Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics

Print ISSN: 2345-427X
Online ISSN: 2345-4288

Effects of rearing density on physicochemical properties of water, growth parameters, and body composition of Caspian kutum (*Rutilus frisii*)

Kousar Ghafouri Kiasari[1], Mohammad Kazem Khalesi[*2], Sohrab Kohestan Eskandari[3], Seyedeh Zeinab Abedi[4]

1. M.Sc. in Aquatic Ecology, Dept. of Fisheries, Faculty of Animal Science and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. E-mail: sabaghafori72@gmail.com
2. Corresponding Author, Associate Prof., Dept. of Fisheries, Faculty of Animal Science and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. E-mail: khalesi46@gmail.com
3. Instructor, Dept. of Fisheries, Faculty of Animal Science and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. E-mail: s.e.kohestan@gmail.com
4. Ph.D. in Aquaculture, Dept. of Fisheries, Faculty of Animal Science and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran. E-mail: abedi10629@yahoo.com

Article Info

Article type:
Full Length Research Paper

Article history:
Received: 05.20.2023
Revised: 09.27.2023
Accepted: 10.13.2023

Keywords:
Blood parameters,
Density,
Fatty acid,
Rutilus frisii

ABSTRACT

Blood parameters and fatty acid profile have been studied in various cultured fish due to their structural and physiological importance. This study aims to investigate blood parameters and the fatty acid profile of Caspian kutum (*Rutilus frisii kutum*) fry in different rearing densities. This experiment was carried out on 300 pieces of *R. frisii* (2 g) in five density treatments (5, 10, 15, 20, and 25 pieces in a 60 L of water) with three replications at a feeding rate of 8% of body weight for 56 days. The results obtained from this study did not show significant differences in the amounts of red blood cells and hemoglobin among different densities ($P>0.05$), but there was a significant difference in the values of white blood cells and hematocrit among different treatments ($P<0.05$). The highest levels of cortisol and glucose hormones were obtained in two high densities (20 and 25), which were significantly different from the first three treatments ($P<0.05$). At densities of 5 and 15 fish, the levels of palmitic acid (C16:0) and stearic acid (C18:0) among saturated fatty acids (SFAs) showed the highest values at densities of 10, 20, and 25 fish ($P<0.05$). Gammalinoleic acid (C18:3n6) was the most abundant polyunsaturated fatty acid in all treatments ($P<0.05$). In general, higher SFAs were estimated than unsaturated fatty acids in different rearing densities. The high rearing density of *R. frisii* caused chronic stress and changes in the levels of some indicators, especially cortisol and glucose.

Cite this article: Ghafouri Kiasari, Kousar, Khalesi, Mohammad Kazem, Kohestan Eskandari, Sohrab, Abedi, Seyedeh Zeinab. 2025. Effects of rearing density on physicochemical properties of water, growth parameters, and body composition of Caspian kutum (*Rutilus frisii*). *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 13 (4), 31-45.

© The Author(s).
DOI: 10.22069/japu.2023.21358.1781
Publisher: Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان

شاپا چاپی: ۲۳٤٥-٤۲۷X
شاپا آنلاین: ۲۳٤٥-٤۲۸۸

بررسی اثر تراکم پرورش بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آب، فراسنجه‌های رشد و ترکیبات لاشه بچه‌ماهی سفید خزری (*Rutilus frisii*)

کوثر غفوری کیاسری[۱]، محمدکاظم خالصی*[۲]، سهراب کوهستان اسکندری[۳]، سیده زینب عابدی[٤]

۱. کارشناسی‌ارشد بوم‌شناسی آبزیان، گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
رایانامه: sabaghafori72@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، دانشیار گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
رایانامه: khalesi46@gmail.com

۳. مربی گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
رایانامه: s.e.kohestan@gmail.com

٤. دکتری تکثیر و پرورش آبزیان، گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران.
رایانامه: abedi10629@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی- پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۲/۰۲/۳۰
تاریخ ویرایش: ۱٤۰۲/۰۷/۰٥
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۲/۰۷/۲۱

واژه‌های کلیدی:
اسید چرب،
تراکم،
فراسنجه‌های خونی،
ماهی سفید دریای خزر
(*Rutilus frisii*)

چکیده

بررسی فراسنجه‌های خونی و ترکیبات اسیدهای چرب به علت دارا بودن اهمیت ساختاری و فیزیولوژیکی در ماهیان پرورشی مختلفی مورد مطالعه قرار گرفته است. هدف از این مطالعه بررسی فراسنجه‌های خونی و تعیین پروفایل اسیدچرب بچه‌ماهی سفید دریای خزر (*Rutilus frisii*) در تراکم‌های مختلف پرورش است. این آزمایش روی تعداد ۳۰۰ قطعه بچه‌ماهی سفید به وزن ۲ گرم در ٥ تیمار تراکم (٥، ۱۰، ۱٥، ۲۰ و ۲٥ قطعه در حجم ٦۰ لیتر آب) با سه تکرار با نرخ غذادهی ۸ درصد وزن بدن به مدت ٥٦ روز انجام پذیرفت. نتایج به‌دست آمده از این پژوهش اختلاف معنی‌داری را در مقادیر گلبول قرمز و هموگلوبین بین تراکم‌های مختلف نشان نداد (P>۰/۰٥) اما از نظر مقادیر گلبول سفید و هماتوکریت بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P<۰/۰٥). بالاترین سطوح هورمون کورتیزول و گلوکز در دو تراکم بالا (۲۰ و ۲٥) به‌دست آمد و با سه تیمار اول اختلافات معنی‌داری داشت (P<۰/۰٥). در تراکم‌های ٥ و ۱٥ ماهی، میزان اسید پالمیتیک (C16:0) و در تراکم‌های ۱۰، ۲۰ و ۲٥ ماهی میزان اسید استئاریک (C18:0) بالاترین مقادیر را در بین اسیدهای چرب اشباع نشان دادند (P<۰/۰٥). گامالینولئیک اسید (C18:3n6) فراوان‌ترین اسید چرب چند غیراشباع در همه تیمارها بود (P<۰/۰٥). در مجموع، اسیدهای چرب اشباع در تراکم‌های مختلف پرورش بیش‌تر از اسیدهای چرب غیراشباع برآورد شدند. تراکم زیاد

پرورش در بچه‌ماهی سفید دریای خزر باعث ایجاد استرس مزمن و در نتیجه تغییر مقادیر برخی شاخص‌ها به ویژه کورتیزول و گلوکز شد.

استناد: غفوری کیاسری، کوثر، خالصی، محمدکاظم، کوهستان اسکندری، سهراب، عابدی، سیده زینب (۱۴۰۳). بررسی اثر تراکم پرورش بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آب، فراسنجه‌های رشد و ترکیبات لاشه بچه‌ماهی سفید خزری (*Rutilus frisii*). *نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان*، ۱۳ (۴)، ۴۵-۳۱.
DOI: 10.22069/japu.2023.21358.1781

ناشر: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

از جمله عوامل استرس‌زای محیطی در آبزی‌پروری تراکم است (۱) که به عنوان یک عامل کلیدی در آبزی‌پروری مطرح است (۲)، چرا که بسیاری از پرورش‌دهندگان به‌منظور افزایش تولید مایل به افزایش میزان ذخیره‌سازی در یک سیستم متراکم پرورش هستند (۳) و این امر می‌تواند سبب بروز استرس حاد در آن‌ها گردد. تراکم به عنوان یک عامل استرس‌زا در بسیاری از گونه‌های ماهیان مانند تیلاپیای نیل (*Orechromis niloticus*) (٤) و ماهی گورخری (*Danio rerio*) (۵) مورد مطالعه قرار گرفت.

اندازه‌گیری دو شاخص کورتیزول و گلوکز در مطالعات استرس ماهیان به‌طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرد (٦). در این مطالعات، کورتیزول به‌عنوان شاخص استاندارد استرس و گلوکز به‌عنوان شاخص پاسخ ثانویه به استرس مطرح هستند (۷ و ۸). بیش‌تر مطالعات انجام گرفته در رابطه با اثر کورتیزول بر ماهیان بر میزان گلوکز پلاسما مبتنی بوده‌اند و به‌عنوان نمونه می‌توان به بررسی استرس در دو گونه تاس‌ماهی روسی و ازون‌برون طی دوره نوزادگاهی با استفاده از شاخص کورتیزول و گلوکز به‌منظور مطالعه اشاره نمود (٦ و ۷). هم‌چنین در مطالعاتی تأثیر تراکم‌های مختلف پرورش بر سطوح کورتیزول و گلوکز سرم تاس‌ماهی آمور (*Acipenser schrenckii*) (۹)، باس‌های دریایی اروپایی (۱۰)، و کفشک‌ماهی (*Solea senegalensis*) (۱۱) بررسی شد.

شناخت فاکتورهای خونی علاوه‌بر شناخت فیزیولوژی آبزی، شاخص مهم و منحصربه‌فرد در گونه است که آن را از سایر ماهیان متمایز می‌کند. اهمیت این شناخت نه تنها در تشخیص گونه مهم است بلکه از نظر اقتصادی نیز می‌تواند در شناسایی بیماری‌ها و تعیین شرایط بهداشتی و سلامت ماهی مفید باشد (۱۲). گلبول قرمز خون (اریتروسیت) از انواع معمول سلول‌های خونی می‌باشد که با هموگلوبین درون آن وسیله اصلی برای حمل اکسیژن از آبشش و دفع دی‌اکسید کربن از بافت‌های ماهی به‌شمار می‌رود (۱۲). انواع متعددی از گلبول سفید شامل لنفوسیت، منوسیت و گرانولوسیت‌ها در خون‌شناسی ماهی یافت می‌شوند و نقش‌های مختلفی را برای حضور آن‌ها عنوان می‌کنند (۱۳). هماتوکریت (HCT) درصد گلبول قرمز خون در مقایسه با حجم کل خون است که به‌عنوان یک شاخص مهم و رایج در تعیین سلامت و بیماری ماهیان مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱٤).

یکی از مهم‌ترین معیارها برای تعیین کیفیت گوشت ماهی، مقادیر اسیدهای چرب ضروری و غیرضروری آن است. اسیدهای چرب جزء فعال لیپیدها هستند که نقش مهمی در رشد و تغذیه دارند (۱۵). به دلیل توسعه جوامع بشری، پژوهش برای منابع جدید غذایی و دانستن نوع و مقدار اسیدهای چرب در تراکم مختلف در ماهیان ضروری است. نیازمندی‌های گونه‌های آب شیرین به اسید چرب، به‌جز چند مورد استثناء، با گونه‌های دریایی متفاوت است. عموماً در ماهیان آب شیرین، اسیدهای چرب لینولنیک (18:3n-3) و لینولئیک (18:2n-6) ضروری شناخته می‌شوند در حالی‌که در ماهیان دریایی اسیدهای چرب بلند زنجیره غیراشباع دارای ۲۰ و ۲۲ اتم کربن به‌خاطر عدم توانایی در طویل‌سازی و غیراشباع‌سازی اسیدهای چرب ضروری هستند (۱٦).

مطالعات بسیار کمی در زمینه اثر تراکم پرورش بر فراسنجه‌های خونی و پروفایل اسید چرب بچه‌ماهی سفید دریای خزر انجام شده است. در جهت بررسی زیست‌شناسی پرورشی ماهی سفید و نظر به نقش تعیین‌کننده تراکم در عملکرد آبزیان پرورشی، تأثیر تیمارهای مختلف تراکم پرورش بر فراسنجه‌های خونی و پروفایل اسید چرب بچه‌ماهی سفید دریای خزر در پژوهش حاضر مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

ابتدا تعداد ۳۰۰ قطعه بچه‌ماهی سفید دریای خزر به وزن ۲ گرم از مرکز تکثیر و پرورش ماهی شهید رجایی ساری تهیه و به سالن آکواریوم واقع در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری منتقل شد. بچه‌ماهیان در آب با دمای ۲۳ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ماه عادت داده شدند و سپس در ۱۵ عدد آکواریوم ۱۰۰ لیتری (با آبگیری ٦٠ لیتر) مجهز به سنگ هوا و بخاری قرار گرفتند. بچه‌ماهیان در ۵ تیمار هر یک با ۳ تکرار با تراکم‌های ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ قطعه در هر آکواریوم توزیع شدند. آب هر آکواریوم هر ۷ روز یکبار به اندازه ۵۰ درصد تعویض و مواد دفعی هر آکواریوم به طور روزانه سیفون گردید.

بچه‌ماهی‌ها با استفاده از خوراک دست‌ساز (۱۷) مطابق با جدول ۱ و میزان غذای روزانه (۸ درصد وزن بدن) در حد سیری در ٤ نوبت (ساعات ۸، ۱۱، ١٤ و ۱۷) به‌مدت دو ماه در تیمارهای تراکم زیر خوراک‌دهی شدند:

تیمار ۱: ۸۳ قطعه در هر مترمکعب (۵ قطعه در ٦٠ لیتر آب)

تیمار ۲: ١٦٦ قطعه در هر مترمکعب (۱۰ قطعه در ٦٠ لیتر آب)

تیمار ۳: ۲۵۰ قطعه در هر مترمکعب (۱۵ قطعه در ٦٠ لیتر آب)

تیمار ٤: ۳۳۳ قطعه در هر مترمکعب (۲۰ قطعه در ٦٠ لیتر آب)

تیمار ۵: ٤١٦ قطعه در هر مترمکعب (۲۵ قطعه در ٦٠ لیتر آب)

جدول ۱- اجزای غذایی و ترکیب جیره دستی ماهی سفید طی دوره پرورش.

Table 1. Feed ingredients and composition of the formulated d diet of whitefish during the rearing period.

ترکیبات جیره	(درصد)
پودر ماهی	۲۷
آرد سویا	۱۸
آرد گندم	١٦
آرد ذرت	۱۷
ژلاتین [۱]	۲/۰٤
روغتن آفتابگردان	۵
مکمل ویتامینه [۲]	۲
مکمل معدنی [۳]	۲
ویتامین C [٤]	۰/۲
دی کلسیم فسفات [۵]	۰/۵
فیلر (ماسه)	۱۰/۲٦
پروتئین	۳۵
چربی	١٤

[۱] ژلاتین آریا، مشهد، ایران

[۲] شرکت لابراتوارهای سیانس (قزوین، ایران). هر ۱۰۰۰ گرم پرمیکس ویتامینه حاوی ۱٦۰۰۰۰۰ IU ویتامین A، ٤۰۰۰۰۰ IU ویتامین D3، ۳۰ گرم ویتامین E، ۱۰ گرم تیامین، ۸ گرم ریبوفلاوین، ٤۰ گرم پیریدوکسین، ۲ گرم اسید-فولیک، ۰/۰۱ گرم سسیانوکوبالامین، ۱۰۰ گرم ویتامین C، ۱۰ گرم ویتامین K3، ۱۰ گرم بیوتین، ۲۰ گرم BHT و ۱۰۰ گرم ویتامین اینوزینول می‌باشد

[۳] شرکت لابراتوارهای سیانس (قزوین، ایران). هر ۱۰۰۰ گرم پرمیکس معدنی حاوی ۲۰ گرم آهن، ٦٠ گرم روی، ٤۰۰ میلی‌گرم سلنیوم، ۲۰۰ میلی‌گرم کبالت، ۲ گرم مس، ٤۰ گرم منگنز و ٤۰۰ میلی‌گرمی می‌باشد

[٤] شرکت لابراتوارهای سیانس (قزوین، ایران)

[۵] شرکت ارس تابان، مازندران، ایران

آنالیز بیوشیمیایی جیره غذایی استفاده شده در تغذیه بچه‌ماهیان در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- آنالیز بیوشیمیایی جیره غذایی استفاده شده در آزمایش.

Table 2. Biochemical analysis of the diet used in the experiment.

ترکیب بیوشیمیایی	(درصد)
پروتئین	۳۰/٤۲ ± ۰/۲۱
چربی	۹/۸۲ ± ۰/۱۱
کربوهیدرات	۳٥/۱۷ ± ۱/٦
خاکستر	۱٤/۲۱ ± ۰/۷٥
رطوبت	۹/۰۱ ± ۱/۳
انرژی خالص	۱٦۹٦ ± ٦/۸

اندازه‌گیری فاکتورهای خونی: در پایان دوره آزمایش، همه ماهیان آکواریوم بیهوش شدند و پس از قطع ساقه دمی، خون‌گیری جهت اندازه‌گیری فاکتورهای شمارشی و بیوشیمیایی انجام شد. تعداد گلبول‌های قرمز خون (RBC)، تعداد گلبول‌های سفید خون (WBC)، میزان هماتوکریت (HCT)، هموگلوبین (Hb) و شمارش افتراقی گلبول‌های سفید خون (نوتروفیل، لنفوسیت، ائوزینوفیل و مونوسیت) به‌عنوان فاکتورهای شمارشی خون سنجیده شد (Dacie & Lewis, 1984). مقادیر گلوکز (به روش گلوکز اکسیداز) و کورتیزول خون با با استفاده از کیت پارس آزمون با دستگاه اتوآنالایزر اندازه‌گیری شد (Martines-Porchas et al., 2009).

جهت تعیین پروفایل اسید چرب، متیل استرهای اسیدهای چرب با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی (GC Shimadzu 2014, Japan) مجهز به ستون کاپیلاری RTX-wax (30m,0.25mm, 0.25µm) آنالیز شدند و دمای آشکارسازی و محل تزریق به‌ترتیب بر روی ۲٥۰ و ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید. ۱ میکرولیتر از نمونه استری با استفاده از سرنگ میکرولیتری به دستگاه گاز کروماتوگراف تزریق شد. اسیدهای چرب موجود در نمونه با مقایسه زمان بازداری کروماتوگرام‌های نمونه مجهول با کروماتوگرام‌های به‌دست‌آمده از محلول استاندارد اسیدهای چرب متیل استر شناسایی شدند.

تجزیه و تحلیل آماری: تجزیه و تحلیل آماری با آنالیز واریانس یک‌طرفه[1] با استفاده از برنامه نرم‌افزاری SPSS انجام و جهت تعیین اختلاف معنی‌دار بین داده‌ها، از آزمون چنددامنه‌ای دانکن[2] در سطح اطمینان ۹٥ درصد استفاده گردید. از آزمون Shapiro-Wilk برای بررسی نرمال بودن داده‌ها استفاده گردید. همگنی واریانس‌ها با آزمون Levene آزمایش شد.

نتایج

نتایج مطالعه حاضر نشان داد تراکم پرورش تأثیر معنی‌داری بر مقادیر گلوکز و کورتیزول داشت ($P<۰/۰٥$) و کم‌ترین سطوح گلوکز در تیمارهای با تراکم ٥ و ۱۰ ماهی و کم‌ترین سطوح کورتیزول در تیمارهای ٥، ۱۰ و ۱٥ ماهی مشاهده شد که با تیمارهای با تراکم ۲۰ و ۲٥ ماهی اختلاف معنی‌داری داشت ($P<۰/۰٥$) (جدول ۳).

1- One–way ANOVA
2- Duncan

جدول ۳- مقادیر گلوکز و کورتیزول (میانگین ± انحراف معیار) در تراکم‌های مختلف پرورش بچه‌ماهی سفید.

Table 3. Glucose and cortisol levels (mean ± standard deviation) in different stocking densities of whitefish.

تیمار	گلوکز	کورتیزول
۵	۷۷/۰۰±٤/۲^{a}	۷/۷٦±۲/۸۱^{a}
۱۰	۷۸/۵±۱۲/۰۲^{a}	۸/۵±۱/۸^{a}
۱۵	۱۱۲/۸±٤^{b}	۹/۱±۱/۷^{a}
۲۰	۱۲۱/۹±٤^{b}	۱۳/۳±۲/۸^{b}
۲۵	۱۱٦/۹±٤^{b}	۱۳/٦±۳/۸^{b}

حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها هستند (P<۰/۰۵)

بیش‌تر فراسنجه‌های خونی بچه‌ماهی سفید دریای خزر طی دوره ٥٦ روزه (جدول ٤) در تراکم‌های مختلف اختلاف معنی‌داری دارند (P<۰/۰۵). تراکم پرورش تأثیر معنی‌داری بر میزان گلبول قرمز خون نداشت (P>۰/۰۵) اما میزان گلبول سفید را تحت‌تأثیر معنی‌داری قرار داد (P < ۰/۰۵) و بیش‌ترین میزان گلبول سفید در تیمار با تراکم ۵ ماهی مشاهده شد (P<۰/۰۵) که با تیمار با تراکم ۱۰ ماهی اختلاف معنی‌داری نداشت (P>۰/۰۵). هم‌چنین میزان هماتوکریت با افزایش تراکم کاهش یافت (P<۰/۰۵) و بین تیمار با تراکم‌های ۵ و ۱۰ ماهی تفاوت معنی‌داری نداشت (P>۰/۰۵). تیمارهای با تراکم ۱۵، ۲۰ و ۲۵ نیز تفاوت معنی‌داری در میزان هماتوکریت نداشتند (P>۰/۰۵). بیش‌ترین میزان هموگلوبین خون در تیمار با تراکم ۱۰ ماهی مشاهده شد که با تیمارهای ۵ و ۲۵ ماهی اختلاف معنی‌داری نداشت (P>۰/۰۵) (جدول ٤).

جدول ٤- فراسنجه‌های خونی (میانگین ± انحراف معیار) در تراکم‌های مختلف پرورش بچه‌ماهی سفید.

Table 4. Haematological parameters (mean ± standard deviation) in different stocking densities of whitefish juveniles.

تیمار تراکم	هموگلوبین	هماتوکریت	گلبول سفید	گلبول قرمز
۵	۱۰/۲۱±۰/۲۷^{ab}	٦۵/۰۱±۱/٤۳^{b}	٦۲۰۰±۲۸۲۸/۸٤^{c}	۱/۱۵×۱۰^{٦} ± ۷۰۷۱۰/٦۷^{a}
۱۰	۱٤/۳٤±۳/۵۳^{b}	٦۲/٦۵±٤/۵۳^{b}	۵۵۰۰±٤۲٤/۲٦^{bc}	۱/۱۵×۱۰^{٦} ± ۲۸۲۸٤/۲۷^{a}
۱۵	۹/۵۱±۰/۸۰^{a}	٤۵/۳٦±۵/۳۱^{a}	٤٤۰۰±۵٦۵/٦۸^{ab}	۱/۱۷×۱۰^{٦} ± ۲۱۲۱۳/۲۰^{a}
۲۰	۷/۷۹±۰/۵۷^{a}	۵۲/۵۰±۸/۱٦^{a}	٤۰۰۰±۱۱۳۱/۳۷^{ab}	۱/۱۷×۱۰^{٦} ± ۲۱۲۱۳/۲۰^{a}
۲۵	۱۰/۲۷±۱/۹۰^{ab}	٤۹/۸۱±٦/۰٤^{a}	۳۲۰۰±۵٦۵/٦۸^{a}	۱/۱۸×۱۰^{٦} ± ۲۱۲۱۳/۲۰^{a}

حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها هستند (P<۰/۰۵)

جدول ۵- شمارش افتراقی گلبول سفید (میانگین ± انحراف معیار) در تراکم‌های مختلف پرورش بچه‌ماهی سفید.

Table 5. Differential white blood cell count (mean ± standard deviation) in different stocking densities of whitefish juveniles.

تراکم	لنفوسیت	مونوسیت	نوتروفیل	بازوفیل	ائوزنوفیل
۵	۸۳/٦۵±۰/٤۹^{a}	٤/۸۳±۰/۰۹^{a}	۵/۵±۰/۷^{b}	۲/۲۵±۰/۰۷^{a}	۲/۲۵±۰/۰۷^{a}
۱۰	۸۳/۲۵±۰/۳۵^{ab}	٦/۳±۰/۷^{a}	٤/۷±۰/۳۲^{b}	۲/۲۵±۰/۰۷^{a}	۲/۲۵±۰/۰۷^{a}
۱۵	۸۱/۵±۰/۷^{b}	٦/۰۱±۱/۲۵^{a}	۷/۳٤±۰/٤۸^{ab}	۲/٤۰±۰/۱٤^{a}	۲/٤±۰/۱٤^{a}
۲۰	۷۵/۵±۰/۷^{c}	۱۱/۵±۰/۷^{b}	۱۰/۵±۰/۷^{a}	۲/۱۰±۰/۱٤^{a}	٤/۲۵±۰/۳۵^{b}
۲۵	۷۵/۹۵±۱/۳٤^{c}	۱۱/۰±۱/٤۱^{b}	۹/۷±۲/٤^{a}	۲/۱۰±۰/۱٤^{a}	۳/۷۵±۰/۳۵^{b}

حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار بین تیمارها هستند (P<۰/۰۵)

مطالعه حاضر نشان داد که با افزایش تراکم بیش‌تر از ۱۰ قطعه در حجم ٦۰ لیتر سطوح لنفوسیت کاهش و مقادیر نوتروفیل و مونوسیت افزایش یافتند (P<۰/۰۵). در مقادیر بازوفیل اختلاف معنی‌داری در تراکم‌های مختلف مشاهده نشد (P>۰/۰۵) (جدول ٦).

از تعداد ۱۱ اسید چرب شناسایی شده در این گونه، شش اسید چرب متعلق به گروه اسیدهای چرب اشباع (SFA)، دو اسید چرب متعلق به گروه اسیدهای چرب تک غیراشباع (MUFA)، و سه اسید چرب متعلق به گروه اسیدهای چرب چند غیراشباع (PUFA) بودند. در تراکم‌های ۵ و ۱۵ ماهی، اسید پالمیتیک (C16:0) و در تراکم‌های ۱۰، ۲۰ و ۲۵ ماهی اسید استئاریک (C18:0) بالاترین مقادیر را در بین اسیدهای چرب اشباع نشان دادند (P<۰/۰۵). گاما-لینولئیک اسید (C18:3n6) فراوان‌ترین اسید چرب چند غیراشباع در همه تیمارها بود (P<۰/۰۵).

جدول ٦- ترکیب اسیدهای چرب موجود در عضله بچه‌ماهی سفید در تراکم‌های مختلف پرورش.

Table 6. Fatty acid composition in the muscle of whitefish juveniles at different stocking densities.

تراکم ۵		تراکم ۱۰		تراکم ۱۵		تراکم ۲۰		تراکم ۲۵	
اسیدهای چرب	درصد	اسیدهای چرب	درصد	اسیدهای چرب	درصد	اسیدهای چرب	درصد	اسیدهای چرب	درصد
C6:0	۱/۳۲۰۸۰۵	C6:0	۰/۱۰۵۵۹۱	C6:0	۰/۳۰٤٦۳۵	C6:0	۰/۱٦٤۰۷۸	C6:0	۰/۱۳۷۱۲۳
C14:0	۰/۵۳۵٦۵٦	C14:0	۰/۱۳۷۰۸۳	C16:0	۷۰/٦۲٤۵	C14:0	۰/۱٤۰۳۷۸	C14:0	۰/۱٤۸۲٤۱
C16:0	۷۱/۷۱۹۱٦	C16:0	۱۹/۰۱۷٤۵	C17:0	٤/۲۲۱۳٦۸	C16:0	۱۷/۳۷۵۸۵	C16:0	۱۷/۲٤٤۱۹
C17:0	٤/۷۰۳٤۹۷	C17:0	۱/۰۸۵۵٤۷	C20:0	٦/۰۰۵٦۵۸	C17:0	۱/۱۸۸٦۵۳	C17:0	۱/۲۰۰۷۵٦
C20:0	۵/٤۰۰۵۸٤	C18:0	۷۵/۵۷۵۱۹			C18:0	۸٤/۷۸٦۷	C18:0	۷٤/۵۲۰۹۹
						C20:0	۱/۹۱۷۸۸۸	C20:0	۱/۹۳٤۵۵۱
Total SFA	۸۳/٦۷۹۷	Total SFA	۹۵/۹۲۰۷٦	Total SFA	۸۱/۱۵٦۱٦	Total SFA	۹۵/۵۷۳۵	Total SFA	۹۵/۱۸۵۸۵
C16:1	۳/۷۰۵۵٦۳	C16:1	۰/۲۹۰۸۳۸	C16:1	۱/۵٦٦٦۹۳	C16:1	۰/۳٤٤۵٦٤	C16:1	۰/۳٦۳۱۹۲
		C18:1	۰/٤۳۳٤۷۸	C18:1	۳/۳۰۰۲۱	C18:1	۰/۳٦۸۲٦٤	C18:1	۰/۳۳۱٦۹
Total MUFA	۳/۷۰۵۵٦۳	Total MUFA	۰/۷۲٤۳۱٦	Total MUFA	٤/۸٦٦۹۰	Total MUFA	۰/۷۱۲۸۲۸	Total MUFA	۰/٦۹٤۸۸۲
C18:2	۳/٦٤٦۸٦۱	C18:2	۰/۸۹۸٤٤۸	C18:2	٤/۱۳٤۳۲۹	C18:2	۱/۱۰۲۹٦۸	C18:2	۱/۰۸۹۵۷۵
C18:3n6	۷/۰۲۹۵٦٤	C18:3n6	۱/۸٦۱۷۳۲	C18:3n6	۸/٤۱۳۷۲٦	C18:3n6	۲/۱۲۹۳٦٦	C18:3n6	۲/۳٤۰۳٦۲
C18:3n3	۱/٦٦۵٦٦۹	C18:3n3	۰/۵۹٤٦٤۳	C18:3n3	۱/٤۲۸۸۸۲	C18:3n3	۰/٤۸۱۲۹۵	C18:3n3	۰/٦۸۹۳۲۳
12.34	۳/۳۵٤۸۲۳	Total PUFA	۱۳/۹۷٦۹۳	Total PUFA	۳/۷۱۳٦۲۹	Total PUFA	٤/۱۱۹۲٦	Total PUFA	٤/۸۱
۱٦/۰٤	٤/۰۷	UFA	۱۸/۸٤	UFA	٤/۲	UFA	۰/۲۲٦۰۲۷	UFA	۰/۲۹٤۵۳۷
۰/۲۳٦۹۵	۰/۳۱۹٤۰۳	n3/n6	۰/۱٦۹۸۲۸	n3/n6	۰/۲۲٦۰۲۷	n3/n6	۰/۲۲٦۰۲۷	n3/n6	۰/۲۹٤۵۳۷

بحث و نتیجه‌گیری

بررسی‌ها نشان می‌دهند که ازدحام جمعیت یکی از عوامل تنش‌زای رایج در آبزی‌پروری است که بر ماهی اثر می‌گذارد (۱۸ و ۱۹). تراکم ذخیره‌سازی در فعالیت‌های آبزی‌پروری یک عامل بسیار مهم محسوب می‌شود زیرا میزان تراکم در حد نامناسب منجر به ایجاد استرس می‌شود که رفتار و فیزیولوژی ماهیان را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (۱).

بررسی‌های گذشته نشان داده است که یکی از شناخته‌شده‌ترین پاسخ‌های تنش در ماهی افزایش سطح کورتیزول خون می‌باشد (۱۹، ۳۱، ۳۲) و در این بین، تراکم بالا یکی از عوامل تنش‌زای مزمن می‌باشد که باعث بالا رفتن سطح این هورمون در خون می‌شود (۱۹ و ۳۳).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که با افزایش تراکم پرورش، مقادیر هورمون‌های گلوکز و کورتیزول افزایش یافت (جدول ۳). به‌طور مشابه، میزان هورمون کورتیزول در کپور معمولی پرورش‌یافته در تراکم‌های بالا بیش از میزان این هورمون در ماهیان نگهداری شده در تراکم‌های پایین افزایش یافت (۳٤). کورتیکواستروئیدها، به‌ویژه کورتیزول، هورمون‌هایی هستند که در پاسخ اولیه به عوامل استرس‌زا ترشح می‌شوند و در واقع با تلاش جانور برای انطباق با شرایط استرس در ارتباط هستند. کورتیزول در اثر فعالیت محور هیپوتالاموس-هیپوفیز-کلیه آزاد می‌شود (٦). مطالعه‌ای روی تاس‌ماهی آمور (*Acipenser schrenckii*) در تراکم‌های مختلف (۰/۳، ۰/۷۵ و ۱/۷۸ کیلوگرم بر مترمکعب) طی ۷۰ روز منجر به افزایش غلظت کورتیزول پلاسما در تراکم‌های بالا شد (۹). بررسی کفشک‌ماهی (*Solea senegalensis*) در دو تراکم بالا (۱۲ کیلوگرم بر مترمکعب) و پایین (۳/۵ کیلوگرم بر مترمکعب) به‌مدت ۱۸ روز نشان داد که سطوح کورتیزول و گلوکز در تراکم بالا بیش‌تر از تراکم پایین بود (۱۱). بررسی دو تراکم مختلف (۱۰ و ٤٥ کیلوگرم بر مترمکعب) برای قزل‌آلای رنگین‌کمان به‌مدت ۳۰ روز نیز به نتایج مشابهی منجر شد (۳۵). مقادیر کورتیزول و گلوکز در ماهی کاراس طلایی (*Carassius auratus*) در دو تیمار با سطح تراکم کم (۱۲ کیلوگرم بر مترمکعب) و تراکم زیاد (۲۱ کیلوگرم بر مترمکعب) به‌طور معنی‌داری بیش‌تر گزارش شد (۳٦). نتایج مطالعه حاضر با پژوهش‌های ذکرشده همخوانی دارد. از طرف دیگر، با مطالعه روی باس دریایی اروپایی در چهار سطح تراکم (۸/۱، ۲۵/۲، ۵۰/۵ و ۷۵/٤ کیلوگرم بر مترمکعب) به مدت ۵۷ روز (۱۰)، کپور معمولی (۳٤)، فیل‌ماهی (۲)، و تاس‌ماهی سیبری (۳۷) افزایش تراکم پرورش تأثیری بر مقادیر کورتیزول و گلوکز بین تیمارها نشان نداد که نتایج حاضر با آن‌ها تطابق ندارد. یکی از دلایل احتمالی عدم تطابق این نتایج، تفاوت در گونه‌های مورد آزمایش است، چرا که برخی از گونه‌ها (به‌خصوص انواع کفشک‌ماهیان) قادرند تراکم‌های بسیار بالا را تحمل کنند و حتی در تراکم‌های بالاتر رشد بهتری داشته باشند. کاهش مقادیر هورمون کورتیزول با گذشت زمان و طولانی شدن عامل استرس‌زا در برخی مطالعات گزارش شد (۲، ۳۸)، اما این مطالعه بیانگر آن است که در تراکم‌های بالا میزان کورتیزول در پایان آزمایش به مقادیر اولیه خود باز نمی‌گردد.

تغییر در فراسنجه‌های خونی از جمله واکنش‌هایی است که جانور در پاسخ به تنش از خود نشان می‌دهد. بخشی از این تغییرات وابسته به ویژگی‌های خود گلبول‌های قرمز است (مانند تغییر در اندازه سلول و میزان ذخیره هموگلوبین) و بخشی دیگر به غلظت پلاسما بستگی دارد که می‌تواند اثر خود را به‌صورت تغییر در تعداد گلبول‌ها در واحد حجم و

هم‌چنین تغییر میزان هماتوکریت نشان دهد (۳۹). کاهش میزان هماتوکریت با افزایش تراکم در برخی ماهیان مشاهده شد که این پدیده را مرتبط با همولیز گلبول‌ها دانسته‌اند (٤۰). در مطالعه حاضر نیز بیش‌ترین مقدار هماتوکریت در تیمار اول با تراکم ۵ ماهی مشاهده شد و همراه با افزایش تراکم مقدار آن روند کاهشی داشت. هم‌چنین فراسنجه‌های خونی گلبول سفید و هموگلوبین با افزایش تراکم کاهش یافتند. در مطالعه بر روی قزل‌آلای رنگین‌کمان پرورش این ماهی در تراکم‌های مختلف (۲۵ و ۱۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب) به مدت ٦۳ روز تغییراتی را در مقادیر گلبول‌های قرمز، هماتوکریت، هموگلوبین، شاخص‌های MCV، MCHC و گلبول‌های سفید در پی نداشت (٤۱).

تعداد گلبول‌های سفید و ترکیب آن یکی از شاخص‌های مهم سلامتی ماهی و نشان‌دهنده وجود یا عدم وجود عفونت و نوع واکنش بدن به عفونت و دیگر عوامل فیزیولوژیک و پاتولوژیک هستند. ازجمله عوامل مؤثر در تعداد گلبول‌های سفید می‌توان به عواملی چون بیماری‌های عفونی، التهاب، استرس، دما، وضعیت تغذیه، سن، جنس و تغییر در میزان هورمون‌ها اشاره کرد (٤۲). هم‌چنین یکی از باارزش‌ترین پارامترهای خونی اندازه‌گیری‌شده، شمارش افتراقی گلبول‌های سفید است که درصد انواع سلول‌های سفید خون را نشان می‌دهد. نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که هرچه تراکم بیش‌تر می‌شود تعداد گلبول سفید کاهش می‌یابد (جدول ۵).

نتایج این مطالعه مطابق پژوهش پیشین (٤۳) است که در آن مقدار گلبول‌های سفید با افزایش تراکم در ماهیان خال‌قرمز (*Salmo trutta*) و قزل‌آلای رنگین‌کمان کاهش یافت. به‌نظر می‌رسد استرس ناشی از افزایش تراکم و تغییرات محیطی ناشی از آن باعث کاهش تعداد گلبول‌های سفید شده است. نتایج مشابهی نیز در پژوهش‌های دیگر گزارش شده است (٤٤ و ٤۵).

با افزایش تراکم ذخیره‌سازی، در تعداد گلبول‌های سفید روند کاهشی مشاهده شد. مطالعات بیانگر این مسأله هستند که گلبول‌های سفید در ماهیانی که تحت‌تأثیر تنش قرار گرفته‌اند، معمولاً کاهش می‌یابد (٤٦ و ٤۷). کاهش تعداد گلبول‌های سفید تحت‌تأثیر تنش‌های محیطی پیش از این در مورد فیل‌ماهی (*Huso huso*) (۲)، کپور معمولی (٤۷) و تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) (٤۸) گزارش شد. در یک مطالعه (۲) افزایش تراکم تأثیری بر تعداد گلبول قرمز خون فیل‌ماهی نداشت که مشابه با نتایج این پژوهش می‌باشد. مطالعات گذشته نشان داد که نوتروفیل‌ها و لنفوسیت‌ها نقش مهمی در ایجاد فعالیت‌های سیستم ایمنی بدن ایفا می‌نمایند و کورتیکوستروئیدها تأثیر زیادی بر نوسان تعداد این سلول‌ها دارند به‌طوری‌که در زمان بروز تنش و ترشح کورتیکوستروئیدهایی مانند کورتیزول، پدیده‌های کاهش لنفوسیت‌ها و افزایش نوتروفیل‌ها رخ می‌دهند که این تغییرات با نوسانات سطوح کورتیزول خون دقیقاً مطابقت دارد (٤۹).

درمورد ائوزینوفیل‌ها، کم‌ترین مقدار در تراکم‌های ۵ ماهی و بیش‌ترین میزان آن در تراکم ۲۰ ماهی مشاهده شد ولی سطوح این فاکتور در تیمارهای مختلف فاقد اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۵). به‌طور کلی میزان ائوزینوفیل‌ها در خون ماهیان پایین است و در شرایط طبیعی ۲ تا ۳ درصد از کل لکوسیت‌های خون ماهیان را تشکیل می‌دهد و به ندرت گزارش شده است که ۱۰ درصد از کل لکوسیت‌ها را تشکیل می‌دهند (۵۰).

با مطالعه درصد مونوسیت‌های خون در تراکم‌های مختلف، بیش‌ترین و کم‌ترین درصد این فاکتور به‌ترتیب در تراکم‌های ۲۵ و ۵ ماهی مشاهده شدند که

دارای اختلاف معنی‌داری بودند. مطالعه انجام شده نیز نشان داد مونوسیت‌ها درصد پایینی (۰/۰۱ درصد) از لکوسیت‌های خون تاس‌ماهی سیبری را به خود اختصاص دادند (۵۱).

عموماً دانش موجود بیانگر آن است که ترکیب اسید چرب در گوشت ماهی نمایانگر مشخصات اسیدهای چرب در جیره است. در مطالعاتی بر روی ماهی سفید دریای خزر (۲۰) و روی سیم دریایی (۲۱)، بالاترین مقدار اسیدهای چرب اشباع (به ترتیب ۱۳/۹۱ و ۲۷/۳۷ درصد) به اسید پالمیتیک (C16:0) تعلق داشت. در مطالعه حاضر نیز این اسید چرب بیش‌ترین میزان را در تراکم‌های ۵ و ۱۵ ماهی به خود اختصاص داد. در پژوهش‌های گذشته، بیش‌ترین مقدار اسیدهای چرب اشباع‌شده (SFA) در تخم خام بسیاری از آبزیان مورد بررسی به اسید پالمیتیک تعلق داشت (۲۲). در سیم دریایی پرورشی و وحشی (*Sparus aurata*) اسید پالمیتیک با ۱۸/۵۷ درصد از بالاترین میزان در اسیدهای چرب اشباع برخوردار بود (۲۳). میزان اسید چرب پالمیتیک در کفال خاکستری (*Mugil cephalus*) ۲۱/۵±۰/۳۳ و در توربوت (*Scopthalmus maeticus*) ۱۵/۵±۰/۵۵ تعیین شد (۲٤) که نتایج این مطالعه را تأیید می‌کند. در مطالعه حاضر در تراکم‌های ۱۰، ۲۰ و ۲۵ ماهی، بالاترین مقدار اسیدهای چرب اشباع به ترتیب برای مقادیر اسید استئاریک (C18:0) و اسید پالمیتیک (C16:0) برآورد گردید. در مجموع، اسیدهای چرب اشباع در تراکم‌های مختلف پرورش مقدار بیش‌تری را نسبت به اسیدهای چرب غیر اشباع در مطالعه حاضر به خود اختصاص دادند.

از فاکتورهای مهم تعیین‌کننده کیفیت و ارزش غذایی روغن ماهی، نسبت مناسب اسیدهای چرب خانوادهٔ امگا-۳ در مقایسه با اسیدهای چرب خانواده امگا-٦ است (۲۵). در مطالعه حاضر، این نسبت کم‌تر از ۱ به‌دست آمد که مشابه با نتایج گزارش شده در ماهی خاویاری آمور است (۲٦). این نسبت برای ماهیان پرورشی *Labeo rohita*، *Cirrhinus mrigala* و *Catla catla* به‌ترتیب ۱/۸۷، ۱/۹۱، و ۱/٦۹ گزارش شد (۲۷). نسبت‌های بالاتری برای ماهی سفید دریای خزر (۲۸) و ماهی ساردین (۲۹) گزارش گردید. در ماهیان آب شیرین، مقادیر اسیدهای چرب خانواده امگا-٦ بالاتر از امگا-۳ است (۳۰) و در مطالعه حاضر نیز اسیدهای چرب امگا-٦ بیش‌تر از امگا-۳ بودند (جدول ۲). نسبت مناسب اسیدهای چرب امگا-۳ به امگا-٦ در جیره غذایی انسان سالم بین ۱ به ۱ تا ۱ به ۵ است (۲۵).

نتیجه‌گیری

زیست آبزیان خونسرد از جمله ماهیان به‌شدت به کیفیت محیط آب وابسته است که در طبیعت و در استخرهای پرورش ماهی باید ویژگی‌های خاصی داشته باشد تا ماهی بتواند نیازهای فیزیولوژیکی خود را تأمین نماید. داده‌های ویژگی‌های کیفی آب، شامل دما، اکسیژن، سختی و غیره، برای مدیریت موفقیت‌آمیز یک استخر پرورش ماهی مورد نیاز هستند. بیش‌تر پژوهش‌های گذشته شرایط پرورش برای ماهی سفید را تا حدی مشابه با شرایط پرورشی ماهی کپور و سایر کپورماهیان پرورشی تعریف کرده‌اند، و حال آن‌که این گونه ساکن دریای خزر است که زیستگاه ماهی آزاد خزری و ماهیان خاویاری است. بنابراین، شرایط زیست پرورشی برای ماهی سفید باید نزدیک به شرایط زیستی آزاد ماهیان یا ماهیان خاویاری تعریف شود و نمی‌توان شرایط پرورشی پیشنهادی برای کپورماهیان را برای پرورش ماهی سفید قابل‌قبول دانست. به علاوه، ماهی سفید یک ماهی مهاجر رودکوچ (همانند ماهیان خاویاری و آزادماهیان) است دامنه تحمل بالایی در برابر شرایط

محیطی دارد و می‌تواند گزینه‌ای مطرح برای پرورش پرواری باشد. در این مطالعه، بالاترین نسبت مناسب اسیدهای چرب امگا-۳ به امگا-٦ در تراکم ١٦٦ قطعه در هر مترمکعب (۱۰ قطعه در ٦۰ لیتر آب) به‌دست آمد. در همین تراکم ماهی، بالاترین سطح ایمنی با اندازه‌گیری هورمون‌های گلوکز و کورتیزول و نیز سطوح مناسب فراسنجه‌های خونی تعیین شد. نتایج شمارش افتراقی گلبول‌های سفید نشان داد که تا تراکم ۲۵۰ قطعه در هر مترمکعب (۱۵ قطعه در ٦۰ لیتر آب) تأثیر معنی‌داری بر مقادیر لنفوسیت و مونوسیت مشاهده نشد، که بیانگر وضعیت مناسب ایمنی ماهی تا این سطح تراکم است. نتایج این مطالعه نشان داد که پرورش ماهی سفید خزری با تراکم ۲۵۰ قطعه در هر مترمکعب آب می‌تواند منجر به ایمنی، بقاء و رشد بهتری نسبت به تراکم‌های بالاتر شود. از این یافته‌ها می‌توان در طرح‌های معرفی این گونه جهت آبزی‌پروری بهره‌برداری کرد.

منابع

1. Ellis, T., North, B., Scott, A. P., Bromage, N. R., Porter, M., & Gadd, D. (2002). The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. *Journal of Fish Biology*, 61, 493-531.
2. Rafatnezhad, S., Falahatkar, B., & Gilani, M. H. T. (2008). Effects of stocking density on haematological parameters, growth, and fin erosion of great sturgeon (*Huso huso*) juveniles. *Aquaculture Research*, 39, 1506-1513.
3. Iguchi, K., Ogawa, K., Nagae, M., & Ito, F. (2003). The influence of rearing density on stress response and disease susceptibility of ayu (*Plecoglossus altivelis*). *Aquaculture*, 220, 515-523.
4. Yousif, O. M. (2002). The effects of stocking density, water exchange rate, feeding frequency and grading on size hierarchy development in juvenile Nile tilapia, (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Agriculture Science*, 14, 45-53.
5. Ramsay, J. M., Feist, G. W., Varga, Z. M., Westerfield, M., Kent, M. L., & Schreck, C. B. (2006). Whole-body cortisol is an indicator of crowding stress in adult zebrafish, (*Danio rerio*). *Aquaculture*, 258, 565-574.
6. Mommsen, T. P., Vijayan, M. M., & Moon, T. W. (1999). Cortisol in teleosts: dynamics, mechanisms of action, and metabolic regulation. *Reviews in Fish Biology*, 9, 211-268.
7. Bayunova, L., Barannikova, I., & Semenkova, T. (2002). Sturgeon stress reaction in aquaculture. *Applied Ichthyology*, 18, 397-404.
8. Barcellos, L. J. G., Kreutz, L. C., & Quevedo, R. M. (2006). Previous chronic stress does not alter the cortisol response to an additional acute stressor in jundia´ (*Rhamdia quelen*) fingerlings. *Aquaculture*, 253, 317-321.
9. Li, D., Liu, Z., & Xie, C. (2012). Effect of Stocking Density on Growth and Serum Concentrations of Thyroid Hormones and Cortisol in Amur sturgeon, *Acipenser schrenckii*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 382, 511-520.
10. Santos, G. A., Schrama, J. W., Mamuag, R. E. P., Rombout, J. H. W. M., & Verreth, J. A. J. (2010). Chronic stress impairs performance. Energy metabolism and welfare indicators in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*): The combined effects of fish crowding and water quality deterioration. *Aquaculture*, 299, 73-80.
11. Costas, B., Aragao, C., Dias, J., Afonso, A., & Conceicao, L. E. C. (2013). Interactive effects of a high-quality protein diet and high stocking density on the stress response and some innate immune parameters of Senegalese sole *Solea senegalensis*. *Fish Physiol. Biochem*. 39, 1141-1151.
12. Jamili, Sh., & Mashianchian Moradi, A. (2017). Investigating and identifying the blood factors of duck fish in Anzali lagoon. The first national conference on

fisheries and aquatic sciences of Iran, Lahijan, pp. 37-39.
13. Sattari, M. (2002). Ichthyology (Description and Physiology). Gilan: Naqsh Mehr Publications. Chapter 6, 214-224. [In Persian]
14. Houston, A. H., & Rupert, R. (1997). mmediate response of hemoglobin system of gold fish (*Cyprinus auratus*) to tempera change. *Canadian Journal of Zoology*, 54, 1731-1741.
15. Tirneitali, M., Khalesi, M. K., & Kohestan Eskandari, S. (2015). Comparison of chemical composition, fatty acids, and muscle of the Caspian Sea Kutum (*Rutilus frisii*) in the east and west of Mazandaran province in winter and spring. *Journal of Food Science and Nutrition,* 17 (67), 67-80.
16. Sargent, J. R., Bell, M. V., Henderson, R. J., & Tocher, D. R. (1990). Polyunsaturated fatty acids in marine and terrestrial food webs. In Animal nutrition and transport processes. 1. Nutrition in wild and domestic animals. Edited by J. Mellinger (ed.). Comparative Physiology, Basel, Karger 5, 11-23.
17. Mahmoudi, Z., Allaf Naveirian, H., Falahatkar, B., & Hhoshkholq, M. (2013). Effect of different levels of dietary protein and fat on the growth performance of Caspian Sea Kutum, *Rutilus frisii* kutum Kamensky. *Iranian Journal of Fisheries Science*, 22 (1), 101-116.
18. Iwama, G. K., Afonso, L. O. B., & Vijayan, M. M. (2004). Stress in Fish. Aqua Net Workshop on Fish Welfare, Campbell River, B.C. Canada. pp. 9.
19. Pickering, A. D., & Pottinger, T. G. (1989). Stress responses and disease resistance in salmonid fish: effects of chronic elevation of plasma cortisol. *Fish Physiology and Biochemistry*, 7, 253-258.
20. Jalili, S. (2017). Effect of cooling time on protein changes and damage to fatty acids of Caspian Sea Kutum (*Rutilus frisi* kutum) during cold storage. Doctoral thesis on fisheries. Islamic Azad University Research Sciences Unit. 160 p.
21. Valente, L. M. P., Olmedo, M., Borges, P., Soares, S., Gomes, E. F. S., Álvarez-Blázquez, B., & Linares, F. (2010). Effects of carbohydrate sources on growth, body composition and tissue lipid deposition of black spot sea bream, *Pagellus bogaraveo* (Brunnich). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 94 (2), 212-219.
22. Hedayati Fard, M., & Nemati, S. (2008). Fatty acid changes in the eggs of Kutum (*Rutilus frissi* kutum) and golden mullet (*Liza aurata*) from the Caspian Sea under the salting process. *Journal of Fishery*, 3 (2), 1-11.
23. Mnari, A., & Bouhle, I. (2007). Fatty acids in the muscle and liver of Tunisian wild and farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Journal of Food Chemistry*, 100, 1393-1397.
24. Ozogul, Y., & Ozgoul, F. (2007). Fatty acid profiles of commercially important fish species from the Mediterranean, Aegean and Black seas. *Food Chemistry*, 100, 1636-1638.
25. Zuraini A., Somchit, M. N., Solihah, Goh, M. H., Y. M., Arifah, A. K., Zakaria, M. S., Somchit, N., Rajion, M. A., Zakaria Z. A., & Mat Jais, A. M. (2006). Fatty acid and amino acid composition of three local Malaysian Channa spp. fish, *Food Chemistry*, 97 (4), 674-678.
26. Ni, M., Wen, H., Li, J., Chi, M., Bu, Y., Ren, Y., Zhang, M., Song, Zh., & Ding, H. (2016). Effects of stocking density on mortality, growth and physiology of juvenile Amur sturgeon (*Acipenser schrenckii*). *Aquaculture Research*, 47, 1596-1604.
27. Memon, N. N., Talpur, F. N., Bhanger, M. I., & Balouch A. (2011). Changes in fatty acid composition in muscle of three farmed carp fish species (*Labeo rohita*, *Cirrhinus mrigala*, *Catla catla*) raised under the same conditions. *Food Chemistry*, 126 (2), 405-410.
28. Nikoo, M., Faghani Langroudi, H., & Esmaili Molla, A. (2010). Serum steroid hormones in Kutum (*Rutilus frisii* kutum) during spawning season. *International Aquatic Research*, 2, 131-133.

29. García-Arias, M. T., Álvarez Pontes, E., García-Linares, M. C., García-Fernández, M. C., & Sánchez-Muniz, F. J. (2003). Cooking–freezing–reheating (CFR) of sardine (*Sardina pilchardus*) fillets. Effect of different cooking and reheating procedures on the proximate and fatty acid compositions. *Food Chemistry*, 83 (3), 349-356.
30. Justi, K. C., Hayashi, C., Visentainer, V. N., DeSouza, E., & Matsushita, M. (2003). The influence of supply time on the fatty acid profiles of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed on a diet enriched with n-3 fatty acids. *Food Chemistry*, 80, 489-493.
31. Barton, B. A. (2002). Stress in Fishes: A Diversity of Responses with Particular Reference to Changes in Circulating Corticosteroids. *Integrative and Comparative Biology*, 42 (3), 517-525.
32. Ortuño, J., Esteban, A., & Meseguer, J. (2002). Lack of effect of combining different stressors on innate responses of sea bream (*Sparus aurata* L.). *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 84, 17-27.
33. Beyea, M., Benfey, T., & Kieffer, J., (2005). Hematology and stress physiology of juvenile diploid and triploid shortnose sturgeon (*Acipenser brevirostrum*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 31, 303-313.
34. Ruane, N. M., Carballo, E. C., & Komen, J. (2002). Increasing stocking density influences the acute physiological stress response of Common carp *Cyprinus carpio* (L). *Aquaculture Research*, 33, 777-784.
35. Yarahmadi, P., Kolangi Miandare, H., Fayaz, S., Marlowe, C., & Caipang, A. (2016). Increased stocking density causes changes in expression of selected stress- and immune-related genes, humoral innate immune parameters and stress responses of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish and Shellfish Immunology*, 48, 43-53.
36. Khandan Barani, H., & Heydari, M. R. (2018). The Effects of Stocking Density on Blood and Serum Biochemical Indices of Goldfish *Carassius auratus*. *Journal of Experimental Animal Biology*, 24, 75-84.
37. Hassanalipour, A., Igdari, S., Bahmani, M., & Pourbaqer, H. (2013). Changes in cortisol-glucose index and growth in response to stocking density in the Siberian sturgeon *Acipenser baerii*. *Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics*, 1 (4), 13-27.
38. Procarione, L. S., Barry, T. P., & Malison, J. A. (1999). Effect of high rearing density and loading rates on the growth and stress response of juvenile rainbow trout. *North American Journal of Aquaculture*, 61, 91-96.
39. Milhgan, C. L., & Wood, C. M. (1982). Disturbances in haematology, fluid volume distribution and circulatory function associated with low environmental pH in the rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Journal of Experimental Biology*, 99, 397-415.
40. Ziegeweid, J. R., & Black, M. C. (2010). Hematocrit and plasma osmolality values of young-of-year short-nose sturgeon following acute exposures to combinations of salinity and temperature. *Fish Physiology and Biochemistry*, 36, 963-968.
41. Skov, P. V., Larsen, B. K., Frisk, M., & Jokumsen, A. (2011). Effects of rearing density and water current on the respiratory physiology and haematology in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* at high temperature. *Aquaculture,* 319, 446-452.
42. Serajian, Sh. (2015). Examination and comparison of some blood factors and steroid hormones in immature and mature female golden mullet Caspian Sea (*Liza auratus*). M.Sc Thesis, Islamic Azad University, Lahijan Branch. 113 p.
43. Pickering, A. D., & Pottinger, T. G. (1987). Crowding causes prolonged leucopenia in salmonid fish despite interrenal acclimation. *Journal of Fish Biology*, 30, 701-702.
44. Wedemeyer, G. A., Barton, B., & Mcleay, D. J. (1990). Stress and acclimation. Methods for fish biology. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, 451-489.

45. Aalimahmoudi, M., Salehipour Bavarsad, S., & Saeid Moghdani, S. (2015). Effects of different stocking densities on haematological and biochemical parameters of great sturgeon juveniles (*Huso huso* Linnaeus, 1758). *Research Opinions in Animal and Veterinary Sciences*, 5 (8), 348-352.
46. Ellsaesser, C. F., Miller, N. W., & Cuchens, M. A. (1985). Analysis of channel catfish peripheral blood leukocytes by bright-field microscopy and flow cytometry: Transactions of the American *Fisheries Society*, 114, 279-285.
47. Balabanova, L. V., Mikryakov, D. V., & Mikryakov, V. R. (2009). Response of common carp (*Cyprinus carpio* L.) leucocytes to hormone-induced stress. *Inland Water Biology*, 2, 86-88.
48. Martines-Porchas, M., Martines-Cordova, L. R., & Ramos-Enriquez, R. (2009). Cortisol and glucose: reliable indicators of fish stress? *Pan American Journal of Aquatic Sciences*, 4 (2), 158-178.
49. Bahmani, M., Kazemi R., & Donskaya P. (2001). A comparative study of some hematological features in young reared sturgeon. *Fish Physiology and Biochemistry*, 24, 135-140.
50. McDonald, D. G., & Milligan, C. L. (1992). Chemical properties of the blood. In: Hoar, W. S., Randall, D. J., Farrell, A. P. (Eds.), Fish Physiology. Elsevier Inc., the Netherlands, pp. 55–133.
51. Gomułka, P., Własow, T., Velíšek, J., Svobodová, Z., & Chmielińska, E. (2008). Effects of eugenol and MS 222 anesthesia on Siberian sturgeon *Acipenser baerii* Brandt. Acta Vet Brno, 77 (3), 447-453.
52. Hosseini, F. (2018). Changes in fatty acids during the early developmental stages of Kutum (*Rutilus frisii* kutum) in the Caspian Sea. Master's thesis, Sari University of Agriculture and Natural Resources, 79 p.