University of Guilan with collaboration of Iranian Aquaculture Society

Aquatic Animals Nutrition

Vol. 7, No. 1, 2021, pages: 57-68

Effects of starvation and feeding strategies on hematological and biochemical indices in Russian sturgeon *Acipenser gueldenstaedtii*

Mahmoud Alizadeh Afshar[1], Hossein Khara[*1], Bahram Falahatkar[2]

1- Department of Fishery, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran

2- Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Guilan, Iran

Received 30 November 2020 Accepted 28 March 2021

KEYWORDS

Russian sturgeon

Feeding

Starvation

Blood factors

ABSTRACT

The effects of feeding strategies on cytological and biochemical indices in juvenile Russian sturgeon were studied. For this, 180 Russian sturgeons (77 ± 0.33 g) were stocked in three treatments with 20 fish in each tank and three replicates. Different feeding strategies including starvation, restricted feeding and feeding to satiation were assessed. At the beginning, middle and at the end of experiment, blood samples were collected to assay the blood indices. The results showed that at the end of the experimental period, starvation caused a significant decrease in the number of white blood cells (WBC) and mean corpuscular volume (MCV; $p<0.05$), while significant elevations were observed in the red blood cell count (RBC), hemoglobin (Hb) and mean corpuscular hemoglobin concentration (MCHC) compared to the other sampling times ($p<0.05$). The results also showed that there is significant difference between starvation and the other groups in case of WBC, RBC and Hct ($p<0.05$) after 8 weeks, while no significant differences were found among treatments in terms of Hb, MCV, MCH and MCHC ($p>0.05$). Moreover, the results exhibited that starvation leads to a significant decrease in the plasma glucose and total protein, while a significant increase in cholesterol and triglycerides compared to the other treatments ($p<0.05$). This study displayed some adverse effects of starvation on hematological and biochemical indices of Russian sturgeon, so that most of hematological and biochemical indices in starvation were significantly different from the other groups. Therefore, this study indicates that Russian sturgeon is unable to acclimate to long-term starvation period and adverse effects of starvation will increase over time.

*Corresponding author: h.khara1974@yahoo.com

دانشگاه گیلان با مشارکت انجمن آبزی‌پروری ایران

تغذیه آبزیان

سال هفتم، شماره یکم، بهار ۱۴۰۰، صفحات ۶۸-۵۷

"مقاله پژوهشی"

اثرات گرسنگی و راهبردهای تغذیه ای بر شاخص‌های خونی و بیوشیمیایی تاسماهی روسی (*Acipenser gueldenstaedtii*)

محمود علیزاده افشار[۱]، حسین خارا[۱]*، بهرام فلاحتکار[۲]

۱- گروه شیلات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

۲- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، گیلان

تاریخ دریافت: ۹۹/۰۹/۱۰ تاریخ پذیرش: ۰۰/۰۱/۰۸

چکیده

در این تحقیق اثر راهبردهای تغذیه‌ای بر شاخص‌های خونی و بیوشیمیایی خون بچه تاسماهی روسی بررسی شد. به این منظور، تعداد ۱۸۰ قطعه تاسماهی روسی (۰/۳۳ ± ۷۷ گرم) در ۳ تیمار و هر یک با ۳ تکرار به تعداد ۲۰ عدد در هر مخزن تقسیم شدند. تیمارها شامل تیمار گرسنگی، غذادهی محدود و تغذیه تاحد سیری بودند. طول دوره تحقیق ۸ هفته بود. در ابتدا، میان دوره و پایان دوره برای بررسی شاخص های خونی نمونه گیری انجام شد. نتایج شاخص‌های خون شناختی نشان داد که اعمال گرسنگی سبب کاهش معنی‌دار مقادیر WBC و MCV و افزایش معنی‌دار مقادیر RBC، Hb و MCHC می‌شود ($p<۰/۰۵$). همچنین، بین تیمار گرسنگی و دیگر تیمارها اختلاف معنی‌داری از نظر شاخص‌های WBC، RBC و Hct وجود داشت ($p<۰/۰۵$). اما شاخص‌های Hb، MCV، MCH و MCHC با دیگر تیمارها اختلافات معنی‌داری نداشتند ($p>۰/۰۵$). نتایج حاصل نشان داد که اعمال راهبردهای مختلف تغذیه‌ای، کاهش معنی‌داری را در شاخص‌های بیوشیمیایی پلاسما شامل گلوکز و پروتئین کل و همچنین افزایش معنی‌داری در شاخص‌های کلسترول و تری‌گلیسرید پلاسمای خون در تیمار گرسنگی نسبت به دیگر تیمارها ایجاد می‌کند ($p<۰/۰۵$). با توجه به نتایج، دوره های گرسنگی اثرات نامطلوبی بر روی شاخص‌های خونی داشت. می‌توان بیان کرد که تاسماهی روسی نتوانسته با دوره های گرسنگی طولانی سازش پیدا کند و با افزایش طول دوره گرسنگی اثرات منفی آن بیشتر می شود.

کلمات کلیدی

تاسماهی روسی

تغذیه

گرسنگی

شاخص‌های خونی

نویسنده مسئول: h.khara1974@yahoo.com

مقدمه

در محیط‌های طبیعی و آبزی‌پروری، ماهیان دوره‌های محرومیت و محدودیت غذایی را تجربه می‌کنند (Barcellos et al. 2010). گرسنگی ممکن است به علت محدودیت منابع غذایی، مهاجرت، تغییرات آب و هوایی و در طول مرحله‌های مشخصی از چرخه تولیدمثلی در جمعیت‌های وحشی رخ دهد (Davis and Gaylord, 2011). علاوه بر این، در آبزی‌پروری نیز ممکن است ماهیان، گرسنگی را در دمای بالا و پایین و در مواقع شیوع بیماری و درمان (Falahatkar et al. 2012)، طول دوره‌های قبل از صید، حمل و نقل و همچنین در اثر برخی آزمایش‌های تغذیه‌ای تجربه کنند (Barcellos et al. 2010). بسیاری از گونه‌های ماهی دوره‌های بلندمدت گرسنگی را در طبیعت تحمل می‌کنند. علاوه بر این، الگوی کاهش منابع انرژی در اندام‌های مختلف و بافت‌ها در طی دوره‌های گرسنگی در گونه‌های مختلف متفاوت است.

یکی از شاخص‌های مهم و قابل اطمینان در بررسی وضعیت سلامتی و فیزیولوژی ماهیان، سنجش شاخص‌های خونی است که تحت تأثیر تغذیه و عوامل محیطی قرار می گیرد (Fanouraki et al. 2007). بنابراین، برای مقایسه تأثیر برنامه‌های متفاوت غذایی و گرسنگی بر سلامت بدن و دستگاه دفاعی، می‌توان شاخص‌های خونی را بررسی کرد (Řehulka, 2000). اثرات گرسنگی طولانی روی وزن بدن و بافت‌ها، ترکیبات بدن، همچنین ترکیبات سرم و فعالیت‌های آنزیمی کبدی در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) (Barroso et al. 1993) (Storebakken et al. 1991; Bastorp et al. 1992; و اثرات گرسنگی روی شاخص‌های خون‌شناختی و بیوشیمیایی خون ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (شاهسونی و همکاران، ۱۳۸۰ و محبوبی صوفیانی و همکاران، ۱۳۸۹) و دیگر ماهیان استخوانی (رحمتی و همکاران، ۱۳۸۹؛ Ali et al. 2003) به‌خوبی مطالعه شده است. در مورد تأثیر رژیم‌های متفاوت تغذیه‌ای و اعمال گرسنگی در تاسماهیان اطلاعات بسیار محدودی وجود دارد. اثرات کوتاه‌مدت گرسنگی (۲ تا ۸ روز) روی شاخص‌های خونی در تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) و فیل ماهی (*Huso huso*) مورد بررسی است (مرشدی و همکاران، ۱۳۸۹، مرشدی و همکاران، ۱۳۹۰). علاوه بر این، برخی مطالعات روی تاسماهی سفید (*A. transmontanus*) (Hung et al. 1997)، تاسماهی چینی (*A. sinensis*) (Liu et al. 2011)، فیل ماهی (Falahatkar et al. 2012) و تاسماهی ایرانی (*A. persicus*) (Yarmohammadi et al. 2012) انجام شده که اثرات گرسنگی را روی بعضی فراسنجه‌های ریختی-فیزیولوژیک نشان داده است.

گرسنگی در ماهیان تبعات متفاوتی دارد و ممکن است از چند هفته تا چندین ماه ادامه یابد و منجر به کاهش شدید ذخایر انرژی بدن ماهی و تحلیل بافت‌ها شود (Dutil et al. 2006). اما به طورکلی، ماهیان پس از گرسنگی در سوخت‌وساز بدن و به‌خصوص در ذخایر انرژی خود تغییراتی داده (Rueda et al. 1998; Takahashi et al. 2011) و برای جبران نیازهای سوخت‌وسازی و تأمین انرژی، مکانیسم‌های رفتاری، فیزیولوژیک و ساختاری متفاوتی از خود بروز می‌دهند (Yarmohammadi et al. 2012).

با توجه به اینکه برنامه‌های مختلف تغذیه‌ای بر روند فیزیولوژیک بدن اثرات متنوعی دارد، شناخت برخی از این اثرات برای ایجاد ارتباط منطقی بین این تغییرات و برنامه‌های غذادهی مطلوب، کمک شایان توجهی می‌کند. بنابراین، آگاهی از شرایط فیزیولوژیک و زیستی ماهیان و تعیین قدرت سازگاری آنها با شرایط پرورشی و برنامه‌های مختلف غذادهی می‌تواند به موفقیت آبزی‌پروری کمک شایانی کند. بر این اساس، در مطالعه حاضر تبعات مختلف راهبردهای تغذیه‌ای اعمال شده (تغذیه در حد سیری، تغذیه محدود و گرسنگی) بر شاخص‌های خونی، گلبولی و شاخص‌های بیوشیمیایی پلاسمای خون بچه تاسماهیان روس به مدت ۸ هفته در شرایط آب و هوایی ایران سنجیده شد.

مواد و روش‌ها

ماهی و شرایط پرورش

مطالعه حاضر بر روی بچه تاسماهی روسی (*A. gueldenstaedtii*) با میانگین وزنی (± خطای استاندارد) ۰/۳۳ ± ۷۷ گرم در پاییز ۱۳۹۱ در مرکز تکثیر و بازسازی

ذخایر ماهیان خاویاری شهید دکتر بهشتی (سد سنگر، گیلان) انجام شد. قبل از شروع آزمایش، در ابتدا تعداد ۱۸۰ قطعه تاسماهی روسی انتخاب و از لحاظ وزن، درازا، سلامتی و وضع ظاهری بررسی شدند. سپس به مدت ۱۰ روز با شرایط آزمایش سازگار شدند. در این مدت، بچه ماهیان توسط پلت فرموله شده (۴۰٪ پروتئین، ۲۰٪ چربی، ۶٪ کربوهیدرات، ۱۰٪ رطوبت، ۷٪ خاکستر و ۱/۵٪ فسفر) شرکت اسکرتینگ (ورونا، ایتالیا) با اندازه ۳ میلی‌متر در چهار وعده تا حد سیری تغذیه شدند و پس از رسیدن به میانگین وزنی ۰/۳۳ ± ۷۷ گرم، در مخازن ۱۰۰۰ لیتری به تعداد ۲۰ عدد در هر مخزن توزیع شدند. ماهی‌ها در تراکم کم و در کمترین حد استرس در مدت آزمایش، بررسی شدند.

آب مورد نیاز از آب سفیدرود (پس از عبور از صافی شنی) و آب چاه تأمین شد. شاخص‌های کیفی آب شامل آمونیاک، نیترات و نیتریت هر هفته یک بار و شاخص‌های فیزیکوشیمیایی آب شامل اکسیژن و درجه حرارت روزانه اندازه گیری شد. در طول آزمایش دبی آب ورودی به مخازن پرورشی به طور متوسط ۰/۲ ± ۱۳/۹ لیتر در هر دقیقه بود. میانگین دمای آب در طول دوره ۰/۹ ± ۱۹/۱ سانتی‌گراد، اکسیژن محلول ۰/۲ ± ۶/۸ میلی‌گرم در لیتر و pH آب ۷/۵ تا ۷/۸ بود. میزان نیتریت، نیترات و آمونیاک با توجه به باز بودن روش پرورش در کمترین حد ممکن بود.

طراحی آزمایش

طرح کلی این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی (Completely Randomized Design) انجام شد. برای بررسی تأثیر برنامه‌های مختلف غذادهی بر میزان رشد و شاخص‌های خونی، ۹ مخزن با ۳ تیمار و ۳ تکرار در نظر گرفته شد و تراکم ذخیره‌سازی، ۲۰ عدد ماهی در هر مخزن بود. ماهی‌ها در سه تیمار گرسنگی، غذادهی محدود و تغذیه در حد سیری و در شرایط نوری ۱۳ ساعت روشنایی و ۱۱ ساعت تاریکی به مدت ۸ هفته نگهداری شدند.

غذا و تغذیه

با توجه به اندازه ماهیان، غذادهی برای تیمار تغذیه محدود روزانه به میزان ۱٪ توده زنده (Falahatkar et al. 2012) و برای تیمار تغذیه، در طول غذادهی مقدار کمی غذا هر چند دقیقه یک بار به هر مخزن اضافه می‌شد و این‌کار تا زمانی که ماهی‌ها سیر شده و دیگر هیچ غذایی نخورند، ادامه می‌یافت. غذادهی به صورت دستی و در چهار نوبت (در ساعت های ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰) انجام شد. میزان غذای مصرفی روزانه با توزین غذای داده شده و کسر غذای خورده نشده درون مخازن محاسبه شد (البته غذای خورده نشده با توجه به اینکه غذادهی در هر مرتبه به میزان کم و در چندین مرحله انجام می‌شد، بسیار ناچیز بود). هر روز قبل از غذادهی آب مخازن از کف تعویض و سیفون می‌شد تا فضولات از محیط پرورش خارج شود. برای تیمار گرسنگی، به مدت ۸ هفته هیچ غذادهی انجام نشد و برای جلوگیری از ورود ناخواسته غذاهای زنده مانند نوزاد حشرات، دافنی، گاماروس و غیره، ورودی آب رودخانه بعد از عبور از صافی توری وارد مخازن آزمایشی شد.

نمونه برداری

در ابتدا، میان دوره (پس از ۴ هفته) و پایان دوره (پس از ۸ هفته) پرورش و گذشت ۲۴ ساعت از زمان قطع تغذیه و اطمینان کامل از دفع محتویات لوله گوارش در هر مرحله، ۳۶ عدد ماهی (۴ عدد به ازای هر تکرار) صید شده و عملیات خون‌گیری از سیاهرگ دمی واقع در پشت باله مخرجی تاسماهی روسی پرورشی انجام شد. برای انجام مطالعات خون‌شناختی از سرنگ‌های هپارینه با حجم ۲ میلی‌لیتر استفاده شد. بعد از گرفتن حدود ۲ میلی‌لیتر خون، مقدار ۰/۵ میلی‌لیتر خون به داخل لوله‌های اپندورف آغشته به ماده ضد انعقاد (هپارین) شماره‌گذاری شده برای مطالعات شاخص‌های خونی ریخته و ۱ میلی‌لیتر نیز به داخل لوله‌های اپندورف غیرهپارینه شماره‌گذاری‌شده منتقل شد. نمونه‌ها در یک کلمن حاوی یخ خشک و به دور از تکان‌های شدید به آزمایشگاه خون‌شناسی برای بررسی شاخص‌های خونی ارسال شد.

جهت انجام مطالعات سرم شناسی، خون موجود در لوله-های اپندورف فاقد ماده ضد انعقاد هپارین توسط سانتریفوژ (مدل Labofuge ساخت شرکت Heraeus sepatch آلمان) با دور ۳۰۰۰ در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ

شده، سرم جدا و با سمپلر در اپندورف‌های تازه ریخته و در دمای ۷۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

شاخص‌های خونی

شاخص‌های خونی شامل مقادیر تعداد گلبول‌های قرمز (RBC) و سفید (WBC) به وسیله لام هموسیتومتر نئوبار، هموگلوبین به‌وسیله کیت مخصوص شرکت پارس آزمون (کرج، ایران) به‌روش کلرومتریک با طول موج ۵۴۰ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر Technicon آمریکا و درصد هماتوکریت با سانتریفیوژ میکروهماتوکریت اندازه‌گیری شد. شاخص‌های گلبول قرمز (MCV، MCH و MCHC) با روابط زیر محاسبه شد (Klontz, 1994):

$$MCV_{(fl)} = (Ht/RBC) \times 10$$
$$MCH_{(pg/cell)} = (Hb/RBC) \times 10$$
$$MCHC_{(\%)} = (Hb/Ht) \times 100$$

شاخص های بیوشیمیایی

شاخص‌های بیوشیمیایی خون شامل گلوکز، کلسترول، تری گلیسرید و پروتئین کل با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی شرکت پارس آزمون و به روش اسپکتروفتومتری اندازه‌گیری شدند (Kubokawa et al. 1999; Lister et al. 2008).

تجزیه و تحلیل داده ها

برای بررسی توزیع نرمال داده‌ها در گروه‌ها و تکرارها از آزمون Kolmogorov- Smirnov استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه (One-Way ANOVA) و برای بررسی اثرات متقابل از آزمون آنالیز واریانس دو طرفه (Two-Way ANOVA) استفاده شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه دانکن در سطح اطمینان ۹۵٪ استفاده شد. تمامی سنجش‌های آماری توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۷ (Chicago, USA) و برای رسم نمودارها از نرم افزار اکسل ۲۰۰۷ استفاده شد.

نتایج

شاخص‌های خونی

اثرات اعمال برنامه‌های مختلف تغذیه‌ای (گرسنگی، تغذیه محدود و تغذیه در حد سیری) بر شاخص‌های خونی در جدول ۱ ارائه شده است. بر اساس نتایج، تعداد WBC ماهیان در تیمار گرسنگی در پایان دوره کاهش معنی‌داری نسبت به ابتدا و میان‌دوره نشان داده است ($p<۰/۰۵$). همچنین، تعداد WBC بین تیمار گرسنگی با تیمارهای تغذیه محدود و تغذیه در حد سیری در پایان دوره اختلاف معنی‌داری داشت ($p<۰/۰۵$)، اما بین تیمار تغذیه در حد سیری با تیمار تغذیه محدود هیچ اختلاف معنی‌داری آشکار نشد ($p>۰/۰۵$). تعداد RBC ماهیان در تیمار گرسنگی با تیمار تغذیه محدود در میان دوره و همچنین RBC ماهیان در تیمار تغذیه محدود با تیمار تغذیه در حد سیری در پایان دوره اختلاف معنی‌داری نشان داد ($p<۰/۰۵$). در تیمار گرسنگی و تیمار تغذیه محدود تعداد RBC در میانه و پایان دوره نسبت به ابتدای دوره اختلاف معنی‌داری داشت ($p<۰/۰۵$). در تیمار تغذیه در حد سیری نیز در دوره‌های مختلف زمانی RBC اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($p<۰/۰۵$). نتایج حاصل از اندازه‌گیری هماتوکریت نشان داد که اعمال رژیم‌های غذایی، سبب ایجاد اختلاف معنی‌دار در تیمار گرسنگی با تیمارهای تغذیه محدود و تغذیه در حد سیری می شود ($p<۰/۰۵$)، اما میزان هماتوکریت خون بین تیمار تغذیه محدود و تیمار تغذیه در حد سیری و همچنین در تیمارهای مختلف در طول دوره اختلاف معنی‌داری نداشت ($p>۰/۰۵$). کمترین مقدار هماتوکریت در تیمار گرسنگی و بیشترین در تیمار تغذیه در حد سیری اندازه‌گیری شد. میزان هموگلوبین خون در تیمار تغذیه محدود با تیمار تغذیه در حد سیری در پایان دوره اختلاف معنی‌دار داشت ($p<۰/۰۵$). در تیمارهای گرسنگی و تغذیه محدود نیز اختلاف معنی‌دار در میان و پایان دوره نسبت به ابتدای دوره مشاهده شد ($p<۰/۰۵$)، اما در تیمار تغذیه در حد سیری در طول دوره هیچ اختلافی مشاهده نشد ($p<۰/۰۵$). نتایج MCV اختلاف معنی‌داری را بین تیمارهای مختلف نشان نداد ($p>۰/۰۵$). این در حالی بود که در تیمار گرسنگی و در سه دوره زمانی ابتدا، میان و انتهای دوره کاهش معنی‌داری در شاخص MCV مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). همچنین، در تیمار تغذیه محدود از نظر میزان MCV در میان‌دوره نسبت

به ابتدا و پایان دوره اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (p<۰/۰۵). در تیمار تغذیه در حد سیری در میان و پایان، نسبت به شروع دوره اختلافات معنی‌دار مشاهده شد (p<۰/۰۵). هیچ اختلاف معنی‌داری در بین تیمارها در طول دوره و بین تیمارهای مختلف از نظر میزان شاخص MCH مشاهده نشد (p>۰/۰۵). اعمال گرسنگی در سه دوره زمانی ابتدا، میان و پایان دوره افزایش معنی‌داری از نظر میزان MCHC خون در پی داشت (p<۰/۰۵)، اما اعمال برنامه‌های مختلف غذایی در تیمارهای تغذیه محدود و تغذیه در حد سیری نسبت به طول دوره، همچنین در بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی داری ایجاد نکرد (p>۰/۰۵).

جدول ۱ اثرات برنامه های مختلف غذایی بر شاخص‌های خونی بچه‌تاسماهی روسی پس از ۵۶ روز.

شاخص	تیمارها	اول دوره (شروع)	میانه دوره (روز ۲۸)	پایان دوره (روز ۵۶)
تعداد گلبول سفید	گرسنه	۸۶۷۰ ± ۱۹۶/۲۴^{A}	۷۸۵۰ ± ۱۴۰/۰۷^{AB}	۴۰۵۸/۳۳ ± ۲۰۰/۹۲^{bC}
	تغذیه محدود	۸۶۷۰ ± ۱۹۶/۲۴	۷۹۲۵ ± ۲۶۰/۸۶	۸۰۶۶/۶۶ ± ۲۹۰/۳۳^{a}
	تغذیه کامل	۸۶۷۰ ± ۱۹۶/۲۴	۷۸۴۱/۶۷ ± ۲۹۷/۵۸	۷۶۲۵ ± ۵۵۲/۶۹^{a}
تعداد گلبول قرمز	گرسنه	۷۰۹۵۰۰ ± ۳۳۵۴۸/۰۳^{B}	۹۲۶۲۵۰ ± ۵۷۲۱۵/۹۸^{a,A}	۸۹۱۸۳۳/۳ ± ۳۸۲۶۱/۲۳^{ab,A}
	تغذیه محدود	۷۰۹۵۰۰ ± ۳۳۵۴۸/۰۳^{B}	۸۰۲۰۰۰ ± ۲۵۸۷۹/۶۷^{b,A}	۸۰۸۸۳۳/۳ ± ۲۶۵۰۳/۵۳^{b,A}
	تغذیه کامل	۷۰۹۵۰۰ ± ۳۳۵۴۸/۰۳^{C}	۸۱۵۵۰۰ ± ۳۰۸۱۴/۳۳^{ab,B}	۹۳۸۷۵۰ ± ۳۰۷۴۹/۰۱^{a,A}
هماتوکریت (٪)	گرسنه	۲۹/۲ ± ۱/۳۸^{b}	۳۴/۸۳ ± ۲/۲۴^{a}	۲۹/۵ ± ۱/۳۹^{b}
	تغذیه محدود	۲۹/۲ ± ۱/۳۸^{b}	۲۹/۸۳ ± ۱/۲۶^{b}	۳۳/۴۱ ± ۰/۹۹^{a}
	تغذیه کامل	۲۹/۲ ± ۱/۳۸^{b}	۳۱/۲۵ ± ۱/۵۴^{b}	۳۴/۸۳ ± ۱/۱۳^{a}
هموگلوبین (g/dL)	گرسنه	۵/۸۸ ± ۰/۲۹^{B}	۷/۶۴ ± ۰/۴۱^{A}	۷/۴۸ ± ۰/۳۴^{A,ab}
	تغذیه محدود	۵/۸۸ ± ۰/۲۹^{B}	۶/۷۷ ± ۰/۲۱^{A}	۶/۷۳ ± ۰/۲۱^{b,A}
	تغذیه کامل	۵/۸۸ ± ۰/۲۹	۶/۹۲ ± ۰/۲۵	۷/۸۲ ± ۰/۲۶^{a}
MCV (fl)	گرسنه	۴۱۱/۵ ± ۳/۴۸^{A}	۳۷۷/۵ ± ۱۱/۶۹^{B}	۳۲۹/۵ ± ۳/۱۸^{C}
	تغذیه محدود	۴۱۱/۵ ± ۳/۴۸^{A}	۳۷۳/۱۶ ± ۱۴/۵۰^{B}	۴۱۳/۲۵ ± ۲/۱۰^{A}
	تغذیه کامل	۴۱۱/۵ ± ۳/۴۸^{A}	۳۸۲ ± ۹/۷۱^{B}	۳۷۱/۰۸ ± ۱/۴۳^{B}
MCH (pg/cell)	گرسنه	۸۲/۷ ± ۰/۳۷	۸۲/۶۷ ± ۰/۸۱	۸۳/۳۳ ± ۰/۴۱
	تغذیه محدود	۸۲/۷ ± ۰/۳۷	۸۴/۲۵ ± ۰/۱۷	۸۲/۹۲ ± ۰/۱۹
	تغذیه کامل	۸۲/۷ ± ۰/۳۷	۸۴/۸۳ ± ۰/۳۲	۸۳/۰۸ ± ۰/۲۲
MCHC (٪)	گرسنه	۲۰ ± ۰/۱۵^{C}	۲۲/۰۸ ± ۰/۷۴^{B}	۲۵ ± ۰/۱۷^{A}
	تغذیه محدود	۲۰ ± ۰/۱۵	۲۲/۸۳ ± ۰/۹۴	۱۹/۷۵ ± ۰/۱۳
	تغذیه کامل	۲۰ ± ۰/۱۵	۲۲/۱۶ ± ۰/۶۷	۲۱/۹۱ ± ۰/۰۸

حروف بزرگ متفاوت در هر ردیف نشانه وجود اختلاف معنی دار در هر تیمار در طول دوره و حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشانه وجود اختلاف معنی دار بین تیمارهاست (p<۰/۰۵).

شاخص‌های بیوشیمیایی

اثرات اعمال رژیم‌های مختلف تغذیه‌ای (گرسنگی، تغذیه محدود و تغذیه در حد سیری) بر شاخص‌های بیوشیمیایی خون در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد بین تیمارهای مختلف در پایان دوره اختلاف معنی‌داری به لحاظ میزان گلوکز خون وجود دارد (p<۰/۰۵)، اما در میان‌دوره بین تیمارها اختلاف مشاهده نشد (p>۰/۰۵). در تیمار گرسنگی پس از ۸ هفته، اختلاف معنی‌داری با ابتدا و میان دوره مشاهده شد (p<۰/۰۵). در تیمار تغذیه محدود در سه دوره زمانی اختلافات معنی دار بود (p<۰/۰۵). در تیمار تغذیه

در حد سیری نیز در میان و انتهای دوره، میزان گلوکز خون نسبت به شروع دوره کاهش معنی‌داری داشت ($p<۰/۰۵$). سطوح کلسترول خون در تیمارهای مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری بین تیمار گرسنگی با دیگر تیمارها در پایان دوره به نمایش گذاشت ($p<۰/۰۵$)، اما بین تیمارها در میان دوره اختلافی مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). در تیمارهای تغذیه محدود و تغذیه در حد سیری در میان و پایان دوره نسبت به ابتدای دوره اختلاف معنی دار مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). میزان تری‌گلیسرید خون ماهیان پس از ۵۶ روز اعمال رژیم‌های غذایی مختلف در پایان دوره، بین تیمارها اختلاف معنی‌داری را به نمایش گذاشت ($p<۰/۰۵$). در تیمار گرسنگی در سه دوره زمانی و در تیمار تغذیه در حد سیری نیز در پایان دوره نسبت به شروع و میان‌دوره اختلافات معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$). در تیمار تغذیه محدود در طول دوره میزان تری‌گلیسرید خون دارای تغییر معنی‌داری نبود ($p>۰/۰۵$). میزان پروتئین کل خون در میان‌دوره بین تیمارهای تغذیه محدود با تیمار تغذیه در حد سیری و در پایان دوره، بین تیمار تغذیه محدود با تیمار گرسنگی اختلاف معنی‌داری داشت ($p<۰/۰۵$). همچنین، نتایج نشان داد پس از ۸ هفته اعمال رژیم غذایی مختلف در ماهیان از نظر میزان پروتئین کل خون در تیمار تغذیه محدود در سه دوره زمانی و در تیمار تغذیه در حد سیری در پایان دوره با میان‌دوره اختلاف معنی‌داری دارد ($p<۰/۰۵$).

جدول ۲ اثرات برنامه های مختلف غذایی بر شاخص‌های بیوشیمیایی خون بچه تاسماهی روسی پس از ۵۶ روز.

شاخص	تیمارها	اول دوره (شروع)	میانه دوره (روز ۲۸)	پایان دوره (روز ۵۶)
گلوکز (mg/dL)	گرسنه	۲۱۲/۷۴ ± ۱۴/۸۵^{A}	۲۱۰/۱۷ ± ۲۷/۷۲^{A}	۶۰/۵۷ ± ۶/۲۷^{c,B}
	تغذیه محدود	۲۱۲/۷۴ ± ۱۴/۸۵^{A}	۱۷۷/۸۶ ± ۱۲/۶۵^{B}	۱۱۰/۷۵ ± ۱۲/۶۴^{b,C}
	تغذیه کامل	۲۱۲/۷۴ ± ۱۴/۸۵^{A}	۱۵۷/۵۷ ± ۱/۴۴^{B}	۱۴۴/۱۷ ± ۷/۵۶^{a,B}
کلسترول (mg/dL)	گرسنه	۱۸۱/۶ ± ۱۲/۶۶	۱۶۱/۷۵ ± ۲۱/۹۶	۲۴۱/۷۵ ± ۶۲/۷۶^{a}
	تغذیه محدود	۱۸۱/۶ ± ۱۲/۶۶^{A}	۱۱۱/۱۷ ± ۱۳/۷۷^{B}	۱۰۱/۶۷ ± ۱۲/۸۸^{b,B}
	تغذیه کامل	۱۸۱/۶ ± ۱۲/۶۶^{A}	۱۰۴/۸۳ ± ۲۰/۷۴^{B}	۱۱۶/۰۷ ± ۱۱/۵۶^{b,B}
تری‌گلیسرید (mg/dL)	گرسنه	۶۲۷/۷ ± ۴۴/۰۸^{C}	۹۵۳/۳۱ ± ۱۳۱/۸۰^{B}	۱۲۲۸/۹۸ ± ۱۳۱/۶۹^{a,A}
	تغذیه محدود	۶۲۷/۷ ± ۴۴/۰۸	۶۵۳/۷۲ ± ۷۸/۷۴	۶۲۵/۳۶ ± ۵۵/۰۷^{c}
	تغذیه کامل	۶۲۷/۷ ± ۴۴/۰۸^{B}	۶۵۵/۴۹ ± ۱۰۹/۲۲^{B}	۹۳۷/۹۹ ± ۹۲/۱۵^{b,A}
پروتئین کل (mg/dL)	گرسنه	۸/۳۳ ± ۰/۵۵	۹/۰۲ ± ۱/۳۲^{ab}	۶/۱۲ ± ۰/۴۲^{a}
	تغذیه محدود	۸/۳۳ ± ۰/۵۵^{A}	۶/۳۲ ± ۰/۶۹^{b,B}	۴/۰۷ ± ۰/۴۶^{b,C}
	تغذیه کامل	۸/۳۳ ± ۰/۵۵	۹/۸۷ ± ۰/۹۷^{a}	۵/۰۳ ± ۰/۴۷^{ab}

حروف بزرگ متفاوت در هر ردیف نشانه وجود اختلاف معنی دار در هر تیمار در طول دوره و حروف کوچک متفاوت در هر ستون نشانه وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست ($p<۰/۰۵$).

بحث

شاخص‌های خونی

خون به‌عنوان یک بافت حیاتی سیال، یکی از عوامل مهم و مناسب برای تعیین وضعیت فیزیولوژیک موجودات زنده است (شاهسونی و همکاران، ۱۳۸۰). نتایج تحقیق حاضر نشان داد اعمال گرسنگی موجب تغییرات قابل توجهی در شاخص‌های اصلی خونی تاسماهی روسی شد. به‌خصوص این تغییرات در مقادیر WBC، RBC، Hb، Hct، MCV و MCHC به وضوح مشاهده شد، به نحوی که اعمال گرسنگی سبب کاهش معنی‌داری در مقادیر WBC و MCV شد. از طرفی، اعمال گرسنگی باعث افزایش معنی‌داری در مقادیر RBC، Hb و MCHC شد. همچنین، میزان شاخص MCH اگرچه افزایش نشان داد، اما از نظر آماری در پایان دوره در تیمار گرسنگی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

بیماری‌ها، التهاب، استرس، دما، وضعیت تغذیه‌ای (Bilinski and Gardner, 1968)، سن و جنس (کامگار و همکاران، ۱۳۷۸) می‌توانند بر تعداد گلبول‌های سفید تأثیرگذار باشند. در مطالعه حاضر تعداد گلبول‌های سفید با طولانی‌تر شدن دوره گرسنگی روند کاهشی معنی‌داری را نشان داد. مرشدی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که دوره‌های گرسنگی کوتاه‌مدت باعث کاهش تعداد گلبول‌های سفید تاسماهی سیبری می‌شود. همچنین، مرشدی و همکاران (۱۳۹۰) طی مطالعه‌ای که اثر گرسنگی را در بچه فیل ماهی بررسی کردند، اعلام داشتند که با طولانی‌تر شدن دوره گرسنگی، میزان گلبول‌های سفید کاهش پیدا می‌کند. Johansson-Sjobeck و همکاران (۱۹۷۴) دلیل کاهش تعداد گلبول‌های سفید را به ظرفیت آسیب‌دیده دستگاه دفاعی بدن در طول دوره‌های گرسنگی نسبت دادند. در واقع، یک ارتباط مستقیم بین مقاومت به بیماری و شرایط غذایی خوب وجود دارد، زیرا پدیده گرسنگی باعث کاهش گلبول‌های سفیدی می‌شود که در فرآیند ایمنی نقش دارند (Runtin, 2007). بنابراین، در مطالعه حاضر با توجه به معنی‌دار بودن اختلاف بین تیمارها، می‌توان نتیجه گرفت که دوره‌های گرسنگی در تاسماهی روسی سطح ایمنی بدن را پایین آورده و مقاومت ماهی را در برابر بیماری در طی دوره گرسنگی کاهش می‌دهد.

نتایج این مطالعه نشان داد که تعداد گلبول‌های قرمز خون ماهیان در اثر اعمال راهبردهای مختلف تغذیه‌ای دارای اثرات متفاوت است. در تیمار گرسنگی پس از ۲۸ روز، یعنی در میان‌دوره، تعداد گلبول‌های قرمز خون افزایش معنی‌داری نسبت به شروع دوره پیدا کرد و در روز ۵۶ مجدداً کاهش یافت، اما این کاهش تعداد در پایان دوره، به تعداد در شروع دوره نرسید و در مجموع، افزایش معنی‌داری نسبت به ابتدای دوره داشت. بین تیمار تغذیه محدود با تغذیه در حد سیری، در انتهای دوره و با تیمار گرسنگی در میان‌دوره اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. نتایج حاضر، با نتایج دیگر تحقیقات انجام شده ناهم‌سو است، زیرا تعداد گلبول‌های قرمز می‌تواند تأثیرات معنی‌داری بر توازن کل بدن داشته باشد. بنابراین، وقتی که ماهی فعالیت کمتری دارد، تعداد گلبول قرمز زیادی مورد نیاز نیست و تعداد آنها رو به کاهش می‌گذارد (ستاری، ۱۳۸۹). مرشدی و همکاران (۱۳۹۰) نیز گزارش کردند که تعداد گلبول‌های قرمز خون بچه فیل‌ماهی در دوره‌های مختلف گرسنگی تفاوت معنی‌داری با هم ندارد.

با توجه به نتایج تحقیق حاضر، غلظت هموگلوبین خون به همراه شاخص‌های MCH و MCHC با افزایش دوره‌های گرسنگی افزایش نشان داد که بیان‌گر این است که با افزایش دوره‌های گرسنگی و به طبع آن، افزایش استرس وارده به ماهی، غلظت هموگلوبین بالا می‌رود. این مسئله می‌تواند علت افزایش هموگلوبین را توجیه کند. تحقیقات انجام شده توسط Pearson و Steven (۱۹۹۱) بیان‌گر افزایش غلظت هموگلوبین در طول دوره گرسنگی است که می‌تواند به دلیل کاهش حجم پلاسمای خون و آزاد شدن تعداد بیشتر گلبول‌های قرمز از بافت‌های خون‌ساز باشد. در اثر گرسنگی، متابولیت‌های خون مانند گلوکز و یون‌ها (Hung et al. 1997) کاهش می‌یابد. بنابراین، فشار اسمزی خون کاهش یافته و مقدار زیادی آب از خون خارج می‌شود و در نتیجه، خون غلیظ‌تر می‌شود و این امر باعث افزایش غلظت هموگلوبین خون می‌شود.

عوامل مختلفی در طول دوره استرس بر میزان هماتوکریت می‌تواند تأثیرگذار باشد، مانند تغییر پلاسما، تغییر حجم گلبول‌های قرمز و کاهش یا افزایش تولید گلبول‌های قرمز توسط بافت‌های خون‌ساز (Witters, 1990; Pearson and Stevens, 1991). مقادیر هماتوکریت کاملاً به موازات مقادیر و تعداد گلبول‌های قرمز خون است و مانند هموگلوبین و تعداد گلبول‌های قرمز تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند سن، جنس، نژاد، محیط و غیره قرار دارند (عامری مهابادی، ۱۳۷۸). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که درصد هماتوکریت در تیمار گرسنگی دارای نوسان بود، اما این نوسانات معنی‌دار نبود. در تیمارهای تغذیه محدود و تغذیه در حد سیری، درصد هماتوکریت افزایش معنی‌داری نسبت به تیمار گرسنگی داشت که ناشی از افزایش گلبول‌ها در اثر رشد است. با توجه به اینکه درصد هماتوکریت با افزایش زمان گرسنگی تغییرات معنی‌داری نداشت، علت را می‌توان به توانایی بدن ماهی گرسنه برای تولید گلبول‌های قرمز جدید نسبت داد. مرشدی و همکاران (۱۳۸۹) طی مطالعه بر روی اثر گرسنگی در بچه

تاسماهی سیبری، گزارش کردند که با طولانی‌تر شدن دوره گرسنگی، میزان هماتوکریت کاهش پیدا می‌کند که با نتایج تحقیق حاضر ناهم‌سویی دارد. این در حالی بود که Larsson و Lewander (۱۹۷۳) در مطالعه بر روی مارماهی اروپایی (*Anguilla anguilla*) نشان دادند که گرسنگی بر روی میزان هماتوکریت تأثیر نمی‌گذارد.

شاخص‌های بیوشیمیایی

بر اساس نتایج این تحقیق، میزان گلوکز سرم خون پس از اعمال راهبردهای مختلف تغذیه‌ای در تیمار گرسنگی و تیمار تغذیه محدود در انتهای دوره (۵۶ روز) کاهش معنی‌داری نسبت به شروع دوره پیدا کرد. در تیمار تغذیه در حد سیری، اگرچه روند کاهش میزان گلوکز ادامه داشت، ولی این کاهش نسبت به میان و ابتدای دوره، اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. بین تیمارهای مختلف نیز در انتهای دوره اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. گلوکز از جمله شاخص‌های مهم خونی است که تحت تأثیر عواملی مانند فصل، گونه، سن، مرحله تولیدمثلی، استرس، نحوه تغذیه و غیره قرار می‌گیرد (Wedemeyer et al. 1990). غلظت گلوکز در ماهی ممکن است به میزان زیاد به وضعیت فیزیولوژیک موجود بستگی داشته باشد. همچنین ممکن است در اثر بالا رفتن بعضی از فراسنجه‌های بیوشیمیایی در پلاسما، مقادیر گلوکز افزایش یا کاهش یابد و یا بدون تغییر و ثابت باقی بماند. افزایش گلوکز خون در اثر برخی محرک‌ها مانند گرسنگی و تغییر درجه حرارت آب به‌وجود می‌آید. این عمل با فعال شدن کورتیزول و گلیکوژن و فسفریلاز و تأثیر آن در کبد انجام می‌شود. نکته مهم این است که بافت‌ها صرفاً از گلوکز به عنوان سوخت استفاده می‌کنند. در نتیجه، بدن سعی می‌کند میزان آن را در پلاسما حفظ کند. وقتی منابع کربوهیدرات در دسترس نباشد (در ماهی در معرض گرسنگی)، میزان بالای ساخته‌شدن کربوهیدرات‌ها مورد نیاز است (Gillis and Ballantyne, 1996). در بسیاری از گونه‌ها، حفظ گلوکز خون در طول گرسنگی در رابطه با ظرفیت استفاده از گلیکوژن کبد است. کاهش گلیکوژن کبد در اثر گرسنگی در واقع، مبین یک منبع انرژی آماده در بسیاری از گونه-هاست. همچنین، کاهش مصرف گلوکز، راهی برای نگهداری ذخیره گلوکز پلاسماست. نتایج مطالعه حاضر، با نتایج Yarmohammadi و همکاران (۲۰۱۲) بر روی تاسماهی ایرانی، حاجی مرادی و همکاران (۱۳۸۶) و محبوبی صوفیانی و همکاران (۱۳۸۹) روی ماهی قزل آلای رنگین کمان و همچنین، با نتایج رحمتی و همکاران (۱۳۹۰) در ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*) در خصوص کاهش میزان گلوکز خون در اثر گرسنگی هم‌سویی دارد.

نتایج حاصل حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار میزان کلسترول در تیمار گرسنگی در پایان دوره نسبت به تیمارهای تغذیه محدود و تغذیه در حد سیری بود. در تیمار گرسنگی با توجه به طول دوره، میزان کلسترول افزایش نشان داد، اما معنی‌دار نبود. در تیمارهای تغذیه محدود و تغذیه در حد سیری در میان و پایان دوره نسبت به شروع دوره اختلاف معنی‌دار مشاهده شد. در تحقیقات مختلف، بر اساس گونه ماهی و شدت استفاده از ذخایر چربی، نتایج متناقضی در خصوص اثر گرسنگی بر میزان کلسترول خون در ماهی عنوان شده است. Weatherley و Gill (۱۹۸۱) و Bilinski و Gardner (۱۹۶۸) در قزل‌آلای رنگین‌کمان، افزایش میزان کلسترول در اثر گرسنگی را گزارش کرده‌اند که با نتایج تحقیق حاضر هم‌سویی دارد. حاجی مرادی و همکاران (۱۳۸۶) و محبوبی صوفیانی و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعات خود در خصوص اثر گرسنگی روی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، معنی‌دار نشدن میزان کلسترول خون در اثر گرسنگی را گزارش کردند. همچنین، رحمتی و همکاران (۱۳۹۰) در مطالعه بر روی ماهی آزاد دریای خزر، کاهش معنی‌دار میزان کلسترول خون را گزارش کردند که با تحقیق حاضر ناهم‌سو بود. افزایش کلسترول خون در تیمار گرسنگی مطالعه حاضر را می‌توان به افزایش گلوکونئوژنز بافت چربی در دوران گرسنگی و آزاد شدن کلسترول در اثر این واکنش نسبت داد.

در مطالعه حاضر، میزان تری‌گلیسرید سرم ماهیان در تیمار گرسنگی به‌ترتیب نسبت به تیمارهای تغذیه تا حد سیری و تغذیه محدود در پایان دوره، افزایش معنی‌داری داشت، به نحوی که افزایش میزان تری‌گلیسرید با طول دوره گرسنگی رابطه مستقیم داشت. Yarmohammadi و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی اثر گرسنگی به مدت ۸ هفته روی

تاسماهی ایرانی گزارش کردند که طی گرسنگی، میزان تری-گلیسرید افزایش می‌یابد که با مطالعه حاضر هم‌سویی دارد. نتایج مطالعات Hung و همکاران (۱۹۹۷) بر روی تاسماهی سفید، حاجی مرادی و همکاران (۱۳۸۶) بر روی قزل آلای رنگین کمان و رحمتی و همکاران (۱۳۹۰) بر روی ماهی آزاد دریای خزر نشان داد که گرسنگی منجر به کاهش میزان تری‌گلیسرید می‌شود که با مطالعه حاضر ناهمسو بود و این ناهم‌سویی را می‌توان به گونه و طول دوره محرومیت غذایی مربوط دانست.

میزان پروتئین کل خون در پایان دوره پس از ۵۶ روز اعمال گرسنگی هیچ اختلاف معنی‌داری در تیمار گرسنگی نسبت به شروع و میان‌دوره نداشت، اما مقدار پروتئین کل خون در تیمار گرسنگی، در پایان دوره، اختلاف معنی‌داری با دیگر تیمارها نشان داد. Hung و همکاران (۱۹۹۷) با بررسی اثر گرسنگی بر روی تاسماهی سفید گزارش کردند که گرسنگی منجر به کاهش پروتئین کل می‌شود که با نتایج تحقیق حاضر ناهم‌سویی دارد. حاجی مرادی و همکاران (۱۳۸۶) نیز کاهش میزان پروتئین را در ماهیان قزل آلای رنگین کمان در اثر اعمال گرسنگی گزارش کردند. در حالی که محبوبی صوفیانی و همکاران (۱۳۸۹) اثر گرسنگی را در قزل‌آلای رنگین‌کمان بررسی و گزارش کردند که بین تیمار گرسنگی و دیگر تیمارها از نظر میزان پروتئین کل تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. عدم تغییر در میزان پروتئین خون بیان‌گر عدم استفاده از ذخایر پروتئینی است و به‌نظر می‌رسد که تاسماهی روسی در زمان گرسنگی استفاده از ذخایر پروتئینی را به عنوان سومین اولویت پس از گلیکوژن و چربی برای کسب انرژی قرار می‌دهد.

با توجه به نتایج حاصل، دوره‌های گرسنگی اثرات نامطلوبی بر روی فراسنجه‌های خونی تاسماهیان روسی این مطالعه داشت و بیشتر شاخص‌های خونی و بیوشیمیایی خون در تیمار گرسنگی، با دیگر تیمارها اختلاف معنی‌دار نشان داد، به‌طوری که می‌توان اعلام کرد که تاسماهی روسی نتوانسته با دوره‌های گرسنگی طولانی سازش پیدا کند و با افزایش طول دوره گرسنگی، اثرات منفی آن بیشتر می‌شود.

منابع

حاجی مرادی، م.، محبوبی صوفیانی، ن.، علامه، س.ک. ۱۳۸۶. اثر گرسنگی بر سطح کلسترول، گلوکز و پروتئین پلاسمای خون قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*). علوم و فنون دریایی ۶: ۳۰-۲۳.

رحمتی، ف.، فلاحتکار، ب.، خارا، ح. ۱۳۸۹. اثرات گرسنگی و تغذیه مجدد بر عملکرد رشد و شاخص‌های بیوشیمیایی خون در ماهی آزاد دریای خزر. علوم زیستی ۴ :۶۹-۵۹.

ستاری، م. ۱۳۸۹. ماهی شناسی (۱) تشریح و فیزیولوژی. انتشارات حق شناس ۸۶۲ ص.

شاهسونی، د.، وثوقی غ.ح.، خضرایی‌نیا، پ. ۱۳۸۰. تعیین برخی شاخص های خونی ماهیان خاویاری انگشت قد (قره برون و ازون برون) در استان گیلان. پژوهش و سازندگی ۵۰: ۱۸-۱۴.

عامری مهابادی، م. ۱۳۷۸. روش های آزمایشگاهی هماتولوژی دامپزشکی. انتشارات دانشگاه تهران. ۱۲۶ ص.

کامگار، م.، حبیبی، ف.، لطفی‌نژاد، ح.، سعیدی، ع.ا، پورغلام، ر.، یوسفیان، م. ۱۳۷۸. مقایسه تعداد گلبول‌های سفید خون و شمارش افتراقی آنها در ماهیان خاویاری قره برون و دراکول. پژوهش و سازندگی ۴۴: ۱۳۳-۱۳۱.

محبوبی صوفیانی، ن.، حاجی مرادی، م.، علامه، س.ک.، پیله وریان، ع. ا. ۱۳۸۹. اثر گرسنگی بر پاره‌ای از ویژگی‌های مورفولوژیکی و هماتولوژیکی ماهی قزل آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*). زیست شناسی ایران ۲۳: ۲۴۸-۲۳۴.

مرشدی، و.، عشوری، ق.، کوچنین، پ.، بهمنی، م.، یزدانی، م.ع.، پورعلی فشتمی، ح.ر. ۱۳۸۹. تغییرات برخی شاخص‌های خونی در طی دوره‌های گرسنگی کوتاه مدت در بچه تاسماهی سیبری (*Acipenser baeri*). اقیانوس شناسی ۵: ۶۶-۵۹.

مرشدی، و.، عشوری، ق.، کوچنین، پ.، یاوری، و.، بهمنی، م.، پوردهقانی، م.، یزدانی، م.ع.، پورعلی فشتمی، ح.ر.، عضدی، م. ۱۳۹۰. تاثیر دوره‌های گرسنگی کوتاه مدت بر روی شاخص‌های خونی فیل ماهیان (*Huso huso*) پرورشی. تحقیقات دامپزشکی ۶۶: ۳۶۸-۳۶۳.

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

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 jundiá (*Rhamdia quelen*). Aquaculture 300: 231-236.

Barroso, J.B., Garcia-Salguero, L., Peragon, J., de la Higuera, M., Lupiañez, J.A. 1993. Effects of long-term starvation on the NADPH production systems in several different tissues of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). In: Kaushik, S.J., Luquet, P. (Eds.), Fish Nutrition in Practice. INRA, Paris, 333-338.

Bastorp, R., Jürss, K., Wacke, R. 1992. Biochemical parameters as a measure of food availability and growth in immature rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Comparative Biochemistry and Physiology 102A: 151-161.

Bilinski, E., Gardner, L.J. 1968. Effect of starvation on free fatty acid level in blood plasma and muscular tissues of rainbow trout. (*Salmo gairdneri*). Journal of the Fisheries Research Board of Canada 25: 1555-1560.

Bullis, R.A. 1993. Clinical pathology of temperate fresh water and estuarine fish. In: Stoskopf, M.K. 1993. Fish Medicine. Saunders, Philadelphia, 882 p.

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

Dutil, J.D., Godbout, G., Blier, P.U., Groman, D. 2006. The effect of energetic condition on growth dynamics and health of Atlantic cod (*Gadus morhua*). Journal of Applied Ichthyology 22: 138-144.

Falahatkar, B., Akhavan, S.R., Efatpanah, I., Meknatkhah, B. 2012. Effect of winter feeding and starvation on the growth performance of young-of-year (YOY) great sturgeon, (*Huso huso*). Journal of Applied Ichthyology 29: 26-30.

Fanouraki, E., Divanach, P., Pavilidis, M. 2007. Baselin values for acute and chronic stress indicators in sexually immature red progy (*Pagrus pagrus*). Aquaculture 265: 294-304.

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

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

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

Klontz, G.W. 1994. Fish Hematology. In: Techniques in Fish Immunology. Stolen, J.S., Flecher, T.C., Rowely, A.F., Zelikoff, T.C., Kaattari, S.L., Smith S.A. (Eds.). Vol. 2, SOS Publications, USA, 121-132.

Kubokawa, K., Watanabe, T., Yoshokla, M., Iwata, M. 1999. Effect of acute stress on plasma cortisol. Sex steroid hormone and glucose levels in male and female sockeye salmon during the breeding season. Aquaculture 172: 335-349.

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

Lister, A., Nero, V., Farwell, A., Dioxn, D.G., Van Der Kraak, G. 2008. Reproductive and stress hormone levels in goldfish (*Carassius auratus*) Exposed to oil sands

process-affected water. Aquatic Toxicology 87: 170-177.

Liu, W., Wei, Q.W., Wen, H., Jiang, M., Wu, F., Shi, Y. 2011. Compensatory growth in juvenile Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*): effects of starvation and subsequent feeding on growth and body composition. Journal of Applied Ichthyology 27: 749-754.

Pearson, M.P., Stevens, E.D. 1991. Size and hematological impact of the splenic erythrocyte reservoir in rainbow trout, (*Onchorynchus mykiss*). Fish Physiology and Biochemistry 9: 39-50.

Řehulka, J. 2000. Influence of astaxanthin on growth rate condition, and some blood indices of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 190: 27-47.

Rueda, F.M., Martinez, F.J., Zamora, S., Kentouri, M., Divanach, P. 1998. Effect of fasting and refeeding on growth and body composition of red porgy (*Pagrus pagrus* L.). Aquaculture Research 29: 447-452.

Runtin, F. 2007. Cardiac function of two ecologically distinction neotropical fresh water fish. Comparative Biochemistry and Physiology 146A: 544-550.

Storebakken, T., Hung, S.S.O., Calvert, C.C., Plisetskaya, E.M., 1991. Nutrient partitioning in rainbow trout at different feeding rates. Aquaculture 96: 191-203.

Takahashi, L.S., Biller, J.D., Criscuolo-Urbinati, E., Urbinati, E.C., 2011. Feeding strategy with alternate fasting and re-feeding: effects on farmed pacu production. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 95: 259-266.

Weatherley, A.H., Gill, H.S. 1981. Recovery growth following periods of restricted rations and starvation in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) Richardson. Journal of Fish Biology 18: 195-208.

Wedemeyer, G.A., Barton, B.B. Mcleay, D.J. 1990. Stress and acclimation. In: Schreck, C.B., Moyle, P.B. 1990. Methods for Fish Biology. Bethesda, MD, Amer Fisheries Society, 684 p.

Witters, H.E., Van Puymbroeck, S., Van Den Sande, I., Vanderborght, O.L.J. 1990. Haematological disturbances and osmotic shifts in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under acid and aluminum exposure. Journal of Comparative Physiology 160: 563-571.

Yarmohammadi, M., Shabani, A., Pourkazemi, M., Soltanloo, H., Imanpour, M.R. 2012. Effect of starvation and re-feeding on growth performance and content of plasma lipids, glucose and insulin in cultured juvenile Persian sturgeon (*Acipenser persicus*). Journal of Applied Ichthyology 28: 692-696.