شیلات، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۵، شماره ۱، بهار ۱۴۰۱
صفحات ۱۳۵-۱۲۳

اثر استراتژی‌های مختلف تغذیه‌ای بر عملکرد رشد و فاکتورهای بیوشیمیایی بچه فیل ماهیان (*Huso huso*)

مهدی اسلامی[۱]، سمیه بهرام[۲*]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه شیلات، واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم‌شهر، ایران
۲. استادیار گروه شیلات، واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم‌شهر، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰ /۰۵/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۵

چکیده

در مطالعه حاضر، اثر استراتژی‌های مختلف غذایی طی ۶۰ روز و غذادهی مجدد به دنبال آن طی ۶۰ روز دوره پرورش بعدی جهت دستیابی به رشد جبرانی بر عملکرد رشد و شاخص‌های بیوشیمیایی در فیل ماهی (*Huso huso*) مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور، ۲۴۰ قطعه فیل ماهی با میانگین وزنی ۱/۱۰ ± ۶۷/۱۰ گرم (میانگین ± انحراف معیار) در ۴ گروه استراتژی تغذیه‌ای تقسیم شدند که شامل غذادهی در حد سیری (۱۰۰ درصد)، ۷۵ درصد غذادهی در حد سیری، ۵۰ درصد غذادهی در حد سیری و ۲۵ درصد غذادهی در حد سیری بود. در مرحله دوم تمامی گروه‌ها در حد سیری تغذیه شدند. خون‌گیری از ماهیان در پایان آزمایش (۱۲۰ روز) تغذیه‌ای جهت بررسی شاخص‌های بیوشیمیایی خون انجام شد. در پایان مرحله اول وزن نهایی در تیمار تغذیه شده حد سیری (۱۰۰ درصد) به طور معناداری بیشتر از سایر تیمارهای آزمایشی بود و با افزایش محدودیت غذایی وزن نهایی کاهش یافت ($p < ۰/۰۵$). نرخ رشد ویژه به طور معناداری در تیمارهای حد سیری و ۷۵درصد حد سیری بالاتر از سایر تیمارها بود ($p < ۰/۰۵$). در پایان مرحله دوم، اختلاف معناداری در ورن نهایی، طول نهایی، وزن کسب رشد و نرخ رشد ویژه بین تیمارها مشاهده نشد ($p> ۰/۰۵$). هماتوکریت تحت تاثیر استراتژی‌های غذایی قرار گرفت و در تیمار با سطح غذادهی ۲۵درصد حد سیری کمتر از سایر تیمارها بود ($p < ۰/۰۵$). پروتئین کل و تری‌گلیسرید در تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ درصد حد سیری بالاتر از سایر تیمارها بود ($p < ۰/۰۵$). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تغذیه ماهیان با ۷۵ و ۵۰ درصد حد سیری غذا دهی و غذادهی مجدد به دنبال آن منجر به رشد بالا با کاهش در هزینه‌های غذایی، بدون اثر منفی روی وضعیت فیزیولوژیک خواهد شد و می‌تواند به عنوان یک روش مناسب در برای پرورش فیل ماهی معرفی شود.

واژگان کلیدی: گرسنگی، تغذیه ، شاخص‌های بیوشیمیایی، فیل ماهی، روش پرورش.

* نویسنده مسئول: سمیه بهرام
Email: bahramsomi@gmail.com

Journal of Fisheries
Vol. 75, No. 1, Spring 2022
pp. 123-135

Effect of different feeding strategies on growth performance and biochemical indices of great sturgeon *Huso huso*

Mehdi Eslami[1], Somayeh Bahram[2*]

1. *Department of Fisheries, Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran.*
2. *Assistant Professor, Department of Fisheries, Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran*.

Received: 08-Aug-2021 **Accepted: 27-Oct-2021**

Abstract

In the present study, the effect of various feeding strategies during 60 days and subsequent re-feeding over the next 60 days was evaluated to achieve the compensatory growth on growth performance and biochemical parameters in great sturgeon *Huso huso*. For this purpose, two hundred and forty fish with a mean individual weight of 67.10 ± 1.10 g (Mean ± SD) were divided into four feeding strategies groups: satiation feeding (100%), 75% satiation feeding (75%), 50% satiation feeding (50%), and 25% satiation feeding (25%). In the second phase, all groups were fed to satiation. Blood sampling was performed at the end of feeding trial (120 days) to measure biochemical parameters. At the end of first phase, final weight in the satiated group (100%) was higher than the other groups while it decreased with increasing dietary restriction ($p < 0.05$). Specific growth rate and mean individual weight increased significantly in 75% and 100% satiation feeding compared to the other treatments ($p < 0.05$). At the end of second phase, there was not significant differences in the final individual weight, total length, weight gaine and specific growth rate among treatments ($p > 0.05$). Hematocrit was affected by dietary strategies and in the treatment with 25% satiation feeding was lower than the other treatments ($p <0.05$). Total protein and triglyceride in 100 and 75% treatments were higher than the other treatments ($p < 0.05$). Based on the present study, feeding, at the rates of 75 and 50% satiation and subsequent re-feeding lead to a high growth rate and reducing the feed costs without negative impact on physiological conditions of the great sturgeon fish, and this methods can be considered as an appropriate strategy for culture of this fish.

Keywords: Starvation, Feeding, Biochemical indices, Compensatory growth, *Huso huso, Culture method.*

Corresponding author: Somayeh Bahram Email: bahramsomi@gmail.com

۱. مقدمه

کیفیت بالای گوشت و ارزش اقتصادی قابل توجه خاویار منجر به گسترش پرورش ماهیان خاویاری در جهان شده است (Bronzi and Rosenthal, 2014). فیل ماهی یکی از مهم‌ترین ماهیان خاویاری دریای خزر محسوب می‌شود. این گونه به دلیل رشد سریع، سهولت تولیدمثل در اسارت و تحمل شرایط متغیر پرورش کاندید مناسبی برای آبزی‌پروری است (Mohseni *et al*., 2006).

با توجه به طولانی بودن دوره رشد ماهیان خاویاری، غذا به عنوان یک عامل مهم در مدیریت پرورش و موفقیت آبزی‌پروری آن‌ها محسوب می‌شود. بیشترین تلاش‌ها در آبزی‌پروری در ارتباط با استراتژی های تغذیه‌ای و بهینه سازی ترکیبات غذایی برای گونه‌های مهم و تجاری قابل پرورش است. از جمله مواردی که در زمینه مدیریت مجموعه‌های تولیدی اهمیت دارد، توجه به بازدهی کلی و میزان محصول است. عوامل بسیاری در این زمینه دخالت دارند که از مهم‌ترین آنها می‌توان به غذا، مدیریت تغذیه و درک و شناخت فیزیولوژی رشد اشاره کرد. در صورت شناخت و درک ماهیت پدیده رشد، می‌توان مدیریت پیشرفته‌ای را در زمینه آبزی پروری اعمال نمود که علاوه بر کاهش هزینه‌های تولید، فضای قابل توجهی را نیز به منظور توسعه و پیشرفت این صنعت به صورت پایدار در آینده فراهم خواهد نمود. بنابراین هدف اصلی، دسترسی به حداکثر میزان رشد و بازماندگی است که در کوتاه‌ترین زمان ممکن منجر به حداکثر میزان تولید گردد. در این میان غذا و تغذیه آبزیان پرورشی، نقش کلیدی در دسترسی به حداکثر میزان رشد و سلامتی آبزیان دارد (Somantath *et al*., 2000).

مقدار و توزیع غذا نقش بسیار مهمی در مدیریت هزینه‌ها و رشد موجودات دارد (Azodi *et al*., 2015) زیرا غذادهی کمتر از حد نیاز، رشد ضعیف در نتیجه‌ی گرسنگی، افزایش رقابت غذایی در ماهیان (Davies *et al*., 2006) و مرگ و میر بالا را به دنبال خود خواهد داشت (Yilmaz and Eroddogan, 2011) که از نظر اقتصادی به صرفه نیست. کاهش هزینه‌های غذا در آبزی‌پروری تجاری، اعمال مدیریت تغذیه و استراتژی‌های مناسب در مواجه با شرایط متفاوت پرورش از طریق بهینه‌سازی غذا، یکنواختی اندازه ماهی‌ها و نیز کاهش مواد دفعی و هزینه مزرعه بسیار حائز اهمیت است (Schnaittacher *et al*., 2005). از این‌رو آبزی پروران از استراتژی‌های مختلفی جهت اعمال مدیریت تغذیه‌ای بهتر استفاده می‌کنند که از این موارد می‌توان به تغذیه در حد سیری (Satiation)، تغذیه محدود (Restricted feeding)، گرسنگی کوتاه یا بلند مدت (Starvation) و نیز دوره‌های متوالی گرسنگی و تغذیه مجدد (Re-feeding) به منظور دستیابی به رشد جبرانی (Compensatory growth) اشاره کرد (Falahatkar, 2012).

یکی از راه‌های کاهش هزینه‌های غذایی، پدیده رشد جبرانی است. این حالت معمولا با افزایش اشتها همراه است و گاهی اوقات قابلیت رشد را بهبود می‌بخشد (Ali *et al*., 2003). رشد جبرانی در صنعت آبزی‌پروری بسیار مورد توجه است، زیرا می‌توان برنامه‌های غذادهی را به نحوی طراحی نمود که علاوه بر افزایش میزان رشد، سبب کاهش هزینه‌ها گردد (Falahatkar, 2012).

در پرورش ماهیان خاویاری در فصول سرد مشاهده شده که پرورش دهندگان به علت رشد کم ماهی و برای کاهش هزینه‌ها، نرخ تغذیه را کاهش می‌دهند (Jafari *et al*., 2018). محدودیت و محرومیت غذایی ممکن است از چندین هفته تا چندین ماه ادامه پیدا کند و از این رو باعث کاهش شدید در ذخایر انرژی بدن و تحلیل بافت‌ها با هدف ادامه حیات شود؛ اما هنگامی که گرسنگی به یک نقطه مشخص برسد، رشد و بقا را تحت تأثیر قرار می دهد (Feng *et al*., 2011). طبیعی است که قبل از هر اقدامی در زمینه پرورش فیل ماهیان و سازگار کردن آن به سیستم‌های پرورشی بایستی مطالعات پایه روی رشد، تغذیه و فیزیولوژی آن انجام گیرد.

محدودیت غذایی علاوه بر صرفه‌جویی در هزینه‌های غذادهی می‌تواند در بهبود کیفیت آب، مدیریت زمان کارکنان، کاهش هزینه‌های کارگری و در نتیجه افزایش سود

در مزارع پرورشی مفید باشد (Yokoyama *et al*., 2009). تاکنون، مطالعات مختلفی در زمینه اثر محرومیت و یا محدودیت غذایی در گونه‌های مختلف ماهیان خاویاری انجام شده است. در تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii*) اثرات گرسنگی طولانی مدت و محدودیت غذایی توسط Shirvan و همکاران (۲۰۱۳) مطالعه شد. همچنین، Jafari و همکاران (۲۰۱۸) اثر استراتژی‌های مختلف تغذیه‌ای را بر وزن بدن، عملکرد رشد و شاخص‌های هماتولوژی تاس‌ماهی سیبری بررسی کردند و در مطالعه‌ای دیگر متابولیت‌های پلاسما در جوانان تاس-ماهی سیبری تحت تاثیر استراتژی‌های مختلف تغذیه‌ای توسط Jafari و همکاران (۲۰۱۸) مورد مطالعه قرار گرفت. بنابراین مطالعه در زمینه استفاده از استراتژی‌های مختلف تغذیه‌ای از جمله رشد جبرانی به اقتصادی کردن پرورش فیل ماهیان در مقیاس بزرگ کمک می‌کند، اما قبل از استفاده از رژیم‌های تغذیه‌ای در آبزی‌پروری اثرات محرومیت غذایی روی آبزی مورد نظر باید مورد بررسی قرار گیرد. دانستن پاسخ‌های احتمالی ماهی به این وضعیت‌ها یک چالش مهم در آبزی پروری محسوب می‌شود، چرا که می‌تواند به جلوگیری از آسیب‌های احتمالی برای سلامتی ماهی و به دنبال آن تولید بهینه کمک نماید (Perez - Jimenez *et al*., 2007). بنابراین، مطالعه حاضر اثرات استفاده از استراتژی‌های مختلف غذایی را روی عملکرد رشد، شاخص‌های هماتولوژیک و بیوشیمیایی فیل ماهی مورد بررسی قرار داد.

۲. مواد و روش کار

۲.۱. ماهی و شرایط پرورش

این مطالعه در کارگاه تکثیر و پرورش قره‌برون واقع در شهرستان ساری به مدت ۱۲۰ روز انجام شد. ۲۴۰ قطعه فیل ماهی جوان با میانگین وزنی ۱/۱۰ ± ۶۷/۱۰ گرم بعد از دو هفته سازگاری با شرایط پرورش، در ۱۲ مخزن فایبرگلاس (با حجم آبگیری ۵۰۰ لیتر و دبی آب ۱۰ لیتر بر دقیقه) با تراکم ۲۰ قطعه ماهی در هر مخزن توزیع شدند. میانگین شاخص‌های فیزیکی و شیمی آب در طی دوره پرورش شامل: اکسیژن محلول (۰/۳۵ ± ۸/۲ میلی‌گرم در لیتر)، دما (۰/۶ ± ۲۱/۵ درجه سانتی‌گراد) و pH (۰/۵ ± ۷/۵ میلی‌گرم در لیتر) بود. برای تامین آب مورد نیاز از آب چاه بعد از ۲۴ ساعت هوادهی استفاده گردید و هوادهی در هر مخزن با یک سنگ هوا انجام شد که به هواده مرکزی متصل بودند.

۲,۲. طراحی آزمایش

این مطالعه در قالب یک طرح کاملا تصادفی و در طی دو مرحله ۶۰ روزه با ۲۴۰ قطعه فیل ماهی انجام شد. جهت انجام این آزمایش ۴ تیمار با ۳ تکرار برای فاز اول (۶۰ روز) در نظر گرفته شد که شامل: تیمار۱: غذادهی در حد ۱۰۰درصد (سیری)، تیمار۲: غذادهی ۷۵ درصد حد سیری، تیمار۳: غذادهی ۵۰ درصد حد سیری، تیمار ۴: غذادهی ۲۵ درصد حد سیری بود. در مرحله دوم (۶۰ روزه دوم)، تمام تیمارها در حد ۱۰۰ درصد حد سیری تغذیه شدند.

غذادهی در ۳ نوبت (۸:۰۰، ۱۳:۰۰، ۱۸:۰۰) و با پلت‌های فرموله شده شرکت تعاونی تولید بیضاء (شیراز، ایران، پروتئین ۴۶ درصد، چربی ۱۸ درصد، فیبر ۱/۷ درصد و فسفر کل ۱ درصد، انرژی ۴۴۰۰ کیلوکالری بر کیلوگرم و رطوبت ۱۰ درصد) صورت گرفت. در طول ۶۰ روز، ابتدا در حد ۱۰۰ درصد اشتها به مدت ۲۰ دقیقه به تیمار ۱۰۰ درصدی غذا داده شد و متوسط غذای مصرفی اندازه‌گیری و سپس مقدار غذای ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد محاسبه و غذادهی انجام گرفت (Jafari *et al*., 2018).

۲.۳. سنجش شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای

در طول دوره آزمایش، زیست سنجی ماهیان بعد از ۶۰ و ۱۲۰ روز انجام گرفت. به منظور خالی نگه داشتن روده، یک روز قبل از انجام زیست سنجی، غذادهی به ماهیان قطع گردید و عملیات زیست سنجی با ترازوی دیجیتال و تخته زیست سنجی به ترتیب با دقت ۰/۱ گرم و ۱ میلی‌متر انجام گرفت. بعد از انجام زیست سنجی،

شاخص‌هایی از جمله شاخص‌های وضعیت، درصد رشد روزانه، وزن کسب شده، نرخ رشد ویژه، درصد افزایش وزن بدن، ضریب تبدیل غذایی، نرخ کارایی پروتئین، نرخ کارایی چربی و درصد بقا با استفاده از فرمول‌های زیر مورد محاسبه قرار گرفتند (Shimeno *et al.*, 1997; Falahatkar, 2012):

فاکتور وضعیت: [وزن ماهی (گرم) / طول کل^{3} (سانتی‌متر)]

= درصد رشد روزانه (٪)

[(وزن نهایی – وزن اولیه) / وزن اولیه / طول دوره پرورش)] × ۱۰۰

وزن کسب شده (گرم)= وزن نهایی – وزن اولیه

= نرخ رشد ویژه ($\%\ day^{-1}$)

[(لگاریتم وزن نهایی – لگاریتم وزن اولیه) / مدت زمان آزمایش]× ۱۰۰

درصد افزایش وزن بدن (٪)=(وزن نهایی – وزن اولیه / وزن اولیه)× ۱۰۰

ضریب تبدیل غذایی=وزن کسب شده / غذای مصرف شده

بازده پروتئین= پروتئین مصرف شده / وزن کسب شده × ۱۰۰

بازده چربی= چربی مصرف شده / وزن کسب شده × ۱۰۰

نرخ بقا (٪)=تعداد ماهیان در ابتدا / تعداد ماهیان در انتها × ۱۰۰

۲.۴. خون‌گیری و سنجش شاخص‌های بیوشیمیایی

برای اندازه‌گیری شاخص‌های خونی در پایان دوره آزمایش از هر تیمار ۹ قطعه ماهی (سه قطعه از هر تکرار) به صورت تصادفی انتخاب و سپس با گل میخک با دوز ۷۰ ppm بیهوش (Falahatgar *et al.*, 2020) و خون‌گیری با استفاده از سرنگ ۵ میلی‌لیتری از ساقه‌ی دمی ماهی انجام شد و هماتوکریت (Hct) از روش میکروهماتوکریت سنجش شد (Rehulka, 2000).

قسمتی از نمونه‌های خون در لوله‌های فاقد ماده ضدانعقاد خون قرار گرفت و پس از تشکیل لخته، سرم خون با استفاده از سانتریفوژ (به مدت ۱۵ دقیقه و دور ۶۰۰۰ rpm) توسط سمپلر از لخته جداسازی شد و در میکرو تیوب‌های جداگانه قرار گرفت و نمونه‌های سرم جداسازی شده تا زمان انجام آزمایش‌های سرمی در فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. اندازه‌گیری فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم از قبیل پروتئین تام، گلوکز، کلسترول، و تری‌گلیسرید با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی شرکت زیست شیمی انجام شد.

۲،۵. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

برای بررسی آماری داده‌ها، ابتدا نرمال بودن آنها توسط آزمون KolmogrovSmirnov ارزیابی و همگنی واریانس‌ها با آزمون Levene مورد بررسی قرار گرفت. در صورت برقراری شرایط فوق، جهت تجزیه و تحلیل داده‌های رشد در فاز اول و تحلیل فاکتورهای بیوشیمیایی از تجزیه واریانس یکطرفه (One way ANOVA) استفاده شد و اختلاف میانگین‌ها بوسیله آزمون چند دامنه‌ای توکی در سطح معنی‌داری$p< ۰/۰۵$ بررسی شد. برای تحلیل شاخص‌های رشد در فاز دوم از تجزیه واریانس ANCOVA استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم افزار SPSS (version 21.0) انجام گرفت. داده‌ها در متن بصورت میانگین ± انحراف معیار آورده شده است.

۳. نتایج

شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای فیل ماهیان در دو زیست سنجی (پایان ۶۰ روز اول و ۶۰ روز دوم) به ترتیب در جدول ۱ و ۲ آورده شده است. در طول دوره آزمایش، هیچ مرگ و میری در تیمارهای مختلف آزمایش مشاهده نشد (جدول ۱). در پایان ۶۰ روز اول وزن نهایی در تیمار تغذیه شده در حد سیری (۱۰۰ درصد) به طور معناداری بیشتر از سایر تیمارهای آزمایشی بود و با افزایش محدودیت غذایی وزن نهایی کاهش یافت و کمترین وزن نهایی در ماهیان تغذیه شده با ۲۵ درصد حد سیری بدست آمد ($p < ۰/۰۵$). طول نهایی در تیمارهای در حد سیری و ۷۵ درصد حد سیری به طور معناداری بالاتر از تیمارهای ۵۰ و ۲۵ درصد حد سیری بود ($p < ۰/۰۵$).

جدول ۱- شاخص‌های رشد و کارایی تغذیه پایان ۶۰ روز اول (میانگین ± خطای استاندارد).

فاکتورهای رشد	درصد سیری			
	۱۰۰٪	۷۵٪	۵۰٪	۲۵٪
وزن اولیه (g)	۶۶/۷۸ ± ۱/۱۷	۶۶/۹۵ ± ۱/۱۱	۶۶/۸۰ ± ۰/۹۵	۶۶/۷۱ ± ۰/۹۹
وزن نهایی (g)	۲۰۴/۷۴ ± ۵/۶۱^{a}	۱۸۲/۵۳ ± ۶/۴۲^{b}	۱۵۲/۴۴ ± ۵/۴۰^{c}	۱۰۴/۸۹ ± ۲/۸۷^{d}
طول اولیه (cm)	۲۷/۸۶ ± ۰/۲۹	۲۷/۴۸ ± ۰/۲۰	۲۷/۴۲ ± ۰/۲۵	۲۷/۰۲ ± ۰/۲۳
طول نهایی (cm)	۳۹/۷۹ ± ۰/۳۸^{a}	۳۸/۹۹ ± ۰/۴۲^{a}	۳۶/۴۶ ± ۰/۵۸^{b}	۳۲/۸۳ ± ۰/۳۳^{c}
وزن کسب شده (g)	۱۳۷/۹۶ ± ۱۰/۹۰^{a}	۱۱۵/۵۸ ± ۶/۶۹^{a}	۱۰۸/۶۴ ± ۹/۵۵^{a}	۳۸/۱۸ ± ۱/۱۹^{b}
فاکتور وضعیت	۰/۳۲ ± ۰/۰۱^{ab}	۰/۳۱ ± ۰/۰۱^{ab}	۰/۳۳ ± ۰/۰۱^{a}	۰/۳۰ ± ۰/۰۱^{b}
نرخ رشد ویژه (%/day)	۱/۸۷ ± ۰/۱۳^{a}	۱/۶۷ ± ۰/۱۱^{a}	۱/۳۷ ± ۰/۰۹^{b}	۰/۷۶ ± ۰/۰۷^{c}
ضریب تبدیل غذایی	۱/۰۲ ± ۰/۰۸	۰/۹۱ ± ۰/۰۶	۰/۸۱ ± /۰۱	۰/۹۲ ± ۰/۰۳
نرخ کارایی پروتئین	۵/۰۸ ± ۰/۴۲	۵/۶۵ ± ۰/۳۳	۶/۲۹ ± ۰/۰۴	۵/۶۱ ± ۰/۱۷
نرخ کارایی چربی	۱/۴۹ ± ۰/۱۱	۱/۶۶ ± ۰/۰۹	۱/۸۴ ± ۰/۰۱	۱/۶۴ ± ۰/۰۵
نرخ بازماندگی (%)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

حروف انگلیسی غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار بین تیمارهای مختلف است (P <۰/۰۵)

اختلاف معناداری در فاکتور وضعیت مشاهده شد، به طوری‌که بیشترین مقدار آن در تیمار با غذادهی حد سیری بدست آمد که با تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد حد سیری اختلاف معناداری نداشت (۰/۰۵ > p). نرخ رشد ویژه به طور معناداری در تیمارهای درحد سیری و ۷۵ درصد حد سیری بالاتر از سایر تیمارها بود (۰/۰۵ > p). اختلاف معنی‌داری در ضریب تبدیل غذایی، نرخ کارایی پروتئین و چربی بین تیمارها در پایان ۶۰ روز اول مشاهده نشد (۰/۰۵ < p).

نتایج زیست سنجی دوم (پایان ۶۰ روز دوم، تغذیه در حد سیری در تمام تیمارها) در جدول ۲ نشان داده شد. در پایان ۶۰ روز دوم اختلاف معناداری بین تیمارها در وزن، طول نهایی، افزایش وزن و نرخ رشد ویژه مشاهده نشد (۰/۰۵ < p). فاکتور وضعیت در پایان ۶۰ روز دوم اختلاف معناداری بین تیمارها نشان داد، به طوری‌که بیشترین مقدار آن در تیمار ۱۰۰ درصد غذادهی مشاهده شد که با تیمارهای ۷۵ و۵۰ درصد حد سیری اختلاف معناداری نداشت (۰/۰۵ < p). اختلاف معنی‌داری در ضریب تبدیل غذایی، نرخ کارایی پروتئین و چربی بین تیمارها در پایان ۶۰ روز دوم مشاهده نشد (۰/۰۵ < p).

درصد هماتوکریت و شاخص‌های بیوشیمیایی خون فیل ماهیان در جدول ۳ آورده شده است. هماتوکریت تحت تاثیر استراتژی‌های غذایی قرار گرفت و در تیمار با سطح غذادهی ۲۵٪ حد سیری کمتر از سایر تیمارها بود (۰/۰۵ > p). پروتئین تام و تری‌گلیسرید در تیمارهای ۱۰۰ و ۷۵ درصد حد سیری بالاتر از سایر تیمارها بود (۰/۰۵ < p). کلسترول و گلوکز اختلاف معناداری بین تیمارها نشان نداد (۰/۰۵ < p).

جدول ۲- شاخص‌های رشد و کارایی تغذیه پایان ۶۰ روز دوم (میانگین ± خطای استاندارد).

فاکتورهای رشد	درصد سیری			
	۱۰۰٪	۷۵٪	۵۰٪	۲۵٪
وزن اولیه (g)	۲۰۴/۷۴ ± ۵/۶۱^{a}	۱۸۲/۵۳ ± ۶/۴۲^{b}	۱۵۲/۴۴ ± ۵/۴۰^{c}	۱۰۴/۸۹ ± ۲/۸۷^{d}
وزن نهایی (g)	۲۱۵/۳ ± ۳۷/۵۹	۲۶۳/۲ ± ۲۲/۸۹	۳۰۵/۶ ± ۱۶/۳۵	۳۹۰/۶ ± ۴۷/۲۲
طول اولیه (cm)	۳۹/۷۹ ± ۰/۳۸^{a}	۳۸/۹۹ ± ۰/۴۲^{a}	۳۶/۴۶ ± ۰/۵۸^{b}	۳۲/۸۳ ± ۰/۳۳^{c}
طول نهایی (cm)	۴۷/۹۹ ± ۰/۴۲	۴۴/۷۵ ± ۰/۷۲	۴۳/۳۹ ± ۲/۷۷	۴۱/۵۳ ± ۲/۵۱
وزن کسب شده (g)	۱۱۲/۳ ± ۱۳/۴۳	۱۱۳/۰ ± ۱۵/۳۳	۱۳۷/۹ ± ۱۳/۶۲	۱۶۶/۶۴ ± ۳/۹۹
فاکتور وضعیت	۰/۳۳ ± ۰/۰۱^{ab}	۰/۳۳ ± ۰/۰۱^{ab}	۰/۳۵ ± ۰/۰۱^{a}	۰/۳۰ ± ۰/۰۱^{b}
نرخ رشد ویژه (%/day)	۰/۷۲ ± ۰/۰۷^{b}	۰/۸۸ ± ۰/۱۱^{b}	۱/۰۴ ± ۰/۳۱^{a}	۱/۵۳ ± ۰/۰۶^{a}
ضریب تبدیل غذایی	۱/۱۹ ± ۰/۰۵	۱/۰۵ ± ۰/۱۲	۱/۱۱ ± ۰/۱۴	۰/۹۹ ± ۰/۰۵
نرخ کارایی پروتئین	۴/۳۱ ± ۰/۱۷	۴/۹۵ ± ۰/۵۱	۴/۷۲ ± ۰/۵۰	۵/۱۸ ± ۰/۲۷
نرخ کارایی چربی	۱/۲۶ ± ۰/۰۵	۱/۴۵ ± ۰/۱۵	۱/۳۸ ± ۰/۱۵	۱/۴۱ ± ۰/۰۸
نرخ بازماندگی (%)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

حروف انگلیسی غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار بین تیمارهای مختلف است ($P < ۰/۰۵$).

جدول ۳- شاخص‌های هماتولوژی و بیوشیمیایی خون فیل ماهیان جوان مورد آزمایش در پایان ۱۲۰ روز (n=۶؛ میانگین ± خطای استاندارد).

شاخص‌ها	درصد سیری			
	٪۱۰۰	٪۷۵	٪۵۰	٪۲۵
هماتوکریت (%)	۳۱/۳۵ ± ۰/۳۸^{a}	۳۰/۵۳ ± ۰/۹۲^{a}	۳۱/۷۴ ± ۱/۱۲^{a}	۲۶/۹۳ ± ۰/۹۸^{b}
پروتئین کل (g/dl)	۳۰/۳۳ ± ۰/۹۱^{a}	۲۹/۶۷ ± ۰/۴۹^{a}	۲۷/۶۷ ± ۰/۶۱^{ab}	۲۵/۰۰ ± ۰/۶۳^{b}
گلوکز (mg/dl)	۴۵/۴۴ ± ۲/۱۴	۴۴/۷۹ ± ۱/۹۹	۴۵/۵۳ ± ۲/۴۸	۴۵/۶۴ ± ۱/۱۹
کلسترول (mg/dl)	۱۱۳/۷۶ ± ۸ /۰۲	۱۰۳/۲۴ ± ۶/۱۷	۹۵/۸۱ ± ۷/۰۵	۸۹/۳۱ ± ۱۰/۴۵
تری گلیسرید (mg/dl)	۳۶۷/۱۱ ± ۱۸/۱۴^{a}	۳۳۱/۵۰ ± ۱۰/۱۷^{a}	۲۵۲/۰۵ ± ۱۱/۴۵^{b}	۱۸۴/۱۰ ± ۱۹/۷۶^{c}

حروف انگلیسی غیر مشابه در هر ردیف نشان دهنده اختلاف معنی دار بین تیمارهای مختلف است ($P < ۰/۰۵$).

۵. بحث و نتیجه‌گیری نهایی

هدف مطالعه کنونی بررسی اثرات استراتژی‌های مختلف غذایی در فیل ماهی به منظور کاهش هزینه‌های تغذیه‌ای در عملیات آبزی‌پروری به ویژه تولید متراکم بود، لذا، ضروری است که قبل از اعمال محرومیت و محدودیت غذایی، پاسخ‌های ممکن را جهت تعیین استراتژی مناسب غذایی برای القای رشد جبرانی شناخت. در مطالعات گذشته گاهی در مورد پاسخ‌های تاس‌ماهیان به محرومیت و محدودیت غذایی نتایج متناقضی به دست آمده است که می‌تواند در ارتباط با گونه، سن، طول دوره محرومیت غذایی، خصوصیات فردی (Caruso *et al.*, 2010)، وضعیت فیزیولوژیک ماهی و شرایط محیطی باشد

(Furne *et al*., 2008; Jafari *et al*., 2018). اعمال محرومیت غذایی می‌تواند به عنوان یک عامل استرس‌زا نیز مطرح گردد و منجر به کاهش رشد، کاهش مقاومت ماهیان و تغییر در شاخص‌های فیزیولوژیک شود (Furne *et al*., 2012). در مطالعه حاضر بعد از ۶۰ روز محدودیت غذایی، تغییرات معناداری در عملکرد رشد فیل ماهیان ایجاد شد. در طول این دوره، با افزایش محدودیت غذایی رشد کاهش یافت و اختلاف چشمگیری در وزن نهایی ماهیان در تیمارهای مختلف مشاهده شد. این میزان در تیمارهای با محدودیت غذایی بالا (۲۵درصد حد سیری) نسبت به سایر تیمارها بالاتر ثبت شد. کاهش وزن در طول زمان، در نتیجه کاهش نرخ متابولیسم در طول دوره محدودیت غذایی مطرح شده است (Falahatkar, 2012). Stepanowska و همکاران (۲۰۰۶) در ماهی قطب جنوب (*Notothenia coriiceps*)، Caruso و همکاران (۲۰۱۰) در مارماهی اروپایی (*Anguilla anguilla*) و Shirvan و همکاران (۲۰۱۳) در تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii*) طی گرسنگی بلند مدت (۸ هفته)، Wang و همکاران (۲۰۰۰) در هیبرید تیلاپیا (*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*)، طی گرسنگی کوتاه مدت (۴ روز تا ۴ هفته) نیز افت وزنی ماهیان را گزارش کردند. اما، در وزن ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) پس از ۴۰ روز تحمل گرسنگی کاهش معناداری مشاهده نشد (Krogdahl and Bakke-Mckellep, 2005). در حالی‌که در مطالعه Shirvan و همکاران (۲۰۱۳) در تاس‌ماهی سیبری و Alizadeh afshar و همکاران (۲۰۱۵) در تاس‌ماهی روسی (*Acipenser gueldenstaedtii*) با تغذیه محدود کاهش وزن معناداری نسبت به ماهیان شاهد مشاهده شد. این امر نشان می‌دهد که پاسخ به محدودیت و محرومیت غذایی تا حد زیادی به گونه ماهی وابسته است. نرخ رشد ویژه و درصد افزایش وزن بدن در تیمارهای غذادهی شده در حد سیری ۷۵ درصد حد سیری در مقایسه با تیمارهای ۵۰ و ۲۵ درصد حد سیری، بالاتر بود. از آنجا که در دوران کمبود غذا معمولا ماهی جهت تامین انرژی مورد نیاز خود مجبور به استفاده از ذخایر درونی بدن است، کاهش رشد در تیمارهای در معرض کمبود غذا، یک روش و پاسخ فیزیولویک منطقی برای سازگاری با شرایط محیطی ارزیابی می‌شود (Shirvan *et al*., 2019). در مطالعه حاضر، ضریب تبدیل غذایی، بازده پروتئین و چربی در تیمارهایی با محدودیت غذایی نسبت به تیمار در حد سیری بازدهی مناسب‌تری داشتند. اگرچه حداکثر رشد در حالت تغذیه در حد سیری دیده شد، اما بهترین ضریب تبدیل غذایی در سطح تغذیه کمتر از حد سیری رخ می‌دهد. پایین بودن ضریب تبدیل غذایی در تیمارهای با غذادهی محدود را می‌توان به برخورداری از زمان کافی برای هضم و جذب کامل غذا که در مقدار کم برای ماهیان فراهم شده، نسبت داد (Shirvan *et al*., 2019). در واقع در تیمار غذادهی در حد سیری، به علت در دسترس بودن بیش از حد غذا، امکان دفع سریع‌تر غذای مصرف شده قبل از جذب کامل کلیه مواد غذایی موجود در آن دارد که می‌تواند دلیلی بر افزایش ضریب تبدیل غذایی در این تیمارها باشد. مطالعات روی تاس‌ماهی روسی و تاس‌ماهی سیبری تحت غذادهی محدود نتایج مطالعه حاضر را تایید می‌کند (Shirvan *et al*., 2019; Alizadeh Afshar *et al*., 2015).

القای رشد جبرانی در آبزی‌پروری با توجه به مزیت‌هایی نظیر افزایش نرخ رشد ویژه، بازده غذایی، کاهش ضایعات و آلودگی و تعیین یک زمان‌بندی غذایی مناسب همواره مورد توجه بوده است. یک دوره محرومیت و محدودیت غذایی به طور معمول برای دستیابی به رشد جبرانی در ماهیان استفاده می‌شود (Abdel-Tawwab *et a*l., 2006). بعد از اعمال ۶۰ روز غذادهی مجدد در حد سیری برای تمامی تیمارها، نتایج متفاوتی نسبت به ۶۰ روز اول مشاهده شد. اختلاف معناداری در وزن نهایی، افزایش وزن و نرخ رشد ویژه بین تیمارها مشاهده نشد شاخص‌های وزن کسب شده، نرخ رشد ویژه در تیمارهای با محدودیت غذادهی روند صعودی داشته و در تیمار ۲۵ درصد حد سیری بالاتر از سایر تیمارها بود. افزایش در این شاخص‌ها بعد از

غذادهی مجدد نشان داد که دوره‌های محدودیت غذایی و غذادهی مجدد ممکن است برای القای رشد جبرانی در فیل ماهی استراتژی مفیدی باشد. این امر نشان دهنده این است که فیل ماهی بعد از یک دوره غذادهی در حد سیری به دنبال محدودیت غذایی رشد سریعی نشان می‌دهد.

استراتژی‌های غذایی، فیزیولوژی و بیوشیمی خون ماهی را تحت تاثیر خود قرار می‌دهند. شرایط فیزیولوژیک ماهی از جمله عوامل مهم در دستیابی به سطح عملکردی مورد نیاز است (Falahatkar *et al*., 2006). در این بین شاخص‌های هماتولوژیک به عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌های فیزیولوژیک برای ارزیابی استرس گرسنگی در نظر گرفته می‌شوند. نقایص تغذیه‌ای و ناکافی بودن پروتئین و مواد معدنی موجود در جیره، ممکن است باعث کم خونی شدید در اثر کاهش هماتوکریت و هموگلوبین شود (Cheng *et al*., 2006). نتایج مطالعه حاضر نشان داد سطح هماتوکریت در ماهیان تغذیه شده با سطح ۷۵ و ۵۰ درصد حد سیری اختلاف معناداری با تیمار شاهد (۱۰۰ درصد) نداشت. این نتایج با نتایج گزارش شده در تاس‌ماهی سیبری توسط Jafari و همکاران (۲۰۱۸) مطابقت داشت به طوری‌که محدودیت غذایی اثر معناداری بر فاکتورهای هماتولوژی در دو اندازه متفاوت در تاس‌ماهی سیبری نداشت. محدودیت غذایی در دو سطح ۵۰ و ۷۵ درصد حد سیری اثر معناداری بر سطح هماتوکریت نداشتند که نشان دهنده توانایی بالای فیل ماهیان در برابر تغذیه محدود تا سطح ۵۰ درصد می‌باشد. عدم تغییر معناداری بر سطح این شاخص به این معناست که تغییری در عملکرد متابولیکی و نیاز اکسیژنی در شرایط محدودیت (۷۵ و ۵۰ درصد حد سیری) غذایی و تغذیه جبرانی رخ نداده است.

اما محدودیت غذایی به میزان ۲۵ درصد حد سیری به مدت ۶۰ روز و تغذیه مجدد در حد سیری به مدت ۶۰ روز اثر معناداری در سطح هماتوکریت داشت به طوری‌که سطح هماتوکریت در این تیمار کمتر از سایر تیمارها بود. کاهش در سطح هماتوکریت در ماهی paradis قرمز (*Macropodus opercularis*) و گورامی بوسنده (*Helostoma temmincki*) گزارش شد (Lim and Klesius, 2003). سطح هماتوکریت در ماهیان خاویاری نتایج متفاوتی به همراه داشت به طوری‌که در تاس‌ماهی رودخانه‌ای و تاس‌ماهی سیبری کاهش و در فیل‌ماهی افزایش را نشان داد (Gillis and Ballantyne, 1996; Falahatkar, 2012; Shirvan *et al*., 2019). نتایج متفاوت ممکن است به دلیل تفاوت در گونه یا شرایط آزمایش باشد. تغییرات در شاخص‌های هماتولوژی در طول دوره گرسنگی متاثر از کاهش تولید گلبول قرمز یا تغییر در محتوای آب بدن می‌باشد (Weinberg *et al*., 1973; McCue, 2010). این امر نشان‌دهنده این است که ماهی تغذیه شده با سطح ۲۵ درصد حد سیری نتوانسته به مقدار کافی گلبول قرمز تولید و آن را در خون آزاد کند.

سطح گلوکز پلاسما بعد از ۶۰ روز غذادهی مجدد در مطالعه حاضر اختلاف معناداری بین تیمارها نشان نداد. در مطالعه حاضر فاکتورهای بیوشیمیایی خون بعد از ۶۰ روز محدودیت غذایی اندازه‌گیری نشدند اما ممکن است در پایان ۶۰ روز اول سطح گلوکز در تیمارهایی با محدودیت غذایی کاهش یافته باشد اما این کاهش با تغذیه مجدد جبران شد. مطالعات Barcellos و همکاران (۲۰۱۰) روی ماهی jundia (*Rhamdia quelen*)، Caruso و همکاران (۲۰۱۱ و ۲۰۱۲) روی ماهی Porgy قرمز (*Pagrus pagrus*)، باس دریایی اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) و سیم دریایی خال سیاه (*Pagellus bogaraveo*) نتیجه مطالعه حاضر را تایید می‌کنند. همچنین Jafari و همکاران (۲۰۱۸) کاهش چشم‌گیری در سطح گلوکز پلاسما در تاس‌ماهی سیبری با وزن ۲۵۰ گرم در دوران محرومیت غذایی گزارش دادند. گرسنگی در ماهیان منجر به کاهش گلوکز می‌شود و با از سر گرفتن غذادهی، سطح گلوکز خون به طور کامل بازیابی می‌شود، به طوری‌که در بین تیمارها با محدودیت غذایی و تیمار غذادهی در حد سیری در پایان ۶۰ روز دوم اختلاف معناداری وجود نداشت.

در مطالعه حاضر بعد از ۶۰ روز غذادهی مجدد به

ماهیان اختلاف معناداری در تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد حد سیری در سطح پروتئین پلاسما با تیمار شاهد وجود نداشت. تغییر چشمگیری در پروتئین پلاسما در تاس‌ماهی سفید، تاس‌ماهی آدریاتیک (*Acipenser naccarii*) و تاس‌ماهی سیبری بعد از یک دوره گرسنگی کوتاه مدت و طولانی مدت مشاهده نشد (Hung *et al*., 1997; Furne *et al*., 2012; Ashouri *et al*., 2013; Jafari *et al*., 2018). شاخص‌های بیوشیمیایی خون بعد از ۶۰ روز محدودیت غذایی اندازه‌گیری نشدند بنابراین امکان مقایسه نتایج با سایر مطالعات که تاثیر گرسنگی را بر سطح پروتئین پلاسما گزارش دادند وجود ندارد اما با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان استنباط کرد که فیل ماهیان در تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد حد سیری از پروتئین به عنوان منبع تامین انرژی استفاده نکردند لذا افزایش در سطح آن در این تیمارها نسبت به تیمار شاهد مشاهده نشد با توجه به اینکه، با افزایش طول دوره گرسنگی ذخایر انرژی آماده (گلوکز و لیپید) و پروتئین پلاسما (به عنوان ذخیره نهایی انرژی) به عنوان انرژی ذخیره برای حفظ متابولیسم ضروری استفاده می‌شود (Higginson *et al*., 2014; Shirvan *et al*., 2019). سطح پروتئین پلاسما در تیمار ۲۵ درصد حد سیری به طور معناداری کمتر از سایر تیمارها بود. کاهش پروتئین پلاسما بعد از ۶ هفته گرسنگی در فیل ماهیان توسط Falahatkar (۲۰۱۲) گزارش شد. کاهش در سطح پروتئین پلاسما پیشنهاد می‌کند که پروتئین به عنوان یک ذخیره غذایی قابل دسترس می‌باشد و میزان زیادی از آن در طول دوره گرسنگی متابولیزه شده و به عنوان منبع انرژی در فیل ماهیان استفاده می‌شود (Falahatkar, 2012). کاهش پروتئین مربوط به استفاده از پروتئین و اسیدهای آمینه ضروری برای نگهداری متابولیسم بالا و ایجاد رشد مطلوب است

در مطالعه حاضر در سطح تری‌گلیسرید پلاسما در پایان آزمایش اختلاف معناداری بین تیمارها مشاهده شد و سطح تری‌گلیسرید در تیمار ۲۵ درصد غذادهی در حد سیری پایین‌تر از سایر تیمارها بود. کاهش تری‌گلیسرید پلاسما در پاسخ به محدودیت غذایی و تغذیه جبرانی در مطالعات مختلفی گزارش شد که همسو با نتایج مطالعه حاضر بوده است (Perezi-Jimenez *et al*., 2007; Mancera *et al*., 2011; Falahatkar, 2012). به نظر می‌رسد میزان محرومیت غذایی در تیمار ۲۵ درصد غذادهی در حد سیری به گونه‌ای بوده که سبب تغییرات معناداری در تری‌گلیسرید خون گشت. در طی گرسنگی پس از کاهش ذخایر گلیکوژنی، میزان گلوکز پلاسما کاهش می‌یابد بنابراین هورمون‌های اپی‌نفرین و کلوکاگون در پاسخ به مقادیر پایین گلوکز ترشح می‌شوند در اثر ترشح این هورمون‌ها فرایند گلوکونئوژنز و لیپولیز فعال شده و منجر به تجزیه ذخایر در دسترس چربی‌ها که همان تری‌گلیسرید هستند می‌گردد (Larsson and Lewander, 1995). به نظر می‌رسد که افزایش در فعالیت ۳-هیدروکسیل-کوآنزیم A-دهیدروژناز و مقادیر تری‌گلیسرید کبد و کاهش در سطح تری‌گلیسرید پلاسما منجر به افزایش متابولیسم چربی در طول گرسنگی شود (Polakof *et al*., 2007).

۶. نتیجه‌گیری کلی

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که پاسخ رشد فیل ماهی با اعمال استراتژی‌های مختلف غذایی (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد)، به صورت قابل توجهی تحت تاثیر قرار گرفت و شدت این تاثیر به میزان محدودیت غذایی بستگی داشت و بررسی عملکرد رشد در فاز اول آزمایش با اعمال محدودیت‌های غذایی نشان داد ماهیانی که ۲۵ درصد حد سیری غذا دریافت کردند کمترین رشد و فیل ماهیان در گروه شاهد بالاترین رشد را داشتند و در فاز دوم آزمایش با غذادهی فیل ماهیان در حد سیری اختلافاتی در گروه شاهد و گروه‌های محدودیت غذایی مشاهده شد، با این حال به نظر می‌رسد که در تیمارهای ۵۰ و ۷۵ درصد حد سیری تغییر غیر قابل جبرانی نسبت به گروه شاهد ایجاد ننماید و می‌توان این سطح از تغذیه

را در شـــرایط نامســـاعد نظیـــر کـــاهش دمـــای آب در زمستان‌گذرانی و یا بروز بیماری در دوره‌های کوتاه بـدون ایجاد اثر شدید بر روی رشد و فیزیولـوژی مـاهی در نظـر گرفت و با از سر گیـری تغذیـه در دوره‌هـای بعـد شـاهد بازیابی ذخایر از دست رفتـه مـاهی در زمـان کوتـاه‌تـری نسبت به ماهی با سطح محدودیت بالاتر (۲۵ درصـد حـد سیری) بود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از تمامی کارکنان مرکـز تکثیـر و پـرورش ماهیان خاویاری قره‌برون واقع در شهرستان ساری جهـت فراهم نمودن تسهیلات لازم بـرای انجـام پـروژه تشـکر و قدردانی می‌کنند.

۷. منابع

References

Abdel-Tawwab, M., Khattab, Y. A., Ahmad, M. H., Shalaby, A. M., 2006. Compensatory growth, feed utilization, whole-body composition, and hematological changes in starved juvenile Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Journal of Applied Aquaculture* 18 (3), 17-36.

Ali, M., Nicieza, A., Wootton, R. J., 2003. Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. *Fish and Fisheries* 4 (2), 147-190.

Alizadeh Afshar, M., Khara, H., Falahatkar, B., 2015. Effect of starvation and feeding strategy on growth performance and body composition of juvenile Russa sturgeon (Acipenser gueldenstaedtii). *Iranian scientific fisheries journal* 17 (5), 6-53-63.

Azodi, M., Ebrahimi, E., Motaghi, E., Morshedi, V., 2015. Metabolic responses to short starvation and re-feeding in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Ichthyological Research* 62 (2), 177-183.

Ashouri, G., Yavari, V., Bahmani, M., Yazdani, M. A., Kazemi, R., Morshedi, V., Fatollahi, M., 2013. The effect of short- term starvation on some physiological and morphological parameters in juvenile Siberian sturgeon, *Acipenser baerii* (Actinopterygii: Acipenseriformes: Acipenseridae). *Acta Ichthyologica Et Piscatoria* 43, 145–150

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 (1), 231-236.

Bronzi, P., Rosenthal, H., 2014. Present and future sturgeon and caviar production and marketing: a global market overview. *Journal of Applied Ichthyology* 30, 1536–1546

Caruso, G., Denaro, M. G., Caruso, R., Genovese, L., Mancari, F., Maricchiolo, G., 2012. Short fasting and refeeding in red porgy (*Pagrus pagrus*, Linnaeus 1758): Response of some hematological, biochemical and nonspecific immune parameters. *Marine Environmental Research* 81, 18-25.

Caruso, G., Denaro, M. G., Caruso, R., Mancari, F., Genovese, L., Maricchiolo, G., 2011. Response to short term starvation of growth, hematological, biochemical and non-specific immune parameters in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and black spot sea bream (*Pagellus bogaraveo*). *Marine Environmental Research* 72 (1-2), 46-52.

Caruso, G., Maricchiolo, G., Micale, V., Genovese, L., Caruso, R., Denaro, M.G., 2010. Physiological responses to starvation in the European eel (*Anguilla anguilla*): effects on haematological, biochemical, non-specific immune parameters and skin structures. *Fish Physiology and Biochemistry* 36 (1), 71-83.

Cheng, A. C., Chen, C. Y., Liou, C. H., Chang, C. F., 2006. Effects of dietary protein and lipids on blood parameters and superoxide anion production in the grouper, *Epinephelus coioides* (Serranidae: Epinephelinae). Zoological Studies, 45, 492-502.

Davies, O. A., Inko-Tariah, M. B., Amachree, D., 2006. Growth response and survival of *Heterobranchus longifilis* fingerlings fed at different feeding frequencies. *African Journal of Biotechnology* 5 (9), 778-780.

Falahatgar, D., Javadian, S.R., Bahram, S., Bahrekazemi, M.., 2020. EDTA detoxifies heavy metals on exposed beluga (*Huso huso*) with pollution stress: Growth performance, immunohaematology, blood biochemistry and antioxidant activity**.** *Aquaculture Research* 00, 1-14.

Falahatkar, B., 2012. The metabolic effects of feeding and fasting in beluga *Huso huso*. *Marine Environmental Research* 82, 69-75.

Falahatkar, B., Soltani, M., Abtahi, B., Kalbassi, M. R., Pourkazemi, M., 2006. Effects of dietary vitamin C supplementation on performance, tissue chemical composition and alkaline phosphatase activity in great sturgeon (*Huso huso*). *Journal of Applied Ichthyology* 22, 283-286.

Feng, G., Shi, X., Huanga, X., Zhuanga, P., 2011. Oxidative stress and antioxidant defenses after long-term fasting in blood of Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*). *Procedia Environmental Sciences* 8, 469-475.

Furne, M., García-Gallego, M., Hidalgo, M. C., Morales, A. E., Domezain, A., Domezain, J., Sanz, A. 2008. Effect of starvation and refeeding on digestive enzyme activities in sturgeon (*Acipenser naccarii*) and trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Comparative Biochemistry and Physiology: Molecular and Integrative Physiology* 149A (4), 420-425.

Furne, M., Morales, A. E., Trenzado, C. E., García-Gallego, M., Hidalgo, M. C., Domezain, A., Rus, A. S., 2012. The metabolic effects of prolonged starvation and refeeding in sturgeon and rainbow trout. *Journal of Comparative Physiology* 182B (1), 63-76.

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 Biolog 49*, 1306-1316.

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

Higginson, A. D., McNamara, J. M., & Houston, A. I. (2014). The starvation–predation trade- off shapes the strategic use of protein for energy during fasting. *Journal of Theoretical Biology* 359, 208-219.

Jafari, N., Falahatkar, B., Sajjadi, M.M., 2018. Growth performance and plasma metabolites in juvenile Siberian sturgeon Acipenser baerri (Brnadt, 1869) subjected to various feeding strategies at different sizes. *Fish physiology and biochemistry* 44(5),1-12.

Jafari, N., Falahatkar, B., Sajjadi, M.M., 2018. The effect of feeding strategies and body weight on growth performance and hematological parameters of Siberian sturgeon (Acipenser baerii, Brandt 1869): preliminary results. *Journal of applied ichthyology* 2018,1-7.

Krogdahl, A., Bakke-McKellep, A. M., 2005. Fasting and re-feeding cause rapid changes in intestinal tissue mass and digestive enzyme capacities of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Comparative Biochemistry and Physiology: Molecular and Integrative Physiology* 141A (4), 450-460.

Larsson, A., Lewander, K., 1995. Metabolic effects of starvation in the eel, *Anguilla anguilla* L. *Comparative Biochemistry and Physiology: Physiology* 44A, 367-374.

Lim, C., Klesius, P. H., 2003. Influence of feed deprivation on hematology, macrophage chemotaxis, and resistance to *Edwardsiella ictaluri* challenge of channel catfish. *Journal of Aquatic Animal Health* 15 (1), 13-20.

Mancera, J. M., Conceicao, L. E. C., 2011. Feed deprivation in Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup, 1858) juveniles: effects on blood plasma metabolites and free amino acid levels. *Fish Physiology and Biochemistry* 37 (3), 495-504.

McCue, M. D., 2010. Starvation physiology: Reviewing the different strategies animals use to survive a common challenge. *Comparative Biochemistry and Physiology 156A*, 1–18.

Mohseni, M., Pourkazemi, M., Bahmani, M., Falahatkar, B., Pourali, H.R., Salehpour, M., 2006. Effects of feeding rate and frequency on growth performance of yearling great sturgeon, *Huso huso*. *Journal of Applied Ichthyology* 26, 278-282.

Perez-Jimenez, A., Guedes, M. J., Morales, A.E., Oliva-Teles, A., 2007. Metabolic responses to short starvation and re-feeding in *Dicentrarchus labrax*. Effect of dietary composition. *Aquaculture* 265 (1-4), 325-335.

Polakof, S., Ceinos, R. M., Fernández-Durán, B., Míguez, J. M., Soengas, J. L., 2007. Daily changes in parameters of energy metabolism in brain of rainbow trout: dependence on feeding. *Comparative Biochemistry and Physiology* 146A (2), 265-273.

Rehulka, J., Minarik, B., Adamec, V., Rehulkova, E., 2000. Investigations of physiological and pathological levels of total plasma protein in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture Research* 36, 22-32.

Schnaittacher, G., King, W., Berlinsky, D. L., 2005. The effects of feeding frequency on growth of juvenile Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* L. *Aquaculture Research*, 36 (4), 370-377.

Shimeno, S., Shikata, T., Hosokawa, H., Masumoto, T., Kheyyali, D., 1997. Metabolic response to feeding rates in common carp, Cyprinus carpio. *Aquaculture* 151, 371–377.

Shirvan, S., Falahatkar, B., Noveirian, H., Abasalizadeh, A., 2013. Effect of long-term starvation and restricted feeding on growth performance and body composition of juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt 1869). *Iranian scientific fisheries journal* 22, 91-10.

Shirvan, S., Falahatkar, B., Noveirian, H., Abasalizadeh, A., 2019. Physiological response to feed restriction and starvation in juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt 1869): Effect on growth, body composition and blood plasma metabolites. *Aquaculture Research* 51(1), -10.

Somantath, B., Palavaesam, A., Lazarus, S., Ayyappan, M., 2000. Influence of nutrient source on specific dynamic action of pearl spot, *Etroplus suratensis* (Bloch). *Iclarm Quartely* 2, 15-17.

Stepanowska, K., Nedzarek, A., Rakusa-Suszczewski, S., 2006. Effects of starvation on the biochemical composition of blood and body tissue in the Antarctic fish *Notothenia coriiceps* (Richardson, 1844) and excreted metabolic products. *Polar Bioscience* 20, 46-54.

Wang, Y., Cui, Y., Yang, Y., Cai, F., 2000. Compensatory growth in hybrid tilapia, *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*, reared in seawater. *Aquaculture* 189, 101-108.

Weinberg, S. R., Siegel, C. D., Gordon, A. S., 1973. Studies on the peripheral blood cell parameters and morphology of the red paradise fish, *Macropodus poiesis*. *Anatomical Record, 175*, 7–14.

Yilmaz, H. A., Eroldogan, O. T., 2011. Combined effects of cycled starvation and feeding frequency on growth and oxygen consumption of gilthead sea bream, *Sparus aurata*. *Journal of the World Aquaculture Society* 42 (4), 522-529.

Yokoyama, H., Takashi, T., Ishihi, Y., Abo, K., 2009. Effects of restricted feeding on growth of red sea bream and sedimentation of aquaculture wastes. *Aquaculture* 286 (1-2), 80-88.