

## اثر استراتژی‌های مختلف غذایی بر عملکرد رشد و شاخص‌های خونی تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii* (Brandt, 1869) در اندازه‌های متفاوت

نغمه جعفری<sup>۱</sup>، بهرام فلاحتکار<sup>۲،۳\*</sup>، میر مسعود سجادی<sup>۲</sup>

تاریخ پذیرش: مهر ۹۶

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۹۶

### چکیده

این مطالعه با هدف بررسی اثرات استراتژی‌های مختلف غذایی بر عملکرد رشد و شاخص‌های خونی تاس‌ماهیان سیبری در دو اندازه متفاوت طی ۴۵ روز انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل تیمار ماهی با اندازه بزرگ با غذادهی در حد سیری (LA)، تیمار ماهی با اندازه کوچک با غذادهی در حد سیری (SA)، تیمار اندازه بزرگ با غذادهی محدود (LR)، تیمار اندازه کوچک با غذادهی محدود (SR)، تیمار اندازه بزرگ گرسنه (LS) و تیمار اندازه کوچک گرسنه (SS) بودند. میانگین وزن ماهیان بزرگ  $465/75 \pm 11/18$  گرم و ماهیان کوچک  $250/40 \pm 12$  گرم بود. وزن نهایی در تیمار LS و SS به طور معناداری پایین‌تر از دیگر تیمارهای آزمایشی بود ( $P < 0/05$ ). اثر متقابلی بین اندازه و استراتژی غذایی در شاخص‌های خونی دیده نشد ( $P > 0/05$ )، اما مقدار مونوسیت در تیمار LA نسبت به LR به طور معناداری بالاتر بود ( $P < 0/05$ ). نتایج این مطالعه نشان داد که محرومیت غذایی اثرات منفی شدیدی بر عملکرد رشد ماهیان کوچک داشت. در حالی که این اثرات منفی در تیمارهای با غذادهی محدود کمتر بود و این ماهیان با دوره‌های محدودیت غذایی سازش پیدا کرده بودند. همچنین نتایج نشان داد که استراتژی‌های مختلف غذایی در هر دو اندازه اثرات نامطلوبی روی شاخص‌های خونی تاس‌ماهی سیبری نداشت.

**واژگان کلیدی:** گرسنگی، غذادهی محدود، شاخص‌های هماتولوژیک، اندازه، تاس‌ماهی سیبری.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد تکثیر و پرورش آبزیان، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.

۲- استاد گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران.

۳- استاد گروه علوم دریایی، پژوهشکده حوضه آبی دریای خزر، دانشگاه گیلان، رشت، ایران.

\* نویسنده مسئول: [falahatkar@guilan.ac.ir](mailto:falahatkar@guilan.ac.ir)

## مقدمه

گرسنگی و تغذیه مجدد (Re-feeding) به منظور دستیابی به رشد جبرانی (Compensatory Growth) اشاره کرد. چنین استراتژی‌هایی می‌توانند باعث بهبود کیفیت آب و کاهش هزینه‌های غذایی و تغذیه شوند (Yokoyama et al., 2009).

محروریت و محدودیت غذایی برای ماهی‌ها یک رویداد طبیعی است که جمعیت‌های وحشی و پرورشی دائماً در معرض آن هستند (Davis and Gaylord, 2011). کاهش یا افزایش عوامل محیطی مانند دما و نور در شرایط پرورشی و نوسان در دسترسی به غذا، مهاجرت و تولیدمثل (Caruso et al., 2011) در شرایط طبیعی ممکن است باعث ایجاد گرسنگی در ماهیان شود. حتی پرورش دهندگان اغلب میزان غذایی را برای کاهش مرگ و میر به دلیل شیوع بیماری‌ها (Shoemaker et al., 2003) و کاهش اثرات دستکاری ماهیان محدود می‌کنند (Davis and Gaylord, 2011). برای به حداقل رساندن مصرف انرژی، ماهیان به روش‌های متفاوتی به این شرایط سازگار شده‌اند که از جمله این سازگاری‌ها می‌توان به پاسخ‌های رفتاری، فیزیولوژیک و ساختاری (Navarro and Gutierrez, 1995) اشاره کرد.

پرورش موفقیت‌آمیز ماهیان به قابلیت دسترسی به غذای مناسب برای تغذیه (Friedrich and Stepanowska, 2001) و همچنین کاهش هزینه‌های تولید (Love, 1970) وابسته است. با توجه به این که بخش زیادی از هزینه‌های پرورش صرف تامین غذا می‌شود، مقدار و توزیع غذا نقش بسیار مهمی در مدیریت هزینه‌ها و اثر زیادی روی رشد موجودات دارد. زیرا غذایی کمتر از حد نیاز منجر به رشد ضعیف، مرگ و میر بالای ماهیان و ضرر و زیان در آبی‌پروری خواهد شد و غذایی بیش از حد باعث کاهش بازده غذایی، افزایش هزینه‌ها و تجمع ضایعات می‌شود که روی کیفیت آب اثر می‌گذارد (Yilmaz and Eroldogan, 2011). از این رو، مدیریت غذایی با هدف دستیابی به رشد متعادل و کاهش هزینه‌ها عاملی مهم جهت موفقیت در آبی‌پروری محسوب می‌شود (Chatzifotis et al., 2011). آبی‌پروران از استراتژی‌های مختلفی برای اعمال مدیریت تغذیه استفاده می‌کنند که از این موارد می‌توان به تغذیه در حد سیری (Satiating)، تغذیه محدود (Restricted Feeding)، گرسنگی کوتاه یا بلندمدت (Starvation) و نیز دوره‌های متوالی

کربوهیدرات‌ها تحت عنوان گلیکوژن به طور عادی ۱-۶٪ وزن کبد (Navarro and Gutierrez, 1995) را تشکیل می‌دهند. در طول دوره محدودیت غذایی، اکثر گونه‌ها از گلیکوژن کبد به عنوان ماده اولیه برای به دست آوردن انرژی استفاده می‌کنند (Viegas et al., 2012) و پروتئین و لیپید طی فازهای بعدی گرسنگی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Love, 1970). چربی در ماهیان کمتر از ۸٪ وزن بدن را تشکیل می‌دهد (McCue, 2010) و در کبد، احشا و ماهیچه ذخیره می‌شود (Navarro and Gutierrez, 1995). در نتیجه ماهیان بزرگ‌تر از مقادیر بالاتری از گلیکوژن و چربی برخوردار هستند که انتظار می‌رود این ذخایر بیشتر، در طول دوره محرومیت و محدودیت غذایی سبب ایجاد مقاومت بالاتری در مقابله با این شرایط شوند.

به دلیل جلوگیری از اثرات تخریبی بیشتر بر روی جمعیت‌های تاس‌ماهیان، تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii*) به عنوان یک مدل زیستی برای مطالعات فیزیولوژیک و تغذیه‌ای تاس‌ماهیان مورد استفاده قرار می‌گیرد (Fontagne et al., 2006). از آنجا که از معرفی تاس‌ماهی سیبری به سیستم‌های پرورشی مدت زمان زیادی نمی‌گذرد، با توجه به سرعت رشد

بسیج ذخایر بدن در پاسخ به کمبود غذایی به عواملی مانند سن، شرایط زیستی و سطح ذخایر انرژی ماهی وابسته است (Navarro and Gutierrez, 1995). اندازه بدن نقش مهمی در میزان ذخایر موجود دارد و از مهم‌ترین عواملی است که می‌تواند رشد و بودجه انرژی ماهی را تحت تاثیر قرار دهد (Jobling, 1994). ترکیب بدن در سنین و اندازه‌های مختلف، متفاوت است و استفاده از منابع تامین انرژی شرایط متفاوتی را ایجاد می‌کند.

مطالعات کمی در رابطه با اثر ویژگی‌های فیزیکی از جمله اندازه ماهی در پاسخ به دوره‌های نامساعد محیطی و تغذیه‌ای وجود دارد. اندازه بدن یکی از مهم‌ترین عواملی است که رشد و بودجه انرژی در ماهی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Jobling, 1994). Biro و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند که قزل‌آلای کوچک‌تر به دلیل برخورداری از ذخایر لیپیدی کمتر، زودتر تحت تاثیر گرسنگی قرار گرفته، متحمل مرگ و میر بیشتری می‌شوند. نرخ متابولیسم در ماهیان کوچک‌تر نسبت به ماهیان بزرگ بیشتر است و با افزایش اندازه ماهی، نیازهای انرژی در آن کاهش پیدا می‌کند، در نتیجه طی محرومیت غذایی تخلیه انرژی در ماهیان کوچک سریع‌تر اتفاق می‌افتد.

ظاهری بررسی شدند. سپس ماهیان در دو گروه اندازه بزرگ با میانگین وزنی  $11/18 \pm 465/75$  گرم (میانگین  $\pm$  خطای استاندارد) و طول  $51/58 \pm 2/15$  سانتی‌متر به تعداد سه قطعه ماهی و اندازه کوچک با میانگین وزنی  $250/40 \pm 12$  گرم و طول  $41/6 \pm 1/88$  سانتی‌متر به تعداد شش قطعه ماهی در هر مخزن فایبرگلاس با حجم آب ۴۰۰ لیتر در سه تکرار به صورت تصادفی توزیع شدند. تامین آب مخازن از طریق چاه صورت می‌گرفت. دمای آب، روزانه اندازه‌گیری شد. در طول دوره پرورش میانگین دما  $17/03 \pm 0/59^\circ\text{C}$  و دبی آب  $8/72 \pm 2/71 \text{ L/min}$  بود. فتوپریود با استفاده از لامپ‌های ۲۵ واتی به صورت  $12\text{D}:12\text{L}$  برای همه تیمارها برقرار بود. روزانه قبل از اولین غذادهی، تمامی مخازن به منظور حذف فضولات به میزان ۲۵٪ سیفون می‌شد. در طول دوره آزمایش، هر ۱۵ روز زیست‌سنجی ماهیان انجام گرفت.

#### طراحی آزمایش

این مطالعه در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. برای انجام این آزمایش شش تیمار با سه تکرار در نظر گرفته شد:

مناسب، قابلیت تحمل بالا در برابر نوسانات شاخص‌های آب و تراکم‌های ذخیره‌سازی (Bronzi et al., 1999)، به دست آوردن اطلاعات بیشتر در مورد شاخص‌های فیزیولوژیک تاس‌ماهی سبیری، دید بهتری را برای پرورش این گونه در سیستم‌های پرورشی ایجاد می‌کند. به منظور کاهش هزینه‌های تغذیه در عملیات آبی‌پروری به ویژه در تولید متراکم ضروری است که قبل از اعمال محرومیت غذایی، پاسخ‌های ممکن را جهت تعیین مدت زمان مناسب محرومیت غذایی برای القای رشد جبرانی شناخت. با توجه به این موضوعات، این مطالعه با هدف بررسی اثرات محرومیت و محدودیت غذایی بر میزان مقاومت تاس‌ماهی سبیری در دو گروه وزنی (اندازه بزرگ و کوچک) انجام شده، تغییرات در شاخص‌های رشد و شاخص‌های خونی تاس‌ماهیان قرار گرفته در این شرایط را با تغذیه کامل بررسی می‌کند.

#### مواد و روش‌ها

##### ماهی و شرایط پرورش

این مطالعه به مدت ۴۵ روز در کارگاه تکثیر و پرورش آبزیان دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان بر روی تاس‌ماهی سبیری انجام شد. قبل از شروع آزمایش ماهی‌ها از نظر سلامتی و وضع

## اندازه‌گیری شاخص‌های رشد

در طول ۴۵ روز آزمایش، زیست‌سنجی از تمامی ماهیان هر ۱۵ روز انجام گرفت. برای جلوگیری از بروز استرس، ۲۴ ساعت قبل از زیست‌سنجی، غذاهای به ماهیان قطع شد. برای انجام زیست‌سنجی، ماهیان با ۴۰۰ ppm عصاره پودر گل میخک بیهوش شدند (پورسعید و همکاران، ۱۳۹۱). اندازه‌گیری طول و وزن به ترتیب با تخته زیست‌سنجی با دقت ۱ میلی‌متر و ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم انجام گرفت. شاخص‌های رشد شامل فاکتور وضعیت (CF)، درصد رشد روزانه (ADG)، وزن کسب شده (WG)، نرخ رشد ویژه (SGR)، درصد افزایش وزن بدن (BWI)، ضریب تبدیل غذایی (FCR)، مقدار غذای مصرفی (VFI)، بازده پروتئین (PER)، بازده چربی (LER) و نرخ بقا (SR) با استفاده از رابطه‌های ۱ تا ۱۰ محاسبه شد.

رابطه ۱:

$$CF = (W/L^3) \times 100$$

W: وزن نهایی (گرم)؛ L: طول کل (سانتی‌متر).

رابطه ۲:

$$ADG (\%) = [(W_f - W_i) / (W_f \times t)] \times 100$$

W<sub>i</sub>: وزن اولیه (گرم)؛ W<sub>f</sub>: وزن نهایی (گرم)؛ t: طول

دوره پرورش (روز).

تیمار ۱: ماهی‌های اندازه بزرگ با غذادهی

در حد سبیری (LA)

تیمار ۲: ماهی‌های اندازه بزرگ با غذادهی

۵۰٪ حد سبیری (LR)

تیمار ۳: ماهی‌های اندازه بزرگ گرسنه

(LS)

تیمار ۴: ماهی‌های اندازه کوچک با غذادهی

در حد سبیری (SA)

تیمار ۵: ماهی‌های اندازه کوچک با غذادهی

۵۰٪ حد سبیری (SR)

تیمار ۶: ماهی‌های اندازه کوچک گرسنه

(SS)

غذادهی در ۳ نوبت (ساعات ۸:۳۰، ۱۳:۳۰ و

۱۸:۳۰) و با پلت‌های فرموله شده (پروتئین

۴۶٪، چربی ۱۴٪، فیبر ۳٪ و خاکستر ۱۶/۵٪)

شرکت اسکرتینگ (ورونا، ایتالیا) با اندازه ۴

میلی‌متر صورت گرفت. در طول ۶ هفته،

تیمارهای غذادهی در حد سبیری (SA، LA) با

توجه به اشتها مورد تغذیه قرار گرفتند. غذادهی

به تیمارهای ۵۰٪ حد سبیری (SR، LR) با

محاسبه ۵۰٪ از مقدار غذای خورده شده

تیمارهای غذادهی در حد سبیری صورت گرفت.

در طول ۴۵ روز برای تیمارهای گرسنه (LS،

SS) غذادهی صورت نگرفت.

رابطه ۳:

$$WG (g) = W_f - W_i$$

$W_i$ : وزن اولیه (گرم)؛  $W_f$ : وزن نهایی (گرم).

رابطه ۴:

$$SGR (\%/day) = [(Ln W_f - Ln W_i) / t] \times 100$$

$W_i$ : وزن اولیه (گرم)؛  $W_f$ : وزن نهایی (گرم)؛  $t$ : طول دوره پرورش (روز).

رابطه ۵:

$$BWI (\%) = [(W_f - W_i) / W_i] \times 100$$

$W_i$ : وزن اولیه (گرم)؛  $W_f$ : وزن نهایی (گرم).

رابطه ۶:

$$FCR = F / W$$

$F$ : غذای مصرف شده (گرم)؛  $W$ : وزن کسب شده (گرم).

رابطه ۷:

$$VFI (\%/Day) = (F / t) \times [(B_i + B_f) / 2] \times 100$$

$F$ : غذای مصرف شده (گرم)؛  $t$ : طول دوره پرورش (روز)؛  $B_i$ : بیوماس اولیه (گرم)؛  $B_f$ : بیوماس نهایی (گرم).

رابطه ۸:

$$PER = (W / P) \times 100$$

$W$ : وزن کسب شده (گرم)؛  $P$ : پروتئین مصرف شده (گرم).

رابطه ۹:

$$LER = (W / L) \times 100$$

$W$ : وزن کسب شده (گرم)؛  $L$ : چربی مصرف شده (گرم).

رابطه ۱۰:

$$SR (\%) = (N_f / N_i) \times 100$$

$N_f$ : تعداد ماهیان در انتهای دوره؛  $N_i$ : تعداد ماهیان در ابتدای دوره.

### خون گیری و اندازه گیری شاخص های خونی

برای اندازه گیری شاخص های خونی، از ۲ ماهی از تیمارهای با اندازه بزرگ و ۳ ماهی از تیمارهای با اندازه کوچک در پایان آزمایش خون گیری شدند. خون گیری پس از بیهوشی با سرنگ هیپارینه از سیاهرگ دمی انجام شد و حدود ۰/۵ میلی لیتر از خون برای انجام آزمایش های مربوط به خون شناسی به ویال اپندورف منتقل شد. بعد از رقیق سازی خون با محلول Lewis به نسبت ۱ به ۲۰۰ برای گلبول های قرمز (RBC) و ۱ به ۲۰ برای گلبول های سفید (WBC)، تعداد گلبول ها با استفاده از لام هموسیتمتر شمارش شد. درصد افتراقی گلبول های سفید با استفاده از گسترش های خونی رنگ آمیزی شده با گیمسا تعیین شد (Blaxhall and Daisley, 1973).

رابطه ۱۴:

$$\text{MCHC (g/dL)} = [\text{Hb (g/dL)} / \text{Hct (\%)}] \times 100$$

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌های به دست آمده از این مطالعه با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS (Version 21, IBM, USA) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای کنترل نرمال بودن داده‌ها از آزمون Kolmogorov-Smirnov و همگنی واریانس‌ها از تست Levene استفاده شد. اثر متقابل اندازه ماهی و استراتژی‌های غذایی بر شاخص‌های رشد و شاخص‌های خونی با استفاده از آزمون تحلیل واریانس دوطرفه (Two-way ANOVA) مورد بررسی قرار گرفت. بررسی اختلاف میانگین بین اندازه‌های متفاوت از آزمون t-Test مستقل و تجزیه و تحلیل اختلاف میانگین سطوح مختلف استراتژی غذایی از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) در سطح اطمینان ۹۵٪ ( $P < 0.05$ )، با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای Tukey انجام شد.

نتایج

شاخص‌های رشد و تغذیه

در پایان ۴۵ روز آزمایش، تیمار LS و SS کاهش وزن معناداری نسبت به تیمارهای

درصد هماتوکریت (Hct) با میکروسانتریفیوژ نمونه‌های خون در ۳۵۰۰g به مدت ۷ دقیقه مورد سنجش قرار گرفت (Hettich, آلمان). برای اندازه‌گیری میزان هموگلوبین (Hb) از روش سیانمت هموگلوبین استفاده شد. بدین صورت که پس از اضافه کردن محلول درابکین، جذب نمونه با دستگاه اسپکتروفوتومتر (Unico, آمریکا) در طول موج ۵۴۰ نانومتر خوانده شد. سپس هموگلوبین موجود در خون از رابطه ۱۱ محاسبه شد.

رابطه ۱۱:

$$\text{Hb (g/dL)} = (\text{OD}_B / \text{OD}_S) \times C_S$$

OD<sub>B</sub>: جذب نمونه خون؛ OD<sub>S</sub>: جذب نمونه استاندارد؛ C<sub>S</sub>: غلظت استاندارد.

میانگین حجم گلبول قرمز (MCV)، میانگین هموگلوبین در گلبول قرمز (MCH) و میانگین غلظت هموگلوبین در گلبول قرمز (MCHC) با کمک مقادیر به دست آمده از اندازه‌گیری RBC، Hct و Hb توسط رابطه‌های ۱۲ تا ۱۴ محاسبه شد (Houston, 1990).

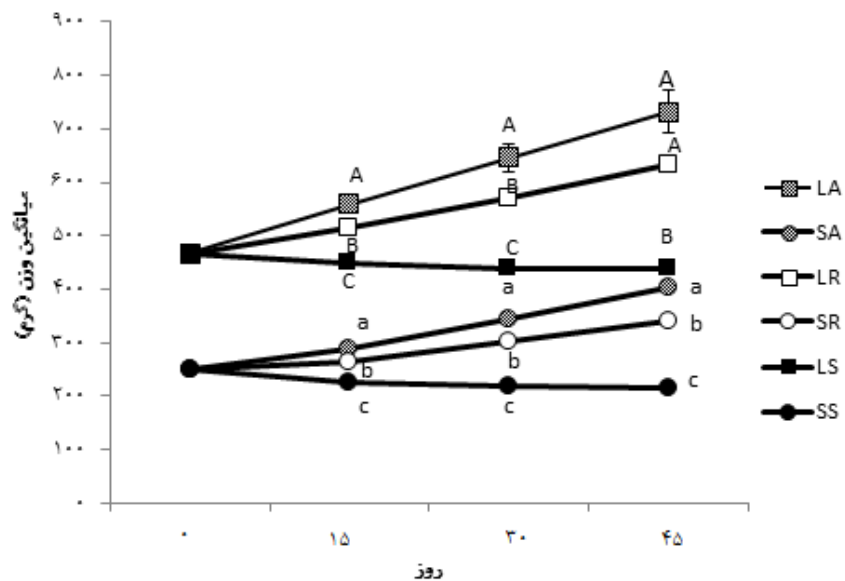
رابطه ۱۲:

$$\text{MCV (fL)} = [\text{Hct (\%)} / \text{RBC (} 10^{-3} \cdot \text{mm}^{-3}\text{)}] \times 10$$

رابطه ۱۳:

$$\text{MCH (pg)} = [\text{Hb (g/dL)} / \text{RBC (} 10^{-3} \cdot \text{mm}^{-3}\text{)}] \times 10$$

غذادهی شده به طور کامل نشان دادند (P<۰/۰۵). تیمار LR اختلاف معناداری با تیمار LA نشان نداد (P>۰/۰۵) در حالی که تیمار SR اختلاف معناداری با تیمار SA نشان داد (P<۰/۰۵؛ شکل ۱). اثر متقابل استراتژی غذایی و اندازه منجر به اختلاف معنادار در فاکتور وضعیت در بین تیمارهای آزمایشی شد. به طوری که بیشترین و کمترین فاکتور وضعیت به ترتیب در تیمارهای LA و SS بود (P<۰/۰۵). درصد رشد روزانه، نرخ رشد ویژه، درصد افزایش وزن بدن توسط استراتژی غذایی بین تیمارهای آزمایشی منجر به اختلاف معنادار شد به طوری که در هر دو اندازه، کمترین و بیشترین مقادیر به ترتیب در تیمار گرسنه و تیمار غذادهی کامل مشاهده شد (P<۰/۰۵).



شکل ۱: روند تغییرات وزن بدن (گرم) در تاس ماهی سیبری (*Acipenser baerii*) در دو اندازه متفاوت طی روز ۴۵ استفاده از استراتژی‌های مختلف غذایی (میانگین  $\pm$  خطای استاندارد). LA: تیمار ماهی با اندازه بزرگ با غذادهی در حد سیری. SA: تیمار ماهی با اندازه کوچک با غذادهی در حد سیری. LR: تیمار اندازه بزرگ با غذادهی محدود. SR: تیمار اندازه کوچک با غذادهی محدود. LS: تیمار اندازه بزرگ گرسنه. SS: تیمار اندازه کوچک گرسنه. حروف متفاوت بزرگ بیانگر اختلاف معنادار در وزن ماهیان اندازه بزرگ است (P<۰/۰۵). حروف متفاوت کوچک بیانگر اختلاف معنادار در وزن ماهیان اندازه کوچک است (P<۰/۰۵).



مختلف آزمایشی رخ نداد و بقا ۱۰۰ درصد بود (جدول ۱).

#### شاخص‌های خونی

نتایج بررسی شاخص‌های خونی ارتباط متقابلی بین اندازه و استراتژی غذایی در تیمارهای مختلف آزمایشی نشان نداد ( $P > 0/05$ ). حتی مقادیر RBC، WBC، Hb، Hct، MCV، MCH، MCHC، لنفوسیت، نوتروفیل و ائوزینوفیل به صورت جداگانه توسط استراتژی و اندازه ماهی تحت تاثیر قرار نگرفتند ( $P > 0/05$ ). تنها استراتژی غذایی منجر به اختلاف معنادار در مقدار مونوسیت در تیمارهای اندازه بزرگ شد، به طوری که بیشترین و کمترین میزان مونوسیت به ترتیب در تیمار LA و LS بود ( $P < 0/05$ ). اختلاف معناداری در مقدار مونوسیت بین تیمارهای با غذایی محدود مشاهده شد که مقدار آن در تیمار SR نسبت به LR بیشتر بود ( $P < 0/05$ ).

وزن کسب شده تحت تاثیر اثر متقابل اندازه و استراتژی غذایی قرار گرفت ( $P < 0/05$ ) به گونه‌ای که کمترین و بیشترین مقدار آن به ترتیب در تیمارهای SS و LA مشاهده شد ( $P < 0/05$ ). ضریب تبدیل غذایی در تیمارهای اندازه بزرگ توسط استراتژی غذایی تحت تاثیر قرار گرفت و تیمار LR کاهش معناداری نسبت به تیمار LA داشت ( $P < 0/05$ ). این در حالی بود که تیمارهای SA و SR اختلافی نشان ندادند ( $P > 0/05$ ). مقدار غذای مصرفی تیمارهای با غذایی در حد سیری در هر دو اندازه افزایش معناداری نسبت به تیمارهای با غذایی محدود داشت ( $P < 0/05$ ). بازده پروتئین و چربی توسط استراتژی غذایی فقط تیمارهای اندازه بزرگ را تحت تاثیر خود قرار داد که تیمار LR افزایش معناداری را نسبت به تیمار LA نشان داد ( $P < 0/05$ ). در طول دوره آزمایش هیچ گونه مرگ و میری در تیمارهای

جدول ۱: شاخص‌های رشد و تغذیه تاس‌ماهیان سیبری (*Acipenser baerii*) در دو اندازه متفاوت پس از ۴۵ روز استفاده از استراتژی‌های مختلف غذایی (میانگین  $\pm$  خطای استاندارد)

| آنالیز واریانس دو طرفه     |       |       | تیمارهای اندازه و استراتژی غذایی |                         |                         |                         |                        |                          |  |
|----------------------------|-------|-------|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|--|
| اندازه استراتژی اثر متقابل |       |       | SS                               | LS                      | SR                      | LR                      | SA                     | LA                       |  |
| -                          | -     | -     | ۲۵۰/۰۲<br>$\pm ۰/۷۴$             | ۴۶۵/۱۵<br>$\pm ۰/۲۱$    | ۲۵۰/۸۰<br>$\pm ۰/۹۳$    | ۴۶۵/۳۸<br>$\pm ۰/۳۷$    | ۲۵۰/۳۴<br>$\pm ۰/۴۱$   | ۴۶۶/۷۱<br>$\pm ۰/۵۹$     | وزن اولیه (g)                              |
| -                          | -     | -     | ۲۱۷/۰۱<br>$\pm ۰/۱۶^c$           | ۴۳۶/۸۳<br>$\pm ۰/۷۵^B$  | ۳۴۱/۹۵<br>$\pm ۴/۸۶^b$  | ۶۳۳/۲۴<br>$\pm ۴/۷۸^A$  | ۴۰۴/۰۴<br>$\pm ۶/۵۰^a$ | ۷۳۱/۷۰<br>$\pm ۳۹/۸۲^A$  | وزن نهایی (g)                              |
| -                          | -     | -     | ۴۲/۰۹<br>$\pm ۰/۳۲$              | ۵۱/۶۹<br>$\pm ۰/۳۸$     | ۴۱/۳۳<br>$\pm ۰/۶۵$     | ۵۲/۶۲<br>$\pm ۰/۵۱$     | ۴۱/۳۶<br>$\pm ۰/۳۶$    | ۴۹/۹۴<br>$\pm ۰/۹۷$      | طول اولیه (cm)                             |
| -                          | -     | -     | ۴۳/۵۳<br>$\pm ۰/۱۰^b$            | ۵۳/۳۰<br>$\pm ۰/۳۳^B$   | ۴۷/۲۰<br>$\pm ۰/۷۵^a$   | ۵۷/۳۴<br>$\pm ۰/۴۳^A$   | ۴۸/۶۰<br>$\pm ۰/۴۴^a$  | ۵۵/۵۲<br>$\pm ۱/۱۷^{AB}$ | طول نهایی (cm)                             |
| ۰/۰۴۲                      | ۰/۰۸۶ | ۰/۰۰۲ | ۰/۲۶<br>$\pm ۰/۰۰^d$             | ۰/۲۸<br>$\pm ۰/۰۰^{cd}$ | ۰/۳۲<br>$\pm ۰/۰۱^{bc}$ | ۰/۳۳<br>$\pm ۰/۰۰^{bc}$ | ۰/۳۵<br>$\pm ۰/۰۰^b$   | ۰/۴۲<br>$\pm ۰/۰۳^a$     | فاکتور وضعیت                               |
| ۰/۳۳۴                      | ۰/۰۰۰ | ۰/۸۱۵ | ۰/۲۹<br>$\pm ۰/۰۰^c$             | -۰/۱۳<br>$\pm ۰/۰۰^B$   | ۰/۸۰<br>$\pm ۰/۰۴^b$    | ۰/۸۰<br>$\pm ۰/۰۲^A$    | ۱/۳۶<br>$\pm ۰/۰۵^a$   | ۱/۲۶<br>$\pm ۰/۱۹^A$     | رشد روزانه (%)                             |
| ۰/۰۲۴                      | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۰۱ | -۳۳/۰۱<br>$\pm ۰/۷۶^c$           | -۲۸/۳۲<br>$\pm ۰/۸۳^c$  | ۹۱/۱۵<br>$\pm ۴/۹۷^b$   | ۱۶۷/۸۶<br>$\pm ۴/۵۸^b$  | ۱۵۳/۷۰<br>$\pm ۶/۳۵^b$ | ۲۶۴/۹۹<br>$\pm ۴۰/۳۸^a$  | وزن کسب شده (g)                            |
| ۰/۱۰۴                      | ۰/۰۰۰ | ۰/۴۶۴ | -۰/۳۱<br>$\pm ۰/۰۰^c$            | -۰/۱۳<br>$\pm ۰/۰۰^B$   | ۰/۶۸<br>$\pm ۰/۰۳^b$    | ۰/۶۸<br>$\pm ۰/۰۱^A$    | ۱/۰۶<br>$\pm ۰/۰۳^a$   | ۰/۹۹<br>$\pm ۰/۱۲^A$     | نرخ رشد ویژه (% day <sup>-1</sup> )        |
| ۰/۳۳۴                      | ۰/۰۰۰ | ۰/۸۱۵ | -۱۳/۲۰<br>$\pm ۰/۳۱^c$           | -۶/۰۸<br>$\pm ۰/۱۷^B$   | ۳۶/۳۴<br>$\pm ۲/۰۱^b$   | ۳۶/۰۶<br>$\pm ۰/۹۶^A$   | ۶۱/۳۹<br>$\pm ۲/۵۰^a$  | ۵۶/۸۰<br>$\pm ۸/۷۲^A$    | افزایش وزن بدن (%)                         |
| ۰/۳۷۹                      | ۰/۰۰۲ | ۰/۶۱۱ | -                                | -                       | ۱/۰۳<br>$\pm ۰/۰۵$      | ۱/۰۱<br>$\pm ۰/۰۲^B$    | ۱/۲۲<br>$\pm ۰/۰۴$     | ۱/۳۰<br>$\pm ۰/۰۶^A$     | ضریب تبدیل غذایی                           |
| ۰/۹۵۸                      | ۰/۰۰۰ | ۰/۷۱۳ | -                                | -                       | ۰/۷۰<br>$\pm ۰/۰۰^b$    | ۰/۶۸<br>$\pm ۰/۰۰^B$    | ۱/۲۷<br>$\pm ۰/۰۲^a$   | ۱/۲۵<br>$\pm ۰/۰۸^A$     | مقدار غذای مصرفی (% BW day <sup>-1</sup> ) |
| ۰/۴۶۳                      | ۰/۰۰۲ | ۰/۷۱۰ | -                                | -                       | ۲/۱۱<br>$\pm ۰/۱۱$      | ۲/۱۴<br>$\pm ۰/۰۵^A$    | ۱/۷۸<br>$\pm ۰/۰۷$     | ۱/۶۸<br>$\pm ۰/۰۹^B$     | بازده پروتئینی (%)                         |
| ۰/۴۶۳                      | ۰/۰۰۲ | ۰/۷۱۰ | -                                | -                       | ۶/۹۴<br>$\pm ۰/۳۷$      | ۷/۰۵<br>$\pm ۰/۱۹^A$    | ۵/۸۵<br>$\pm ۰/۲۳$     | ۵/۵۲<br>$\pm ۰/۲۹^B$     | بازده چربی (%)                             |
| -                          | -     | -     | ۱۰۰                              | ۱۰۰                     | ۱۰۰                     | ۱۰۰                     | ۱۰۰                    | ۱۰۰                      | بقا (%)                                    |

LA: تیمار ماهی با اندازه بزرگ با غذادهی در حد سیری؛ SA: تیمار ماهی با اندازه کوچک با غذادهی در حد سیری؛

LR: تیمار اندازه بزرگ با غذادهی محدود؛ SR: تیمار اندازه کوچک با غذادهی محدود؛ LS: تیمار اندازه بزرگ گرسنه؛ SS: تیمار اندازه کوچک گرسنه.

حروف متفاوت بزرگ در هر سطر بیانگر اختلاف معنادار بین استراتژی‌های مختلف غذایی در ماهیان اندازه بزرگ است ( $P < 0.05$ ). حروف متفاوت کوچک در هر سطر بیانگر اختلاف معنادار بین استراتژی‌های مختلف غذایی در ماهیان اندازه کوچک است ( $P < 0.05$ ). وجود حروف متفاوت کوچک در هر سطر بین تمامی تیمارها نشان دهنده اختلاف معنادار در تمامی تیمارهای آزمایشی است ( $P < 0.05$ ).

جدول ۲: شاخص‌های خونی تاس‌ماهیان سیبری (*Acipenser baerii*) در دو اندازه متفاوت پس از ۴۵ روز استفاده از استراتژی‌های مختلف غذایی (میانگین  $\pm$  خطای استاندارد)

| آنالیز واریانس دو طرفه |                     |       | تیمارهای اندازه و استراتژی غذایی |                    |                    |                    |                    |                    |   |
|------------------------|---------------------|-------|----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---|
| اندازه                 | استراتژی اثر متقابل | SS    | LS                               | SR                 | LR                 | SA                 | LA                 |                    |   |
| ۰/۱۸۱                  | ۰/۴۳۸               | ۰/۹۱۹ | ۶۸۲/۸ $\pm$                      | ۷۱۰/۰ $\pm$        | ۷۱۵/۶ $\pm$        | ۷۳۲/۳ $\pm$        | ۷۴۱/۱ $\pm$        | ۶۹۱/۸ $\pm$        | <b>RBC</b><br>( $10^3 \cdot \text{mm}^{-3}$ ) |
|                        |                     |       | ۱۹/۵ $\times 10^3$               | ۱۸/۲ $\times 10^3$ | ۱۹/۲ $\times 10^3$ | ۲۸/۷ $\times 10^3$ | ۱۴/۸ $\times 10^3$ | ۳۱/۸ $\times 10^3$ |   |
| ۰/۲۷۷                  | ۰/۲۲۹               | ۰/۴۵۳ | ۸۴۲۲/۲۲                          | ۶۸۶۶/۶۶            | ۷۴۸۸/۸۸            | ۶۴۰۰/۰۰            | ۷۹۱۱/۱۱            | ۸۹۶۶/۶۶            | <b>WBC</b><br>( $\text{mm}^{-3}$ )            |
|                        |                     |       | $\pm 70134$                      | $\pm 42791$        | $\pm 95952$        | $\pm 62449$        | $\pm 65435$        | $\pm 36055$        |   |
| ۰/۴۵۰                  | ۰/۲۷۶               | ۰/۷۴۳ | ۶/۰۶ $\pm$ ۰/۱۷                  | ۶/۳۱ $\pm$ ۰/۱۷    | ۶/۳۸ $\pm$ ۰/۱۷    | ۶/۵۳ $\pm$ ۰/۲۵    | ۶/۶۰ $\pm$ ۰/۱۳    | ۶/۳۶ $\pm$ ۰/۲۹    | <b>Hb</b><br>(g/dL)                           |
| ۰/۲۸۲                  | ۰/۲۴۰               | ۰/۸۹۵ | ۳۶/۲۲                            | ۳۷/۸۳              | ۳۳/۸۳              | ۳۹/۱۶              | ۳۹/۸۸              | ۳۷/۸۳              | <b>Hct</b><br>(%)                             |
|                        |                     |       | $\pm 106$                        | $\pm 107$          | $\pm 113$          | $\pm 140$          | $\pm 177$          | $\pm 174$          |   |
| ۰/۴۲۲                  | ۰/۵۱۹               | ۰/۶۱۹ | ۵۳۰/۲۲                           | ۵۳۲/۶۶             | ۵۳۵/۰۰             | ۵۳۴/۸۳             | ۵۳۸/۲۲             | ۵۳۱/۶۶             | <b>(fL) MCV</b>                               |
|                        |                     |       | $\pm 423$                        | $\pm 297$          | $\pm 708$          | $\pm 298$          | $\pm 337$          | $\pm 388$          |   |
| ۰/۷۰۱                  | ۰/۳۸۶               | ۰/۶۶۳ | ۸۸/۵۵                            | ۸۸/۶۶              | ۸۹/۰۰              | ۸۸/۸۳              | ۸۸/۸۸              | ۸۹/۳۳              | <b>(pg) MCH</b>                               |
|                        |                     |       | $\pm 037$                        | $\pm 033$          | $\pm 033$          | $\pm 030$          | $\pm 030$          | $\pm 042$          |   |
| ۰/۱۱۴                  | ۰/۶۹۶               | ۰/۸۱۰ | ۱۶/۶۶                            | ۱۶/۵۰              | ۱۶/۵۵              | ۱۶/۳۳              | ۱۶/۳۳              | ۱۶/۸۳              | <b>MCHC</b><br>(g/dL)                         |
|                        |                     |       | $\pm 016$                        | $\pm 022$          | $\pm 017$          | $\pm 021$          | $\pm 016$          | $\pm 016$          |   |
| ۰/۳۸۲                  | ۰/۱۵۶               | ۰/۰۳۱ | ۷۳/۸۸                            | ۷۷/۰۰              | ۷۴/۳۳              | ۷۷/۸۳              | ۷۳/۵۵              | ۷۳/۸۳              | <b>لنفوسیت (%)</b>                            |
|                        |                     |       | $\pm 140$                        | $\pm 121$          | $\pm 105$          | $\pm 149$          | $\pm 100$          | $\pm 107$          |   |
| ۰/۴۹۸                  | ۰/۳۳۵               | ۰/۱۰۱ | ۱۹/۲۲                            | ۱۷/۵۰              | ۱۹/۰۰              | ۱۷/۱۶              | ۱۹/۳۳              | ۱۹/۳۳              | <b>نوتروفیل (%)</b>                           |
|                        |                     |       | $\pm 090$                        | $\pm 084$          | $\pm 057$          | $\pm 016$          | $\pm 076$          | $\pm 084$          |   |
| ۰/۱۱۳                  | ۰/۰۳۱               | ۰/۰۱۸ | ۶/۱۱                             | ۵/۰۰               | ۵/۴۴               | ۴/۰۰               | ۵/۶۶               | ۵/۸۳               | <b>مونوسیت (%)</b>                            |
|                        |                     |       | $\pm 038$                        | $\pm 044^{AB}$     | $\pm 037^*$        | $\pm 044^B$        | $\pm 033$          | $\pm 030^A$        |   |
| ۰/۹۶۶                  | ۰/۲۹۳               | ۰/۴۴۶ | ۰/۷۷ $\pm$ ۰/۲۷                  | ۰/۵۰ $\pm$ ۰/۲۲    | ۱/۲۲ $\pm$ ۰/۲۷    | ۱/۰۰ $\pm$ ۰/۳۶    | ۱/۱۱ $\pm$ ۰/۳۵    | ۱/۰۰ $\pm$ ۰/۳۶    | <b>اُتوزینوفیل (%)</b>                        |

LA: تیمار ماهی با اندازه بزرگ با غذادهی در حد سیبری؛ SA: تیمار ماهی با اندازه کوچک با غذادهی در حد سیبری؛

LR: تیمار اندازه بزرگ با غذایی محدود؛ SR: تیمار اندازه کوچک با غذایی محدود؛ LS: تیمار اندازه بزرگ گرسنه؛ SS: تیمار اندازه کوچک گرسنه.

حروف متفاوت بزرگ در هر سطر بیانگر اختلاف معنادار بین استراتژی‌های مختلف غذایی در ماهیان اندازه بزرگ است ( $P < 0.05$ ). حروف متفاوت کوچک در هر سطر بیانگر اختلاف معنادار بین استراتژی‌های مختلف غذایی در ماهیان اندازه کوچک است ( $P < 0.05$ ).

\*: نشان دهنده اختلاف معنادار بین تیمارهای غذایی محدود (LR و SR) است ( $P < 0.05$ ).

## بحث

دادند. Hung و همکاران (۱۹۹۷) در تاس‌ماهی

سفید (*Acipenser transmontanus*) و شیروان و همکاران (۱۳۹۲) در تاس‌ماهی سیبری طی گرسنگی بلندمدت (۸ تا ۱۰ هفته)، Wang و همکاران در سال ۲۰۰۰ در *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus* و همکاران (۲۰۱۱) در باس دریایی اروپایی *Dicentrarchus labrax* و سیم دریایی خال‌سیاه *Pagellus bogaraveo* طی گرسنگی‌های کوتاه‌مدت (۱۱ روز تا ۴ هفته) نیز افت وزنی این ماهیان را گزارش کردند. SGR و BWI در ماهیان غذایی شده در حد سیری در مقایسه با ماهیان با غذایی محدود بالاتر و در تیمارهای گرسنه به صورت منفی بود. تیمارهای LA و SA به طور دائم و تیمارهای LR و SR به طور نسبی در حال تغذیه بودند و از این طریق انرژی مورد نیاز خود را تامین می‌کردند، اما تیمارهای گرسنه برای تامین انرژی از ذخایر درونی بدن خود استفاده می‌کردند. اگرچه تیمارهای با

القای محرومیت غذایی می‌تواند به عنوان یک عامل استرس‌زا مطرح شود و منجر به کاهش رشد و کاهش مقاومت ماهیان و تغییر در دیگر شاخص‌های فیزیولوژیک شود (Wedemeyer et al., 1990). نتایج مطالعه کنونی نشان داد که استراتژی‌های مختلف غذایی اثرات قابل ملاحظه‌ای بر شاخص‌های رشد تاس‌ماهی سیبری دارد. محرومیت غذایی طی ۴۵ روز منجر به کاهش چشمگیر در میزان رشد تاس‌ماهیان سیبری شد، به طوری که تحت این استراتژی، در هر دو اندازه، کاهش وزن ماهیان گرسنه (LS, SS) نسبت به ماهیان غذایی شده در حد سیری (LA و SA) و غذایی محدود (LR و SR) معنادار بود. کاهش رشد در ماهیان کوچک نسبت به ماهیان بزرگ شدیدتر بود. دلیل این کاهش را می‌توان به تفاوت در اندازه ماهیان کوچک و بزرگ و به تبع آن ذخایر انرژی کمتر نسبت داد که توانایی کمتری برای مقابله با دوره‌های گرسنگی نشان

گرفته در معرض محدودیت و محرومیت غذایی به دلیل تحمل این شرایط و رقابت بر سر منابع محدود غذایی اختلافاتی در وزن و طول نشان می‌دهند (Jobling, 1995). مطالعات Falahatkar و Barton (۲۰۰۷) روی فیل‌ماهی (*Huso huso*) و Chatzifotis و همکاران (۲۰۱۱) روی باس دریایی نتیجه مطالعه حاضر را تایید می‌کند. کاهش در فاکتور وضعیت با مطالعه Friedrich و Stepanowska (۲۰۰۱) روی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) در تضاد بود. این امر نشان می‌دهد که پاسخ ماهی به محرومیت غذایی در بین گونه‌های مختلف در اندازه‌های مختلف و طول دوره محرومیت غذایی متفاوت است.

استراتژی‌های غذایی، فیزیولوژی و بیوشیمی ماهی را تحت تاثیر خود قرار می‌دهند. در این بین شاخص‌های خونی به عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌های فیزیولوژیک برای ارزیابی گرسنگی در نظر گرفته می‌شوند. این مطالعه نشان داد که اثر متقابل استراتژی غذایی و اندازه ماهی سبب بروز اختلافات چشمگیر در شاخص‌های خونی تاس‌ماهی سیبری نمی‌شود. این امر نشان می‌دهد که تاس‌ماهی سیبری با دوره کوتاه‌مدت محدودیت و محرومیت غذایی

غذادهی محدود از SGR پایین‌تری نسبت به تیمارهای با غذادهی کامل برخوردار بودند، اما FCR پایین‌تری را نشان دادند. به عبارتی اگرچه حداکثر رشد در حالت تغذیه در حد سیری دیده می‌شود اما بهترین ضریب تبدیل غذایی در سطح تغذیه کمتر از حد سیری رخ می‌دهد (Cacho et al., 1990). 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 (شیروان و همکاران، ۱۳۹۲). با توجه به این که نرخ بازده پروتئین و چربی نیز در تیمار LR افزایش معنادار نسبت به تیمار LA داشت، احتمالاً کاهش معنادار ضریب تبدیل غذایی در تیمار LR را می‌توان به توانایی بالای این ماهیان در استفاده از منابع پروتئینی و چربی جیره و تجزیه کمتر آن‌ها نسبت داد. اثر متقابل اندازه ماهی و استراتژی غذایی سبب اختلاف معنادار در فاکتور وضعیت شد، به نحوی که کمترین و بیشترین مقدار آن به ترتیب در تیمار SS و LA بود. با توجه به اندازه و استراتژی لحاظ شده برای تیمار SS، برخورداری از ذخایر درونی کم و استفاده بیشتر از این ذخایر، کاهش در فاکتور وضعیت امری منطقی به نظر می‌رسد. به طور کلی ماهیان قرار

سازش پیدا کرده است. تعداد گلبول‌های قرمز در تیمارهای مختلف آزمایشی اختلاف معناداری نشان نداد. این امر با مطالعه Abdel-Tawwab و همکاران (۲۰۰۶) بر روی نیلاپیا (*Oreochromis niloticus*) مغایرت داشت. با توجه به نقش اساسی گلبول‌های قرمز در حمل اکسیژن خون، ثبات در تعداد آن‌ها می‌تواند نشانه عدم تاثیرگذاری استراتژی‌های غذایی تلقی شود. این نتایج همسو با مطالعات صورت گرفته توسط مرشدی و همکاران (۱۳۹۰) بر تاس‌ماهی سیبری و Akbary و Jahanbakhshi (۲۰۱۶) روی کفال خاکستری (*Mugil cephalus*) در دو اندازه ۷/۴۶ و ۲۱/۰۱ گرم است. عدم تغییر معنادار در تعداد گلبول‌های سفید، همسو با مطالعه Sala-Rabanal و همکاران (۲۰۰۳) روی سیم دریایی سر طلایی (*Sparus aurata*) بود، در حالی که مطالعه انجام شده توسط Johansson-Sjoberck و همکاران (۱۹۷۵) روی مارماهی اروپایی (*Anguilla anguilla*) کاهش گلبول‌های سفید را نشان داد. به طور کلی کاهش در تعداد گلبول‌های سفید در نتیجه تضعیف سیستم دفاعی در طی دوران محرومیت و محدودیت غذایی رخ می‌دهد (Johansson-Sjoberck et al., 1975). تعداد مونوسیت‌ها تحت تاثیر استراتژی غذایی اختلاف معناداری را در ماهیان اندازه بزرگ نشان داد. ماهیانی که تا حد سیری غذا دریافت کرده بودند، تعداد مونوسیت‌های بیشتری داشتند. به نظر می‌رسد که تعداد مونوسیت‌ها در ماهیان اندازه کوچک نسبت به اندازه بزرگ بیشتر است، به نحوی که در مقایسه بین تیمارهای LR و SR این ماهیان کوچک بودند که افزایش معناداری را نشان دادند. مونوسیت‌ها از جمله سلول‌های عملکردی فرعی محسوب می‌شوند (Clem et al., 1985) و با تولید لیزوزیم در ایمنی ماهیان موثر هستند (Saurabh and Sahoo, 2008). با توجه به این که غلظت هموگلوبین و هماتوکریت با گلبول‌های قرمز مرتبط است، به نظر می‌رسد که در مطالعه حاضر محرومیت غذایی نتوانسته منجر به سرکوب تولید گلبول‌های قرمز شود (McCue, 2010). نتایج متناقضی درباره اثر محرومیت غذایی روی هموگلوبین و هماتوکریت خون وجود دارد. هماتوکریت در نتیجه عواملی مانند تورم گلبول‌های قرمز، آزاد شدن زیاد این گلبول‌ها از بافت‌های خونساز و غیره دچار تغییراتی می‌شود. افزایش در میزان هماتوکریت در گربه ماهی *Ictalurus punctatus* (Shoemaker et al., 2003) و کاهش در *Hoplias malabaricus* گزارش شده

است (Rios et al., 2005). از طرف دیگر Johansson-Sjoebeck و همکاران (۱۹۷۵) در مارماهی اروپایی، Sala-Rabanal و همکاران (۲۰۰۳) در سیم دریایی سرطلایی، Caruso و همکاران (۲۰۱۱) در باس دریایی اروپایی و سیم دریایی خال سیاه و مطالعه حاضر تغییر معناداری در میزان هموگلوبین و هماتوکریت خون نشان ندادند. عدم تغییر معنادار در مقادیر هموگلوبین و هماتوکریت می‌تواند نشان دهنده این باشد که تغییری در عملکرد متابولیک و نیاز اکسیژنی ماهیان رخ نداده است. در مطالعه کنونی، شاخص‌های خونی شامل MCV، MCH و MCHC اختلاف معناداری بین تیمارها نشان ندادند. به عبارتی، نه استراتژی غذایی و نه اندازه ماهی نتوانستند باعث ایجاد تغییر در این شاخص‌ها شوند. این امر را می‌توان به عدم تغییرات معنادار در مقادیر گلبول‌های قرمز، هماتوکریت و هموگلوبین نسبت داد (Hardig and Høglund, 1983). یافته‌های مطالعه حاضر با مطالعه Akbary و Jahanbakhshi (۲۰۱۶) روی کفال خاکستری همسو بود. همچنین در مطالعه مرشدی و همکاران (۱۳۹۰)، تغییرات معنادار در MCV و MCH تاس‌ماهی سیبری و Rios و همکاران (۲۰۰۵) تغییرات معنادار در MCV در ماهی traira مشاهده نشد. همان‌طور که نتایج نشان داد، شاخص‌های رشد در تاس‌ماهی سیبری با توجه به استراتژی‌ها و اندازه به کار گرفته شده تحت تاثیر قرار گرفتند. ماهیان LR بعد از گذشت ۴۵ روز اختلاف وزن معناداری با ماهیان LA نداشتند که بازگو کننده این امر است که ماهیان در این اندازه توانسته‌اند با محدودیت غذایی سازگاری پیدا کنند و از حداقل غذایی که در اختیار آن‌ها قرار گرفته است در جهت رشد بیشتر بهره ببرند. به نظر می‌رسد که این استراتژی در زمان‌هایی از طول دوره پرورشی که نیاز به محدودیت غذایی مانند بروز بیماری، زمستان گذرانی و غیره وجود دارد، قابل اجراست. محرومیت و محدودیت غذایی اثرات نامطلوب روی شاخص‌های خونی تاس‌ماهی سیبری نداشت و به عبارتی اندام‌های خون‌ساز و در مجموع سلامتی ماهی را تحت تاثیر قرار نداد. بنابراین این گونه توانسته است در دو اندازه کوچک (۲۵۰ گرم) و بزرگ (۴۶۵ گرم)، مقاومت خود را نسبت به این شرایط حفظ کند. مطالعات آتی درباره اندازه‌گیری شاخص‌های ایمنی تحت استراتژی‌ها و اندازه‌های متفاوت

می‌تواند در بررسی بهتر وضعیت فیزیولوژیک و ایمنی تاس‌ماهی سیبری کمک شایانی کند.

### تشکر و قدردانی

بخشی از این پژوهش با حمایت پژوهشکده حوضه آبی دریای خزر انجام گرفت. لذا از همکاری این پژوهشکده کمال تشکر را داریم. همچنین از آقایان مهندس عبدالله‌پور، مهندس اکبری نرگسی و خانم‌ها مهندس نظری و ابراهیمی برای همکاری در مراحل عملی و آزمایشگاهی صمیمانه تشکر می‌کنیم.



## منابع

- پورسعید س.، فلاحتکار ب.، مجازی امیری ب. و وندرکراک گ. ۱۳۹۱. پاسخ‌های فیزیولوژیک ناشی از کاشت هورمون کورتیزول در فیل‌ماهی (*Huso huso*) ماده پرورشی جراحی شده با آندوسکوپی. مجله منابع طبیعی ایران، ۶۵(۲): ۱۶۷-۱۵۳.
- شیروان س.، فلاحتکار ب.، علاف نویریان ح. و عباسعلیزاده ع. ۱۳۹۲. تاثیر اعمال دوره‌های طولانی مدت گرسنگی و محدودیت غذایی بر Overwinter lipid depletion and mortality of age-0 rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 61(8): 1513-1519.
- Bronzi P., Rosenthal H., Arlati G. and Williot P. 1999.** A brief overview on the status and prospects of sturgeon farming in Western and Central Europe. Journal of Applied Ichthyology, 15(5-4): 224-227.
- Cacho J., Hatch U. and Kinnucan H. 1990.** Bioeconomic analysis of fish growth: Effect of dietary protein and ration size. Aquaculture, 88(3-4): 223-238.
- Caruso G., Denaro M.G., Caruso R., Mancari F., Genovese L. and Maricchiolo G. 2011.** Response to short term starvation of growth, haematological, biochemical and non-specific immune parameters in European sea bass (*Dicentrarchus*
- عملکرد رشد و ترکیب بدن در بچه تاس‌ماهی سبیری (*Acipenser baerii*). مجله علمی شیلات ایران، ۲۲(۳): ۹۱-۱۰۲.
- مرشدی و.، کوچنین ب.، بهمنی م.، یزدانی م.، پورعلی ح. و عشوری ق. ۱۳۹۰. تغییرات برخی فاکتورهای خونی در طی دوره‌های گرسنگی کوتاه مدت در بچه تاس‌ماهیان سبیری (*Acipenser baerii*). اقیانوس‌شناسی، ۲(۵): ۵۹-۶۶.
- Abdel-Tawwab M., Khattab Y.A.E., Ahmad M.H. and Shalaby A.M.E. 2006.** Compensatory growth, feed utilization, whole-body composition, and hematological changes in starved juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. Journal of Applied Aquaculture, 18(3): 17-30.
- Akbary P. and Jahanbakhshi A. 2016.** Effect of starvation on growth, biochemical, hematological and non-specific immune parameters in two different size groups of grey mullet, *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758). Acta Ecologica Sinica, 36(3): 205-211.
- Blaxhall P.C. and Daisley K.W. 1973.** Routine haematological methods for use with fish blood. Journal of Fish Biology, 5(6): 771-781.
- Biro P.A., Morton A.E., Post J.R. and Parkinson E.A. 2004.**

- labrax*) and blackspot sea bream (*Pagellus bogaraveo*). Marine Environmental Research, 72(1): 46–52.
- Chatzifotis S., Papadaki M., Despoti S., Roufidou C. and Antonopoulou E. 2011.** Effect of starvation and re-feeding on reproductive indices, body weight, plasma metabolites and oxidative enzymes of sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Aquaculture, 316(1): 53–59.
- Clem L.W., Sizemore C.F. and Ellsaesser C.F. 1985.** Monocyte as accessory cells in fish immune responses. Developmental and Comparative Immunology, 9(4): 803–809.
- Davis K.B. and Gaylord T.G. 2011.** Effect of fasting on body composition and responses to stress in sunshine bass. Comparative Biochemistry and Physiology A, 158(1): 30–36.
- Falahatkar B. and Barton B.A. 2007.** Preliminary observation of physiological response to acute handling and confinement in juvenile beluga *Huso huso* L. Aquaculture Research, 38(16): 1786–1789.
- Fontagne S., Bazina D., Breque J., Vachota C., Bernardea C., Rouault T. and Bergot P. 2006.** Effect of dietary oxidized lipid and vitamin A on the early development and antioxidant status of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) larvae. Aquaculture, 257(1): 400–411.
- Friedrich M. and Stepanowska K. 2001.** Effect of starvation on nutritive value of carp (*Cyprinus carpio*) and selected biochemical components of its blood. Acta Ichthyologica et Piscatoria, 31 (2): 29–36.
- Hardig J. and Hoglund L.B. 1983.** On accuracy in estimating fish blood variables. Comparative Biochemistry and Physiology A, 75(1): 35–40.
- Houston A.H. 1990.** Blood and circulation. P: 273–334. In: Schreck C.B. and Moyle P.B. (Eds.). Methods for Fish Biology. American Fisheries Society, USA.
- Hung S.S.O., Liu W., Li H., Storebakken T. and Cui Y. 1997.** Effect of starvation on some morphological and biochemical parameters in white sturgeon, *Acipenser transmontanus*. Aquaculture, 151(1): 357–363.
- Jobling M. 1994.** Fish bioenergetics. Fish and Fisheries Series, Vol. 13. Chapman and Hall, UK. 309P.
- Jobling M. 1995.** Simple indices for the assessment of the influences of social environment on growth performance, exemplified by studies on Arctic charr. Aquaculture International, 3(1): 60–65.
- Johansson-Sjoberg M.L., Dave J., Larsson A., Lewander K. and Lidman U. 1975.** Metabolic and

- hematological effects of starvation in the European eel, *Anguilla anguilla*.-II. Hematology. Comparative Biochemistry and Physiology A, 52(3): 431–434.
- Love R.M. 1970.** The Chemical Biology of Fishes. Academic Press, UK. 547P.
- McCue M.D. 2010.** Starvation Physiology: Reviewing the different strategies animals use to survive a common challenge. Comparative Biochemistry and Physiology A, 156(1): 1–18.
- Navarro I. and Gutierrez J. 1995.** Fasting and starvation. Biochemistry and Molecular Biology of Fishes, 31(4): 393–434.
- Rios F.S., Obab E.T., Fernandesb M.N., Kalinina A.L. and Rantin F.T. 2005.** Erythrocyte senescence and haematological changes induced by starvation in the neotropical fish traira, *Hoplias malabaricus* (Characiformes, Erythrinidae). Comparative Biochemistry and Physiology A, 140(3): 281–287.
- Sala-Rabanal M., Sanchez J., Ibarz A., Fernandez-Borras J., Blasco J. and Gallardo M.A. 2003.** Effects of low temperatures and fasting on hematology and plasma composition of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). Fish Physiology and Biochemistry, 29(2): 105–115.
- Saurabh S. and Sahoo P.K. 2008.** Lysozyme: An important defence molecule of fish innate immune system. Aquaculture Research, 39(3): 223–239.
- Shoemaker C.A., Klesius P.H., Lim C. and Yildirim M. 2003.** Feed deprivation of channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque), influences organosomatic indices, chemical composition and susceptibility to *Flavobacterium columnare*. Journal of Fish Diseases, 26(9): 553–561.
- Viegas I., Ratio J., Jarak I., Leston S., Carvalho R.A., Meton I., Pardal M.A., Baanante I.V. and Jones J.G. 2012.** Hepatic glycogen synthesis in farmed European seabass (*Dicentrarchus labrax* L.) is dominated by indirect pathway fluxes. Comparative Biochemistry and Physiology A, 163(1): 22–29.
- Wang Y., Cui Y., Yang Y. and Cai F. 2000.** Compensatory growth in hybrid tilapia, *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*, reared in seawater. Aquaculture, 189(1): 101–108.
- Wedemeyer G.A., Barton B.A. and McLeay D.J. 1990.** Methods for determining the tolerance of fishes to environmental stressors. P: 451–489. In: Schreck C.B. and Moyle P.B. (Eds.). Methods for Fish Biology. American Fisheries Society, USA.
- Yilmaz H.A. and 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. and Abo K. 2009.** Effects of restricted feeding on growth of red sea bream and sedimentation of aquaculture wastes. Aquaculture, 286(1): 80–88.



## Effect of feeding strategies on growth performance and hematological indices of Siberian sturgeon *Acipenser baerii* (Brandt, 1869) at different sizes

Naghmeh Jafari<sup>1</sup>, Bahram Falahatkar<sup>2,3\*</sup>, Mir Masoud Sajjadi<sup>2</sup>

Received: April 2017

Accepted: November 2017

### Abstract

This study was conducted to investigate the effect of feeding strategies on growth performance and hematological parameters of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) at different sizes for 45 days. Experimental treatments were including large fish with satiation feeding (LA); small fish with satiation feeding (SA); large fish with restricted feeding (LR); small fish with restricted feeding (SR); large starved fish (LS) and small starved fish (SS). Mean weights in large and small fish were  $465.75 \pm 11.18$ g and  $250.40 \pm 12$ g, respectively. Final weight in the LS and SS groups were significantly lower than the other groups ( $P < 0.05$ ). Hematological indices showed no interaction between feeding strategy and fish size ( $P > 0.05$ ), but monocyte values were significantly higher in LA treatment compared to the LR treatment ( $P < 0.05$ ). The present study revealed that feed deprivation has severe negative impacts on small fish while in restricted feeding treatments, these negative impacts were lower and the fish adapted to feed restriction period. Furthermore, the result of the present study indicated that various feeding strategies in both sizes had no adverse impact on hematological indices in Siberian sturgeon.

**Key words:** *Starvation, Restricted Feeding, Hematological Indices, Size, Siberian Sturgeon.*

1- M.Sc. Student in Aquaculture, Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran.

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

3- Professor in Department of Marine Sciences, The Caspian Sea Basin Research Center, University of Guilan, Rasht, Iran.

\*Corresponding Author: [falahatkar@guilan.ac.ir](mailto:falahatkar@guilan.ac.ir)

