اندازه‌گیری و ثبت شدند. به طوری که میزان اکسیژن محلول برابرppm ۶-۵/۵، دما برابر۲۸-۲۴ درجه سانتی‌گراد و pH در طول دوره آزمایش برابر ۸-۷/۵ اندازه‌گیری گردید. برای آگاهی از تأثیر گرسنگی بر روی فاکتورهای خونی از هر تکرار، هر هفته یک بار(در کل دوره ۶ بار) تعداد ۷-۵ عدد بچه ماهی به طور تصادفی انتخاب می‌شدند، ماهیان پس از بیهوش شدن توسط ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر عصاره گل میخک، بیومتری و سپس با استفاده از قطع ورید ساقه دمی خونگیری شده و برای بررسی فاکتورهای خونی نظیر فسفر، آهن، آلبومین، پروتئین، کلسیم، گلوکز، کلسترول و تری‌گلیسرید، به آزمایشگاه فرستاده شدند. در پایان برای تجزیه و تحلیل کلیه داده ها از نرم افزار Excel 2003 و SPSS 13 استفاده گردید. داده‌ها ابتدا جهت اطمینان از نرمال بودن با (آزمون Shapiro Wilk) بررسی شد. سپس در صورت نرمال بودن داده‌های مورد بررسی با استفاده از تجزیه واریانس یک طرفه (Oneway ANOVA) در سطح اطمینان ۹۵٪ ابتدا اختلاف کلی بین میانگین‌ها مشخص و سپس با آزمون توکی(Tukey) گروه‌ها از یک دیگر تفکیک گردیدند و در مواقعی که داده‌ها نرمال نبودند، از آزمون ناپارامتری کروسکال –والیس (Kruskal-Wallis) جهت مقایسه تیمارها و از آزمون من –ویتنی (Mann-Whitney) برای مقایسه جفتی بین تیمارها استفاده شدند.

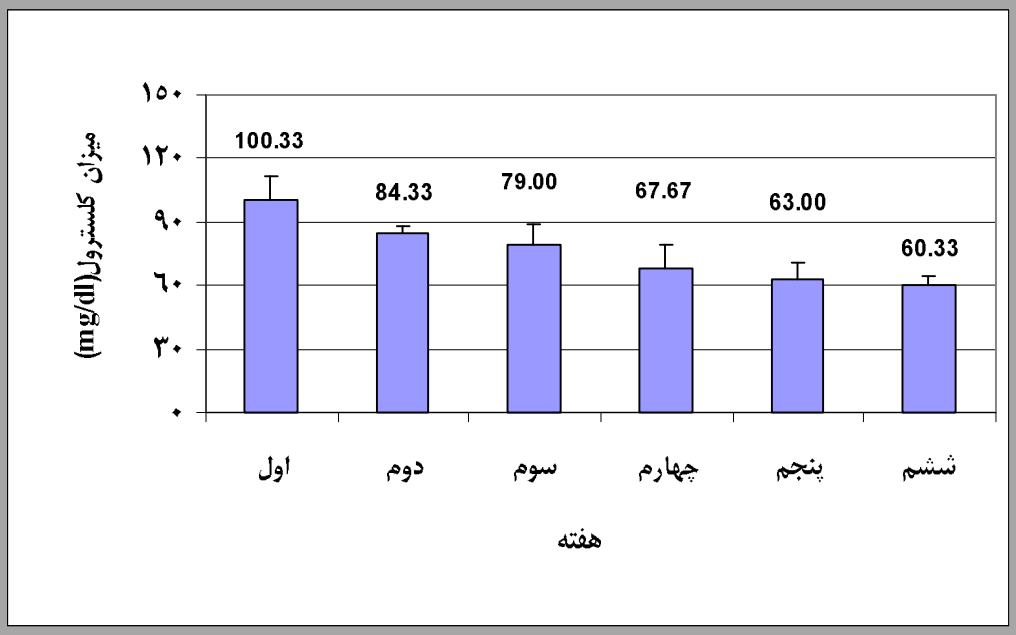
نتایج

با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق مشخص گردید که گرسنگی بر روی فاکتورهای فسفر، آهن، پروتئین، آلبومین، کلسیم، گلوکز، کلسترول و تری‌گلیسرید بررسی شده و در نهایت درصد بازماندگی تاثیر گذار بوده است و بین تیمارهای مورد نظر از این لحاظ این فاکتورها اختلاف معنی داری وجود دارد ($p<0/05$). در نمودارهای ۱ الی ۸ به ترتیب میزان گلوکز، کلسترول، تری‌گلیسرید، کلسیم، آهن، فسفر، پروتئین و آلبومین در طول دوره برای تیمار گرسنگی نشان داده شده است. نتایج نشان‌گر این بود که فاکتورها از هفته اول تا هفته آخر دوره با کاهش و سیر نزولی در اثر گرسنگی مواجه شده‌اند. همین طور درجدول ۱ مقدار نهایی این فاکتورها در هر دو تیمار نشان داده شده است و مقایسه میزان این فاکتورها در انتهای آزمایش (هفته ششم) نشان می‌دهد که بیشترین مقدار این فاکتورها در انتهای دوره متعلق به تیمار غذادهی است. همان‌طور که در نمودارهای ارائه شده و جدول ۱ مشاهده می گردد، نتایج حاصل از این بررسی نشان می دهد که با افزایش طول دوره گرسنگی، بچه ماهیان کپور دچار کاهش میزان درصد

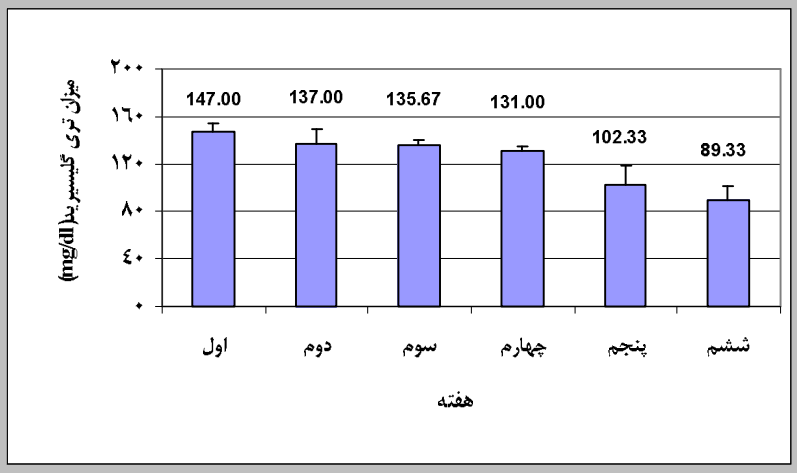
بازماندگی شده و نیز مقادیر برخی از فاکتورهای بیوشیمیایی سرم خون آن‌ها کاهش می یابد.



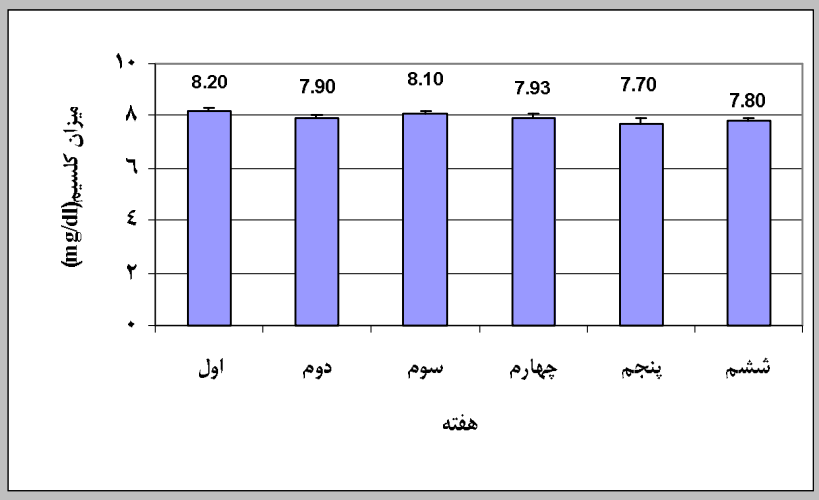
نمودار ۱- میانگین تغییرات گلوکز سرم خون در طول دوره تیمار گرسنگی (میلی‌گرم در دسی لیتر)



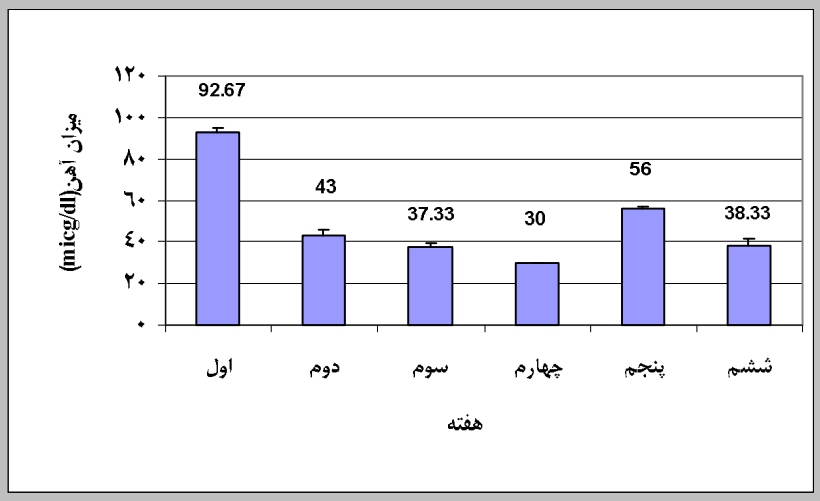
نمودار۲- میانگین تغییرات کلسترول سرم خون در طول دوره در تیمار گرسنگی (میلی‌گرم در دسی لیتر)



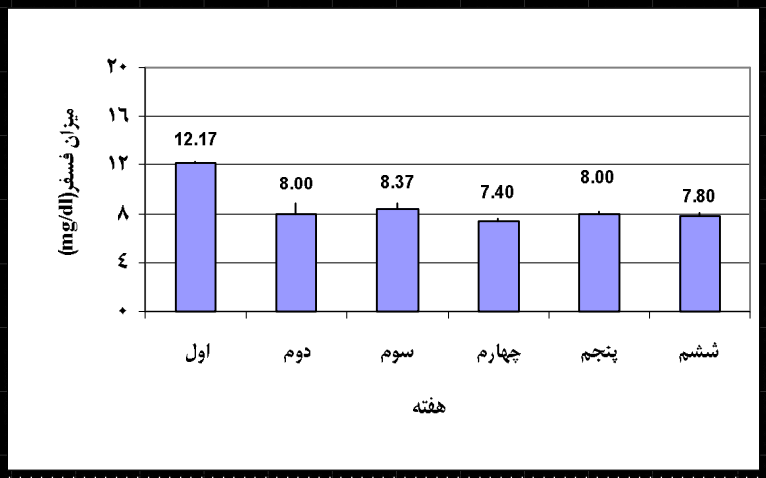
نمودار۳ - میانگین تغییرات تری‌گلیسرید سرم خون درطول دوره در تیمارگرسنگی (میلی‌گرم در دسی لیتر)

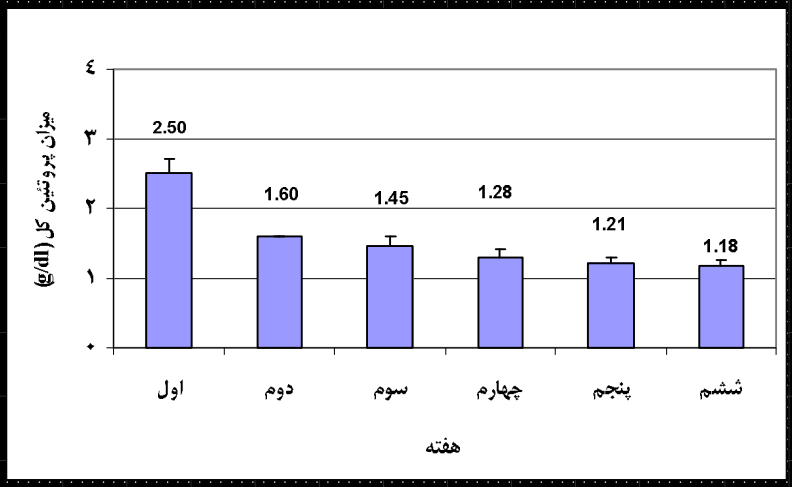


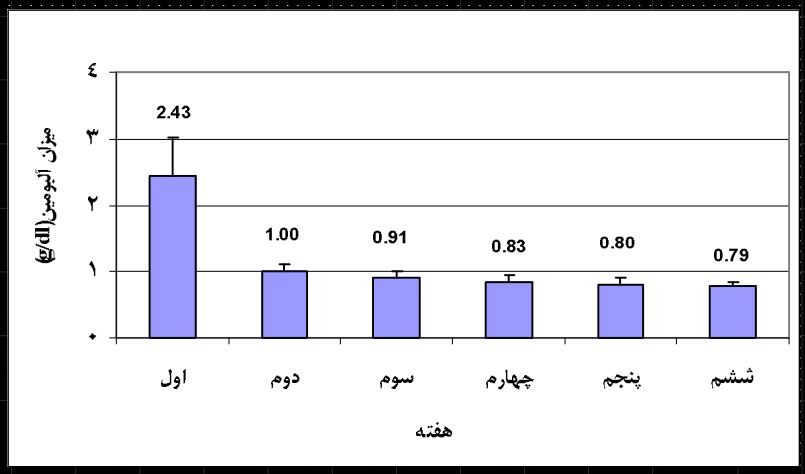
نمودار٤- میانگین تغییرات کلسیم سرم خون در طول دوره در تیمارگرسنگی(میلی‌گرم در دسی لیتر)



نمودار۵- میانگین تغییرات آهن سرم خون درطول دوره در تیمارگرسنگی (میکروگرم در دسی لیتر)


میزان فسفر(mg/dl)
۲۰
۱۶
۱۲
۸
٤
۰
12.17
8.00
8.37
7.40
8.00
7.80
اول
دوم
سوم
چهارم
پنجم
ششم
هفته


میزان پروتئین کل (g/dl)
٤
۳
۲
۱
۰
2.50
1.60
1.45
1.28
1.21
1.18
اول
دوم
سوم
چهارم
پنجم
ششم
هفته


میزان البومین(g/dl)
٤
۳
۲
۱
۰
2.43
1.00
0.91
0.83
0.80
0.79
اول
دوم
سوم
چهارم
پنجم
ششم
هفته

جدول ۱ – مقایسه مقدار فاکتورهای بیوشیمیایی و درصد بازماندگی مورد بررسی در دو گروه آزمایشی در انتهای دوره

فاکتورهای بیوشیمیایی	تیمار ۱ (غذادهی)	تیمار ۲ (گرسنگی)
گلوکز (mg/dl)	۹۰/۷۶ ± ۲/۸۰ ^{b}	۲۹/۳۳ ± ۱/۵۳ ^{a}
کلسترول (mg/dl)	۱۳۵/۳۳ ± ۶/ ۵۱ ^{b}	۶۰/۳۳۸± ۴/۱۶ ^{a}
تری‌گلیسرید (mg/dl)	۲۵۶/۶۷ ± ۲۴/ ۷۹ ^{b}	۸۹/۳۳ ± ۱۲/۲۲ ^{a}
کلسیم (mg/dl)	۹/۵۷ ± ۰/۳۱ ^{b}	۷/۸ ± ۰/۱ ^{a}
فسفر (mg/dl)	۱۶/۲ ± ۰/۳ ^{b}	۷/۸± ۰/۲۶ ^{a}
آهن (micg/dl)	۸۵ ± ۱ ^{b}	۳۸/۳۳ ± ۳/۵۱ ^{a}
پروتئین کل (mg/dl)	۲/۱ ± ۰/۱۵ ^{b}	۱/۱۸ ± ۰/۰۶ ^{a}
آلبومین (g/dl)	۲/۱ ± ۰/۱ ^{b}	۰/۷۹ ± ۰/۰۵ ^{a}
درصد بازماندگی(٪)	۸۸/۳۳ ± ۲/۷ ^{b}	۵۱/۷۶ ±۲ /۷۸۸ ^{a}

حروف لاتین غیر مشترک نشان دهنده معنی دار بودن می باشد($p<۰/۰۵$)

بحث و نتیجه گیری

نتایج بررسی فاکتورهای سرم خون بچه ماهیان کپور نشان داد که گرسنگی در میزان کلسترول، گلوکز، کلسیم، تری‌گلیسرید، فسفر، آلبومین، پروتئین و آهن سرم خون آن‌ها تاثیرگذار است و بین تیمارهای مورد نظر از این لحاظ اختلاف معنی داری وجود دارد ($p<۰/۰۵$). به طوری که افزایش طول دوره گرسنگی باعث کاهش مقدار این فاکتورها در سرم خون و درصد بازماندگی بچه ماهیان کپور می‌گردد. نتایج بررسی‌های محققین دیگر نیز بر روی بچه ماهیان کپور بعد از ۴۲ روز کاهش قند خون را نشان داد که عامل آن استفاده از گلیکوژن کبد و قند خون به عنوان منبع انرژی در زمان گرسنگی می‌باشد که این می‌تواند یکی از دلایل کاهش گلوکز خون در تحقیق جاری باشد(۱۷). از طرف دیگر Larsson و همکاران در سال ۱۹۷۲ اثرات متابولیک گرسنگی را در *anguilla Anguilla* گزارش می‌دهند، که در طی ۹۵ روز گرسنگی مارماهی تمایل به استفاده از تری‌گلیسرید کبد را به عنوان منبع انرژی داشته و کاهش قابل ملاحظه‌ای در گلیکوژن کبد و قند خون را بعد از ۹۵ و ۱۴۵روز در طول دوره‌ی گرسنگی نشان می‌دهند (۱۴) که با نتایج حاصل از این تحقیق هم‌خوانی داشت. نتایج حاصل از این آزمایش در طی دوره گرسنگی در هفته ششم در تیمار گرسنگی نشان می دهد که بر خلاف ماهیان تیمار غذادهی میزان کلسترول و پروتئین خون بچه ماهیان به میزان قابل توجهی با رکود مواجه شده‌اند، تأثیر گرسنگی در این آزمایش بر میزان کلسترول و پروتئین خون معنی‌دار بوده و نوسان‌های زیادی را نشان می‌دهد. درخصوص میزان کلسترول و پروتئین لازم به ذکر است، ماهیانی که ذخیره چربی زیادی نداشته باشند از پروتئین ماهیچه سفید در طول گرسنگی استفاده خواهند کرد (۱۲). با توجه به گونه ماهی و شدت استفاده از ذخایر چربی در دوران گرسنگی گزارش‌های بسیار متفاوتی وجود دارد. بررسی‌های انجام شده بر روی ماهی قزل‌آلای

رنگین‌کمان حاکی از کاهش کلسترول و پروتئین خون در طول دوره‌ی گرسنگی می باشد(۲). ضمن این‌که در مطالعه‌ای دیگر نیز از کاهش میزان پروتئین در اثر گرسنگی در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان گزارش داده شده که این گزارشات با نتایج حاصل از این آزمایش همسو می باشد(۳). هم‌چنین Flavia Sant در سال ۲۰۰۹ تحقیقی را بر روی ماهی *Hoplias malabaricus* انجام داد و گزارش کرد بعد از ۲۴۰ روز سطح پروتئین خون ماهیان با کاهش مواجه شده که این نتیجه با آزمایش حاضر هماهنگ می باشد(۸). کم‌ترین میزان فسفر، آهن و مشاهده شده در ماهیان مورد مطالعه در تیمار گرسنگی در انتهای آزمایش مشاهده شده که با میزان این دو فاکتور در تیمار غذادهی اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($p<۰/۰۵$). همین‌طور میزان کلسیم به آرامی در طول دوره گرسنگی با شیبی ملایم در تیمار گرسنگی کاهش یافته و کم‌ترین مقدار آن در هفته پنجم مشاهده شده که با مقدار آن در تیمار اول اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد ($p<۰/۰۵$). کم‌ترین میزان آلبومین مشاهده شده هم در ماهیان مورد مطالعه در تیمار دوم در هفته ششم حاکی از اختلاف معنی‌دار آن با تیمار اول را بیان می‌کند ($p<۰/۰۵$). به هر حال نتایج این تحقیق نشان می دهد افزایش زمان و طول دوره گرسنگی بر فاکتورهای بیوشیمیایی سرم خون بچه ماهیان کپور موثر بوده و با افزایش طول دوره میزان فاکتورهای فسفر، آهن، پروتئین، آلبومین، کلسیم، گلوکز، کلسترول، تری‌گلیسرید سرم خون و درصد بقای بچه ماهیان کاهش می یابد.

تشکر و قدر دانی

از همکاری جناب آقای مهندس کاربخش و آقای میربازل که در بررسی های آزمایشگاهی کار کمک نمودند نهایت سپاسگزاری و تشکر را داریم.

منابع

۱-آذری تاکامی، ق. ۱۳۶۹. اصول تکثیر و پرورش ماهی، انتشارات روابط عمومی، وزارت کشاورزی، تهران. ۵۸-۷۰.

۲-حاجی مرادی، م.، صوفیانی، ن.، علامه، ک. ۱۳۸۶. اثر گرسنگی بر فاکتورهای مورفولوژیکی و هماتولوژیکی ماهی قزل آلای رنگین کمان، مجله علوم وفنون دریایی. شماره ۳. ص ۳۰-۲۳.

۳-رحمتی، ف.، فلاحتکار، ب.، امیری مقدم، ج.، منیعی، ف. ۱۳۸۸. اثرات دوره های گرسنگی و رشد جبرانی بر فاکتورهای رشد ماهی آزاد دریای خزر، مجموعه چکیده مقالات اولین همایش علمی دانشجویی علوم شیلاتی. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. ص۱۳.

٤-رضوی صیاد، ب. ۱۳۷۴. ماهی سفید، مؤسسه تحقیقات و آموزش شیلات ایران. ص ۳، ۱۴ و ۷۶.

۵-عمادی، ح. ۱۳۶۴. ماهی سفید قربانی ضعف مدیریت، حرص و سنت. ماهنامه آبزیان. شماره هفتم، ص۴۶-۴۰.

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

7.Dutil, J.D., Godbout, G., Blier, P.U., Groman, D. (2006). The effect of energetic condition on growth dynamics and health of atlantic cod *(Gadusmorhua).* J. Applied Ichthyology, 22(2); 138-144.

8.Flavia San, A., Lucélia, D. (2009**).** Effects of food deprivation in muscle structure and composition of traíra (*Hoplias malabaricus*): potential implications on flesh quality. An international journal, 465-471.

9.Girri, S. S., Sahoo, S. K., Sahu. B. B., Sahu, A. K., Mohanty, S. N., Mohanty, P.K. (2002). Larval suvival and growth in wallago attu (block and schneider): Effects of light, photoperiod and feeding regims. Aquaculture, 13; 157-161.

10. Ince, B. W., Thorpe, A. (2005). Glucose and amino acid stimulated insulin release in vivo in European silver eel, *Anguilla anguilla* L.; Gen. Comp. Endocrinol, 31; 249-256.

11. Jezierska, B., Hazel R.J., Gerking, S.D. (1982). Lipid mobilization during starvation in rainbow trout, *Salmo gairdneri.* Richardson, with attention to fatty acids. J. Fish Biol, 21; 681-692.

12. Johnston, I. A. (1981). Quantitative analysis of muscle breakdown during starvation in the marine flatfish *Pleuronectes platessa*. Cell Tissue Res, 214; 369-386.

13. Legar, C. (1981). Effect of prolonged fasting on lipid and fatty acid composition in rainbow trout, *Salmo gairdneri*. Aquaqulture, 25; 195-206.

14. Larsson, A., Lewander, K. (1972). Metabolic effects of starvation in the eel, *Anguilla anguilla.* Comp. Biochem. Physiol, 367-374.

15. McCue, M. D. (2010). Starvation physiology: reviewing the different strategies animals use to survive a common challenge. Comp. Biochem. Physiol, 156 A;1-8.

16. Nagha, M., Ikeda, S. (1971). Carbohydrate metabolism in fish. 1. Effects of starvation anddietary composition on the blood glucose level. New York. USA, P; 120-131.

17. Singer, T. D., Mahadevappa, V. G., Ballantyne, J.S. (1996). Aspects of the energy metabolism of lake sturgeon, *Acipenser fulvescens*, with special emphasis on lipid and ketone body metabolism. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 47; 873–881.