

تأثیر اعمال دوره‌ی طولانی مدت گرسنگی و محدودیت غذایی بر عملکرد رشد و ترکیب بدن در بچه تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii* Brandt 1869)

سکینه شیروان^(۱)، بهرام فلاحتکار^(۲)، حمید علاف نویریان^(۳) و علیرضا عباسعلیزاده^(۴)
falahatkar@guilan.ac.ir

۱،۲ - گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، گیلان، صندوق پستی: ۱۱۴۴
۴ - مجتمع تکثیر و پرورش و بازسازی ذخایر ماهیان خاویاری شهید دکتر بهشتی، رشت

تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۲

تاریخ دریافت: تیر ۱۳۹۲

چکیده

مطالعه حاضر به منظور بررسی تأثیر اعمال دوره‌ی طولانی مدت برخی استراتژی‌های تغذیه‌ای (گرسنگی، غذاهی محدود به میزان ۱٪ بیومس هر مخزن و تغذیه تا حد سیری به عنوان شاهد) بر عملکرد رشد و ترکیب بدن تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii* Brandt 1869) به مدت ۸ هفته طراحی و اجرا گردید. در این راستا، تعداد ۲۷۰ عدد بچه تاسماهی سیبری (میانگین وزن $54 \pm 6/27$ گرم و تراکم $1/5$ گرم بر لیتر) در قالب سه تیمار (به همراه سه تکرار) در ۹ مخزن فایبرگلاس (۱۰۵۰ لیتر) توزیع شد. برای تمام ماهیان هر مخزن، وزن بدن و طول کل به صورت انفرادی در فاصله زمانی دو هفته‌ای ثبت گردید. در انتهای دوره آزمایش از هر تکرار ۵ عدد به صورت تصادفی جهت آنالیز ترکیب شیمیایی لاشه نمونه برداری شد. نتایج نشان داد که پارامترهای رشد در تاسماهی سیبری به صورت معنادار تحت تأثیر دوره‌های گرسنگی و محدودیت غذایی قرار گرفت محتوای رطوبت و چربی به صورت معناداری در همه تیمارها اختلاف داشت؛ به نحوی که بالاترین محتوای رطوبت و چربی به ترتیب در تیمار گرسنه و شاهد مشاهده گردید. محتوای پروتئین در تیمار گرسنه به صورت معناداری کمتر از سایر تیمارها بود، در حالیکه در محتوای خاکستر لاشه بین تیمارها اختلاف معناداری مشاهده نگردید. به طور کلی، کاهش وزن و سایر فاکتورهای رشد بچه تاسماهی سیبری در دوران کمبود غذایی، به مصرف ذخایر چربی و سپس متابع پروتئینی بدن و جایگزینی آن با آب نسبت داده می‌شود. در حقیقت، در دوران کمبود غذایی، بچه تاسماهی سیبری قادر است که ذخایر پروتئینی بدن را نسبت به چربی‌ها بهتر حفظ کند.

لغات کلیدی: تاسماهی سیبری، گرسنگی، غذاهی محدود، رشد، ترکیب لاشه

مقدمه

انجام عملکردهای متابولیک بدن به نحو مطلوبی استفاده نماید. در برخی گونه‌ها، اولین ذخیره انرژی مورد استفاده در هنگام مواجهه با شرایط گرسنگی یا محدودیت غذایی، گلیکوژن کبد Hung *et al.*, 1997; Figueiredo-Garutti *et al.*, 2002 همراه با مصرف گلیکوژن، ذخایر چربی نیز برای تأمین انرژی استفاده می‌شود. در این گونه‌ها، پروتئین ماهیچه Navarro آخرين ذخیره برای تأمین انرژی مورد نیاز است (Hung *et al.*, 1997; Figueiredo-Garutti *et al.*, 2002). در صورتیکه در سایر گونه‌ها ذخایر گلیکوژنی کبد حفظ شده و پروتئین به منظور گلوکونوژن کاهش می‌باید و چربی و یا پروتئین به عنوان اشکال فرعی در Navarro and Gutiérrez, 1995 تولید انرژی استفاده می‌شود (Gillis and Ballantyne, 1996).

ماهیان خاویاری شایان توجه و مراقبت ویژه از نقطه نظر پرورش و بازسازی ذخایر هستند. کاهش در ذخایر اکثر گونه‌های این خانواده، تلاش برای بهبود پرورش برای بازسازی و آبزی پروری را افزایش داده است (Furné *et al.*, 2012). از این‌رو، تسامه‌ی سبیری *Acipenser baerii* زیستی برای مطالعات فیزیولوژیک و تغذیه‌ای تسامه‌یان مورد استفاده قرار می‌گیرد (Fontagné *et al.*, 2006). دوره پرورشی طولانی مدت تسامه‌یان و به دنبال آن هزینه‌های پرورش، اهمیت اطلاعات فیزیولوژیک این گونه به عنوان پایه‌ای برای بهبود پروتکل‌های پرورشی و تغذیه‌ای با امکان کاهش هزینه‌های تولید را آشکار می‌کند.

از آنجا که رژیم غذایی مناسب از مهم‌ترین عوامل دخیل در موقوفیت آبزی‌پروری است (Yokoyama *et al.*, 2009)، یک رویکرد مهم جهت کاهش هزینه‌های غذا در آبزی‌پروری تجاری، اعمال مدیریت تغذیه و استراتژی‌های مناسب در مواجهه با شرایط متفاوت پرورش است. چنین استراتژی‌هایی قادرند که مدیریت هزینه و کیفیت آب را بهبود ببخشند و نیز هزینه‌های Gaylord and Gatlin, 2001; Gaylord and Gatlin, 2001; Yokoyama *et al.*, 2009

اگرچه مطالعات صورت گرفته در مورد ماهیان استخوانی نشان می‌دهد که گرسنگی و تغذیه محدود ممکن است بر بسیاری از عملکردهای ساختاری و فیزیولوژیک تأثیر داشته باشد، هیچ اطلاعی در مورد الگوی رشد و ترکیب شیمیابی بدن تسامه‌یان در معرض تغذیه محدود و سایر اثرات این استراتژی تسامه‌یان در حال حاضر نمی‌گذرد، از این‌رو در مطالعه حاضر سیستم پرورشی ایران نمی‌گذرد، از این‌رو در

محدودیت غذایی برای بسیاری از جانوران آبزی نظیر ماهی‌ها یک رخداد طبیعی است که به علت کمبود غذا، تغییرات آب و هوایی، تولیدمثل، مهاجرت و سایر موارد رخ می‌دهد (Hinch *et al.*, 2005; Davis and Gaylord, 2011; Falahatkar, 2012). این موجودات می‌توانند در دوره‌های طولانی مدت بدون مصرف هیچ‌گونه غذایی زنده بمانند و برای تعداد بسیاری از گونه‌های ماهی، دوره‌ی گرسنگی بخشی از چرخه طبیعی زندگی موجود محسوب می‌شود (Navarro and Gutiérrez, 1995). در شرایط پرورشی هم ماهی‌ها دوره‌های گرسنگی را تحمل می‌کنند که می‌تواند مربوط به عوامل استرس زا، عوامل بیماریزا، کدورت و نوسانات دمایی در محیط پرورش باشد (Falahatkar, 2012). قابل ذکر است که در آبزی‌پروری، محدودیت یا محرومیت غذایی برای دوره‌های کوتاه مدت ممکن است بخشی از یک استراتژی تعذیبه‌ای برای رفع مشکلات کیفی Davis and آب، کاهش اثرات سوء استرس ناشی از دستکاری (Gaylord, 2011)، کاهش مرگ و میر در اثر بیماری، یا Gaylor and Gatlin, 2000; Caruso *et al.*, 2011 کاهش هزینه‌های مزرعه باشد (Gutiérrez, 1995). در طول دوره‌های محرومیت و یا محدودیت غذایی، جانوران مکانیسم‌های رفتاری، فیزیولوژیک و ساختاری مختلفی را برای پوشش نیازهای متابولیک به کار می‌گیرند تا از منابع خود استفاده کنند (Black and Love, 1986; Navarro and Gutiérrez, 1995). که شامل کاهش تحرک و فعالیت‌های متابولیک (Mendez and Wieser, 1993)، اصلاح ظرفیت-های متابولیک (Guderley *et al.*, 1996) و استفاده از منابع پروتئینی ماهیچه (Black and Love, 1986) است. از آنجا که عادات تعذیبه‌ای ماهی بر پاسخ متابولیک به دوره‌های محرومیت غذایی تأثیر دارد، ماهیان گوشتخوار به دلیل کمتر بودن دفعات تغذیه و تحمل دوره‌های کمبود غذا در شرایط طبیعی با این شرایط بهتر سازگار می‌شوند، در حالیکه ماهیان همه‌چیزخوار و گیاهخوار به طور مداوم در حال تغذیه‌اند (Bond, 1996). برای بقا و سپری کردن دوره‌های مکرر محرومیت غذایی، ماهی باید با استفاده از مواد موجود در بافت‌های خود در جهت

اولویت‌های منابع تأمین کننده انرژی در این دوران، به منظور مدیریت هرچه بهتر پرورش این ماهیان در شرایط متراکم پرورشی، تشخیص داده شود.

شاخص‌های رشد شامل وزن کسب شده (WG)، درصد افزایش وزن بدن (BWI)، فاکتور وضعیت (CF)، نرخ رشد ویژه (SGR)، ضریب تبدیل غذایی (FCR)، شاخص کبدی (HSI)، شاخص احشایی (VSI) و درصد بقا (Survival rate) با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شد (Ricker, 1979; Qinghui *et al.*, 2004; Falahatkar, 2012

$$WG \text{ (g fish}^{-1}) = FW - IW$$

$$BWI (\%) = [(FW - IW) / IW] \times 100$$

$$CF = [\text{Body weight} / \text{Total length}^3] \times 100$$

$$SGR (\% \text{ day}^{-1}) = \ln [FW] - \ln [IW] / t$$

$$FCR = \text{Feed intake} / \text{Weight gain}$$

$$HSI (\%) = [\text{Liver weight} / \text{Body weight}] \times 100$$

$$VSI (\%) = [\text{Visceral weight} / \text{Body weight}] \times 100$$

$$\text{Survival rate (\%)} = (\text{final number of fishes} / \text{initial number of fishes}) \times 100$$

W و IW به ترتیب، وزن نهایی و وزن اولیه و t زمان آزمایش می‌باشد. لازم به ذکر است که وزن بر حسب گرم و طول بر اساس سانتیمتر اندازه گیری گردید. جهت اندازه گیری شاخص‌های کبدی و احشایی، وزن هر کدام از این اجزا در انتهای دوره پرورش و در پنج ماهی به ازای هر تکرار در نظر گرفته شد.

در ابتدای دوره تعداد پنج عدد و در انتهای دوره از هر تکرار پنج عدد ماهی به صورت تصادفی برای انجام آنالیز تقریبی لاشه در نظر گرفته شد. درصد رطوبت با قرار گرفتن نمونه‌ها در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد و پس از رسیدن وزن نمونه‌ها به میزان ثابت تعیین شد. محتوای چربی خام لاشه با استخراج لیپید بر اساس روش سوکسله و محتوای پروتئین خام با اندازه-گیری نیتروژن کل در روش کجلاال بر اساس اندازه گیری نیتروژن (۶/۲۵ \times) تعیین شد. مقادیر خاکستر نیز با قرار دادن نمونه‌ها در کوره الکتریکی به مدت ۸ ساعت به دست آمد (AOAC, 1996).

کلیه آنالیزهای آماری با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۱۶ (Chicago, IL) انجام شد. هر تانک یک واحد آزمایشی برای این مطالعه در نظر گرفته شد. بنابراین میانگین ۹۳

سعی بر آن است که تغییرات پارامترهای رشد و بقا و ترکیب بدن در تاسماهی سیبری در معرض گرسنگی و غذاهای محدود را در مقایسه با تغذیه به صورت کامل مورد ارزیابی قرار داده و

مواد و روش کار

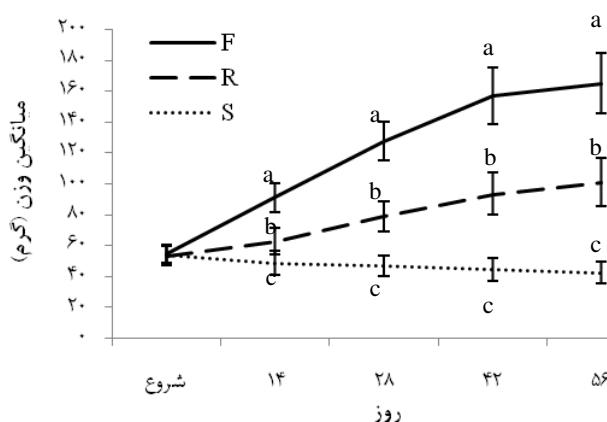
۲۷۰ عدد بچه تاسماهی سیبری با میانگین وزن اولیه ۵۴ \pm ۶/۲۷ cm و طول $25/3 \pm 0.24$ cm (میانگین \pm انحراف معیار) به مدت دو هفته قبل از شروع آزمایش، با شرایط پرورشی در مجتمع تکثیر و پرورش ماهیان خاویاری شهید دکتر بهشتی (رشت، ایران) سازگار شد. در طی این مدت، ماهیان روزانه ۴ وعده و در حد اشباع در ساعات ۸:۰۰، ۱۲:۰۰، ۱۶:۰۰ و ۲۰:۰۰ و در حد اشباع در ساعت ۸:۰۰، ۱۲:۰۰، ۱۶:۰۰ و ۲۰:۰۰ غذاهی شدند. پس از گذراندن دوران سازگاری، ماهی‌ها به صورت تصادفی در ۹ تانک فایبرگلاس (۱۰۵۰ لیتر حجم آب) با تراکم ۳۰ قطعه در هر تانک ذخیره سازی شدند. اختلاف معناداری در وزن اولیه ماهیان تیمارها در ابتدای آزمایش وجود نداشت. جهت تأمین آب ورودی سیستم، آب رودخانه و چاه به صورت همزمان مورد استفاده قرار گرفت. دبی آب ورودی برای هر تانک $14/4 \pm 1/6$ l/min، دمای آب $18 \pm 3/2$ °C، میزان اکسیژن محلول $7/1 \pm 1/9$ mg/l و دورة نوری طبیعی بود. استراتژی‌های غذایی مورد مطالعه در قالب سه تیمار غذاهی کامل (F)، تغذیه بر اساس اشتها و تا حد سیبری، تغذیه محدود (R)، غذاهی به میزان ۱٪ وزن بیومس به ازای هر روز (S) (Falahatkar *et al.*, 2013) و گرسنگی (Falalahatkar *et al.*, 2013) بدون هیچ‌گونه غذاهی) و هر کدام در سه تکرار مورد آزمایش قرار گرفت. در تیمارهای F و R، غذاهی با جیره تجاری فرموله شده Biomar با ۴۸٪ پروتئین خام و ۲۲٪ چربی خام، روزانه ۴ وعده در ساعات ۸:۰۰، ۱۲:۰۰، ۱۶:۰۰ و ۲۰:۰۰ به صورت دستی صورت گرفت. در طول غذاهی میزان کمی غذا هر چند دقیقه یکبار به هر تانک اضافه می‌شد و این کار تا زمانیکه ماهی‌ها سیر شده و دیگر هیچ غذایی نخورند ادامه می‌یافت. هر وعده غذاهی حدود یک ساعت طول می‌کشید تا از خورده شدن تمام غذا بوسیله ماهی‌ها اطمینان حاصل شود (Zhu *et al.*, 2005). جهت جلوگیری از ورود احتمالی غذای زنده (نظیر گاماروس و دافنی)، ورودی آب رودخانه با توری‌های چشمیه ریز پوشانده و این توری‌ها روزانه تمیز می‌شوند. در طول دوره آزمایش، زیست سنجی ماهیان هر دو مفتله یکبار با دقیقه ۱/۰ گرم برای وزن و ۱ میلی متر برای طول کل انجام و داده‌های مربوط ثبت شد. ماهی‌ها ۱۲ ساعت قبل از توزیع گرسنه نگهدارشته و در هنگام بیومتری با استفاده از ۱/۵۰۰ mg پودر گل میخک بیهود شدن (Yarmohammadi *et al.*, 2012).

لاشه با one-way ANOVA با استفاده از آزمون دانکن مورد بررسی قرار گرفت. اختلافات در سطح معنادار $P < 0.05$ بیان شده است.

هر تانک برای آزمون اثر تیمار روی هر متغیر استفاده شد. جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها و همگنی واریانس‌ها به ترتیب از آزمون‌های Levene و Smirnov-Kolmogorov استفاده شد. تأثیر استراتژی‌های تغذیه‌ای بر پارامترهای رشد و ترکیب

هفته دوم، وزن ماهیان تحت تأثیر تیمارهای آزمایش به صورت معنادار اختلاف نشان داد.

در طول ۸ هفته آزمایش، وزن ماهی‌ها تحت تأثیر استراتژی‌های تغذیه‌ای قرار گرفت ($P < 0.05$ ، شکل ۱). به طوریکه از



شکل ۱: روند تغییرات وزن بدن (g) بجهه تاسماهی سبیری *Acipenser baerii* (میانگین \pm انحراف معیار) طی ۸ هفته استفاده از رژیمهای غذایی مختلف. F: تغذیه کامل؛ R: تغذیه محدود؛ S: گرسنه. اختلاف‌ها با استفاده از آزمون Duncan و در سطح معنی‌دار < 0.05 بیان شده است.

در انتهای دوره ۵۶ روزه آزمایش، اختلاف معنادار بین پارامترهای رشد دیده شد (جدول ۱). میانگین وزنی در تیمار گرسنه (S) به میزان $21/56 \pm 2/97$ درصد نسبت به ابتدای دوره کاهش یافت که به صورت معنادار نسبت به تیمار F $4/15 \pm 20/1/56 \pm 89/58 \pm 3/2$ درصد) کمتر بود ($F = 3/0/79$, $df = 2$, $P = 0/000$) در طول ۸ هفته، $df = 2$, $P = 0/000$. بین تیمارهای آزمایش اختلاف نشان داد ($F = 2/370$, $df = 2$, $P = 0/000$). بالاترین میزان SGR در تیمار شاهد (F) و Kمترین مقدار مربوط به تیمار S بود. در مورد HSI، در تیمار F بیشترین مقادیر در تیمار F و کمترین مقادیر در تیمار S مشاهده شد ($F = 341/00/3$, $df = 2$, $P = 0/000$) (شکل ۲).

FCR در تیمار R به صورت معنادار نسبت به شاهد کاهش یافت ($F = 143/721$, $df = 1$, $P = 0/000$). درصد بقا در تیمار گرسنه پس از گذشت ۸ هفته گرسنگی $98/8$ درصد بود.

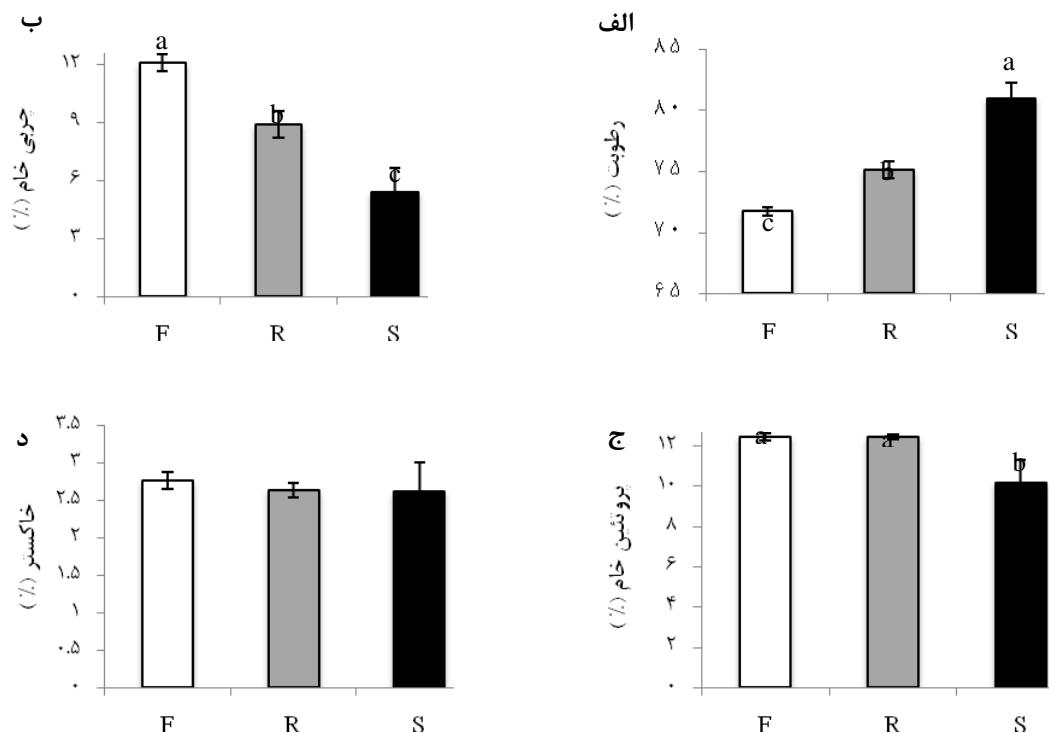
جدول ۱: شاخص‌های رشد، تغذیه و بقای بچه تاسماهی سیبری *Acipenser baerii* (میانگین ± انحراف معیار) پس از ۸ هفته استفاده از رژیم‌های غذایی مختلف.

تیمار				شاخص رشد
F	R	S		
۵۴/۶ ± ۵/۶۵	۵۳/۲۸ ± ۶/۴۳	۵۴/۱ ± ۶/۷۴	وزن اولیه (گرم)	
۱۶۴/۶۵ ± ۱۹/۵ ^a	۱۰۰/۹۹ ± ۱۵/۷۸ ^b	۴۲/۴۲ ± ۷/۱۹ ^c	وزن نهایی (گرم)	
۲۵/۴۶ ± ۱/۰۳	۲۵/۰۶ ± ۱/۰۶	۲۵/۳۹ ± ۱/۳۱	طول اولیه (سانتیمتر)	
۳۶/۶۰ ± ۱/۵۴ ^a	۳۲/۴۰ ± ۱/۹۴ ^b	۲۶/۱۰ ± ۱/۶۴ ^c	طول نهایی (سانتیمتر)	
۱۱۰/۰۵ ± ۲۰/۵ ^a	۴۷/۷۱ ± ۱۶/۹ ^b	-۱۱/۶۸ ± ۹/۷ ^c	افزایش/کاهش وزن (گرم)	
۲۰/۱/۵۶ ± ۴/۱۵ ^a	۸۹/۵۸ ± ۳/۲ ^b	-۲۱/۵۶ ± ۲/۹۷ ^c	درصد افزایش/کاهش وزن بدن	
۰/۳۴ ± ۰/۰۰۱ ^a	۰/۳ ± ۰/۰۲ ^b	۰/۲۷ ± ۰/۰۴ ^c	فاکتور وضعیت	
۱/۹ ± ۰/۰۳ ^a	۱/۱ ± ۰/۰۳ ^b	-۰/۴۲ ± ۰/۰۶ ^c	نرخ رشد ویژه (درصد / روز)	
۱/۶۸ ± ۱/۴۱ ^a	۰/۸۶ ± ۰/۳۷ ^b	—	ضریب تبدیل غذایی	
۴/۱۶ ± ۰/۶۵ ^a	۲/۷۲ ± ۰/۵۴ ^b	۰/۷۶ ± ۰/۳۰ ^c	شاخص کبدی (درصد)	
۱۰/۹۹ ± ۱/۱ ^a	۹/۷۱ ± ۱/۷۰ ^a	۶/۵۷ ± ۱/۶۴ ^b	شاخص احشایی (درصد)	
۱۰۰	۱۰۰	۹۸/۸	بقا (درصد)	

حروف متفاوت در هر ردیف نشانگر وجود اختلاف معنی دار بین تیمارها است. F: تغذیه کامل؛ R: تغذیه محدود؛ S: گرسنه. اختلاف‌ها با استفاده از آزمون Duncan و در سطح معنی دار ۰/۰۵ بیان شده است.

در انتهای ۸ هفته آزمایش، محتوای رطوبت در دو تیمار S و R نسبت به گروه شاهد به صورت معنادار افزایش یافت (شکل ۲-الف). بالاترین میزان رطوبت در تیمار S $۸۰/۹۴ \pm ۱/۳۱$ (درصد) و کمترین میزان در تیمار شاهد $۷۱/۷۵ \pm ۰/۳۵$ (درصد) مشاهده شد ($F = ۲۴۹/۶۳۵$, $df = ۲$, $P = ۰/۰۰۰$). در محتوای چربی خام بین تمام تیمارها اختلاف معنادار دیده شد و بالاترین و پایین‌ترین میزان چربی مربوط به تیمار F $\pm ۰/۰۴۲$ (درصد) و S $۱۲/۰۷ \pm ۱/۲۶$ (درصد) بود ($F = ۰/۰۰۰$, $df = ۲$, $P = ۰/۰۰۰$). (شکل ۲-ب).

محتوای پروتئین خام تیمار S به صورت معنادار نسبت به تیمار F و R کمتر بود ($F = ۳۳/۵۰۰$, $df = ۲$, $P = ۰/۰۰۰$). اما بین تیمار F و R اختلاف معناداری دیده نشد ($P > ۰/۰۵$) (شکل ۲-ج). میزان خاکستر لاشه در هیچ کدام از تیمارها اختلافی را آشکار نکرد ($F = ۰/۹۰۱$, $df = ۲$, $P = ۰/۴۱۹$). (شکل ۲-د).



شکل ۲: محتوای رطوبت (الف)، چربی خام (ب)، پروتئین خام (ج) و خاکستر (د) (در صد به ازای وزن تر) لاشه بچه تاسماهی تاسماهی سیبری *Acipenser baerii* پس از ۸ هفته استفاده از رژیم‌های غذایی مختلف (میانگین ± انحراف معیار).
F: تغذیه کامل؛ R: تغذیه محدود؛ S: گرسنه. اختلاف‌ها با استفاده از آزمون Duncan و در سطح معنی دار $P < 0.05$ بیان شده است.

های این مطالعه، نتایج ارائه شده بر روی تاسماهی سفید، *Acipenser transmontanus* نیز نشان از افت و وزنی بیشتر در ماهیان گرسنه پس از ۲ هفته اول داشت. در واقع، کاهش وزن در طول زمان نتیجه کاهش نرخ متabolیک در طول گرسنگی است (Hung *et al.*, 1997).

همانطور که انتظار می‌رفت، گرسنگی اثر منفی بر SGR گذاشت و در تیمار R میزان SGR به صورت ملایم و با نرخی کمتر از تیمار شاهد در طول دوره حفظ شد. بر این اساس، در تیمار گرسنه منفی و در سایر تیمارها به صورت مثبت مشاهده شد. از آنجا که در دوران کمبود غذا معمولاً ماهی جهت

در مطالعه حاضر، اعمال دوره‌های طولانی مدت استراتژی‌های تغذیه‌ای اثر قابل ملاحظه‌ای بر پارامترهای رشد و ترکیب شیمیایی لاشه در تاسماهی سیبری داشت. متأسفانه مطالعات بسیار اندکی در خصوص اثر دوره‌های محدودیت یا محرومیت غذایی در تاسماهیان وجود دارد. در مطالعه حاضر با پیشروی دوره گرسنگی و محدودیت غذایی، اختلاف وزن قبل ملاحظه‌ای در هر سه استراتژی اعمال شده مشاهده شد. مطالعه صورت گرفته بر روی تاسماهی ایرانی، *Acipenser persicus* نیز افت وزن و فاکتور وضعیت را در تیمارهای ۲–۴ هفته گرسنه نشان داد (Yarmohammadi *et al.*, 2012). همانند یافته-

بحث

دلیل محتمل در خصوص افزایش محتوای آب بافت ناشی از افزایش فشار اسمزی در اثر افزایش سطح متابولیت‌ها است. احتمال دیگر این است که سلول‌ها به طریقی مواد آلی از دست رفته در طول گرسنگی را برای حفظ اندازه و عملکردشان با آب جایگزین می‌کنند (McCue, 2010).

برخی ماهی‌ها از چربی/پروتئین به عنوان مهم‌ترین منابع انرژی در دوران گرسنگی استفاده می‌کنند و ذخایر گلیکوژنی کبد را حفظ می‌نمایند. اگر چه سایرین از چربی زودتر از محتوای گلیکوژن استفاده می‌کنند (Furné *et al.*, 2008) به دلیل اینکه ماهی ذخایر چربی خود را در کبد، محوطه شکمی و یا زیر پوست ذخیره می‌کند به نظر می‌رسد که آنالیز ترکیب شیمیایی کل لشه نسبت به استفاده صرف از ماهیچه مناسب تر بوده و دقت بالاتری دارد (Falahatkar, 2012). آنالیز تقریبی لشه پس از گرسنگی نشان داد که در ماهیان گرسنه و در معرض محدودیت غذایی، دامنه تغییرات محتوای پروتئین بدن نسبت به چربی کمتر بود. در واقع اولین ذخیره بافتی مصرف شده در طول دوران کمبود غذایی، محتوای چربی و سپس منابع پروتئینی است. Liu و همکاران در سال ۲۰۱۱ در خصوص تاسماهی چینی بیان کردند در ماهیان گرسنه، ذخایر چربی به ویژه چربی کبدی در هفته اول گرسنگی و به میزان بالاتری نسبت به پروتئین‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. محتوای چربی تاسماهی آمور، Acipenser schrenckii در طول ۱۴–۲۱ روز گرسنگی کاهش یافت، اگرچه کاهشی در محتوای پروتئینی مشاهده نشد (Gao *et al.*, 2004).

نتایج مطالعه حاضر بر روی بجه تاسماهی سبیری در راستای مطالعات قبل که چربی را مهم‌ترین منبع انرژی در طول گرسنگی معروفی کرده اند بود؛ به طوری که این مورد در کاد Black and Love,)*Gadus morhua* L., (Miglavs and Jobling, 1989)، چار قطبی (1986 Kim and Lovell,)*Ictalurus punctatus* (Hung *et al.*, 1997) و تاسماهی سفید (Dave *et al.*, 1995) مشاهده شده است. در مقابل، در مارماهی اروپایی (Ophiocephalus *et al.*, 1975) و ماهی سرماری، (*Woo and Cheung, 1980*) *maculates* که پروتئین مهم‌ترین منبع انرژی در طول دوره گرسنگی به نظر می‌رسد بتوان کمتر بودن محتوای چربی پس از گرسنگی را به تخلیه ذخایر چربی و به خصوص از بافت کبد و امعاء و احشاء نسبت داد. در حقیقت، می‌توان اینچنین عنوان کرد که ذخایر موجود در بافت کبد در طول این دوره نسبت به بافت ماهیچه قابلیت بالاتری برای مصرف دارند و ماهی ترجیح می‌دهد

تأمین انرژی مورد نیاز خود مجبور به استفاده از ذخایر درونی بدن است، کاهش رشد در تیمارهای در معرض کمبود غذا منطقی به نظر می‌رسد. نتایج مشابهی در مورد تاسماهی سفید (Hung *et al.*, 1997) و مارماهی اروپایی، (Bakke-McKellep, 2005) گزارش شده است. با این وجود، وزن و طول ماهی آزاد اطلس، *Salmo salar* پس از ۴۰ روز گرسنگی تحت تأثیر قرار نگرفت (Jobling, 1995)، که نشان می‌دهد که پاسخ به گرسنگی تحت تأثیر گونه ماهی است. از طرف دیگر، بین ماهی‌های در معرض محدودیت غذایی به علت اختلاف در تحمل این شرایط و گاه بروز رقابت بر سر منبع محدود غذایی، اختلاف در وزن و طول ماهیان دیده می‌شود (Jobling, 1995). بنابراین برخی افراد نرخ رشد خوبی نشان می‌دهند، در صورتیکه سایر افراد هیچ غذایی دریافت نمی‌کنند و گرسنه خواهند ماند و لذا کاهش وزن نشان خواهند داد. این عدم توازن در طول زمان منجر به اختلاف در اندازه ماهیان می‌شود (Jobling, 1995) به طوری که این اختلاف در ماهیان مطالعه حاضر نیز مشاهده شد.

FCR در تیمار R نسبت به شاهد به صورت قابل ملاحظه‌ای بهبود یافت. به نظر می‌رسد در ماهیان با تغذیه محدود به این علت که زمان کافی جهت هضم و جذب کامل غذا به دلیل مقدار کم آن وجود دارد، غذای محدود در دسترس کارایی بالاتری را نسبت به غذای بیشتر در ارتباط با تولید گوشت نشان داد که این امر به وضوح در میزان FCR محاسبه شده مشاهده گردید. در واقع در تیمار شاهد 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 وجود دارد. به همین دلیل در تیمار شاهد که تا حد سیری تغذیه شد میزان FCR و راندمان غذا نسبت به تیمار محدود کاهش یافت.

سازماندهی فرآیندهای متابولیک برای استفاده مؤثر از انرژی ذخیره شده یک استراتژی مهم در طول گرسنگی است (Gillis and Ballantyne, 1996) و ماهی‌ها را قادر می‌سازد که در دوران گرسنگی بدون هیچ‌گونه آسیب طولانی مدت، مقادیر قابل توجهی از ذخایر انرژی و بافت بدن خود را تجزیه کنند (Black and Love, 1986). در مطالعه حاضر، محتوای آب بافت در مواجهه با گرسنگی و محدودیت غذایی همانند نتایج گزارش شده از سایر گونه‌ها نظیر چار قطبی، (*Salvelinus alpinus* Hung, 1989) *Acipenser sinensis*, (et al., 1997) و تاسماهی چینی، (*Liu et al.*, 2011; Xiao *et al.*, 2011) افزایش یافت.

همکاران در سال ۱۹۹۷ نتیجه مشابهی را در تاسماهی سفید منتشر کردند.

نتایج این مطالعه نشان داد پاسخ‌های رشد تاسماهی سیبری که در معرض دوره‌های طولانی مدت تیمارهای مختلف (تجذیه کامل، محدود و گرسنگی)، به صورت قابل توجهی تحت تأثیر قرار گرفت و شدت این تأثیر به میزان غذای در دسترس ماهی بستگی داشت. در این مطالعه ترکیبات شیمیایی بدن متاثر از نوع و استراتژی تجذیه نیز دستخوش تغییراتی شد. با اینکه اختلافاتی در تیمارهای با تجذیه کامل و محدود مشاهده شد، با این حال به نظر می‌رسد که در تیمار با تجذیه محدود تغییر غیر قابل جبرانی نسبت به شاهد ایجاد ننماید و می‌توان این ترخ تجذیه را در شرایط نامساعد نظیر کاهش دمای آب در زمستان گذرانی یا بروز بیماری در دوره‌های کوتاه بدون ایجاد اثر شدید بر روی رشد و فیزیولوژی ماهی در نظر گرفت و احتمالاً می‌توان با از سر گیری تجذیه در دوره‌های بعد، شاهد بازیابی ذخایر از دست رفته ماهی در زمان کوتاه تری نسبت به ماهیان گرسنه بود. با این وجود، مطالعات تکمیلی بیشتری برای تأیید این یافته ها و نیز در خصوص نحوه تأثیر دوره‌های اعمال شده غذایی در مدت زمان‌های کوتاه یا بلند بر ترکیب آمینواسیدها و اسیدهای چرب می‌بایست انجام گردد.

تشکر و قدردانی

نگارندگان مراتب قدردانی و سپاس خود را از پرسنل محترم مجتمع تکثیر و پورش و بازسازی ذخایر ماهیان خاویاری شهید دکتر بهشتی به خصوص آقای مهندس علیزاده و همچنین آقای مهندس موسی پور مسئول آزمایشگاه تجذیه دانشکده منابع طبیعی دانشگاه گیلان به دلیل مساعدت و همکاری‌های صمیمانه در این تحقیق، ابراز می‌دارند.

ذخایر سهل الوصول کبدی را مقدم بر سایر منابع استفاده کند. در دوران گرسنگی و محدودیت غذایی نه تنها ذخیره‌سازی مواد در کبد متوقف می‌شود، بلکه مواد ذخیره‌شده کبدی نیز تخلیه می‌شوند. پس منطقی به نظر می‌رسد که در درجه اول شاخص کبدی و سپس شاخص احتشایی کاهش یابد. در تیمار گرسنه مطالعه حاضر، هر دو شاخص به صورت قابل ملاحظه ای کاهش یافت اگرچه در تیمار R شاخص احتشایی اختلافی را با شاهد نشان نداد که نشان می‌دهد غذای دریافتی صرف انجام متابولیسم پایه شده و کمبود غذایی عمدتاً با استفاده از ذخایر کبدی جبران شده و به همین دلیل وزن احتشایی به دلیل مصرف نشدن ذخایر احتشایی حفظ شده بود. کاهش شاخص کبدی و احتشایی سابقاً در تاسماهی سیبری در معرض دوره کوتاه مدت گرسنگی (۴-۸ روز) نیز مشاهده شده است (Ashouri *et al.*, 2013). این نتایج نشان می‌دهد که متابولیسم کبد نسبت به بافت ماهیچه بیشتر تحت تأثیر گرسنگی قرار می‌گیرد. مطالعات قبلی نشان داده است که انگشت قدهای تاسماهی آمور، پس از یک دوره گرسنگی ۲۱ روزه، گلیکوژن کبدی خود را سریع تراز گلیکوژن ماهیچه، محتوای چربی و پروتئینی مصرف می‌کند (Gao *et al.*, 2004). به نظر می‌رسد ذخایر چربی با ارجحیت نسبت به ذخایر پروتئین در مراحل اولیه گرسنگی Black and Love, 1995 جهت تأمین انرژی مصرف می‌شوند (Tغيير دامنه 1986; Navarro and Gutiérrez, 1995). کمتر پروتئین نسبت به چربی در ماهیان گرسنه از مواردی بود که در تاسماهی چینی (Xiao *et al.*, 2011) و تاسماهی آمور (Gao *et al.*, 2004) نیز همانند تحقیق حاضر بر روی تاسماهی سیبری ملاحظه شده است. نتایج این مطالعه موافق با نتایج Xiao و همکاران در سال ۲۰۱۱ در مورد تاسماهی چینی است که نشان می‌دهد در طول گرسنگی وزن کبد و احشاء نسبت به وزن بدن بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرد. Hung و

منابع

- AOAC, 1996.** Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.
- Ashouri, G., Yavari, V., Bahmani, M., Yazdani, M. A., Kazemi, R., Morshed, V., Fatolahi, 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.
- Black, D., Love, R. M., 1986.** The sequential mobilisation and restoration of energy reserves in tissues of Atlantic cod during starvation and refeeding. Journal of Comparative Physiology and Biochemistry 156: 469-479.
- Bond, C. E., 1996.** Nervous and endocrine systems. In: Bond, C. E (ed.). Biology of fishes. Saunders College Publishing, Fort Worth, pp 241-258.
- Caruso, G., Denaro, M. G., Caruso, R., Mancari, F., Genovese, L., Maricchiolo, G., 2011.** Response to short term starvation of growth, haematological, biochemical and non specific immune parameters in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and blackspot sea bream (*Pagellus bogaraveo*). Marine Environmental Research 72: 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: 71-83.
- Dave, G., Johansson-Sjöbeck, M., Larsson, A., Lewander, K., Lidman, U., 1975.** Metabolic and hematological effects starvation in the European eel, *Anguilla anguilla* L. carbohydrate, lipid, protein and inorganic ion metabolism. Comparative Biochemistry and Physiology. Part A 52: 423-430.
- Davis, K. B., Gaylord, T. G., 2011.** Effect of fasting on body composition and responses to stress in sunshine bass. Comparative Biochemistry and Physiology. Part A 158: 30-36.
- Falahatkar, B., 2012.** The metabolic effects of feeding and fasting in beluga *Huso huso*. Marine Environmental Research 82: 69-75.
- Falahatkar, B., Akhavan, S. R., Efatpanah, I., Meknatkhah, B., 2013.** Effect of winter feeding and starvation on the growth performance of young-of-year (YOY) great sturgeon, *Huso huso*. Journal of Applied Ichthyology 29: 26-30.
- Figueiredo-Garutti, M. L., Navarro, I., Capilla, E., Souza, R., Moraes, G., Gutiérrez, J., Vicentini-Paulino, M. L., 2002.** Metabolic changes in *Brycon cephalus* (Teleostei, Characidae) during post-feeding and fasting. Comparative Biochemistry and Physiology. Part A 132: 467-476.
- Fontagné, S., Bazina, D., Brèquea, J., Vachota, C., Bernardea, C., Rouaultb, T., Bergot, P., 2006.** Effects of dietary oxidized lipid and vitamin A on the early development and antioxidant status of Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*) larvae. Aquaculture 257: 400-411.
- Furné, 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. Part A 149: 420-425.
- Furné, M., Morales, A. E., Trenzado, C. E., García-Gallego, M., Hidalgo, M. C., Domezain, A., Sanz Rus, A., 2012.** The metabolic effects of prolonged starvation and refeeding in sturgeon and

- rainbow trout. *Journal of Comparative Physiology. Part B* 182: 63-76.
- Gao, L., Chen, L. Q., Song, B., 2004.** Effect of starvation and compensatory growth on feeding, growth and body biochemical composition in *Acipenser schrenckii* juveniles. *Journal of Fisheries of China* 28: 279-284.
- Gaylord, T. G., Gatlin III, D. M., 2000.** Assessment of compensatory growth in channel catfish *Ictalurus punctatus* R. and associated changes in body condition indices. *Journal of the World Aquaculture Society* 31: 326-336.
- Gaylord, T. G., Gatlin III, D. M., 2001.** Growth performance, body composition and plasma thyroid hormone status of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) in response to short-term feed deprivation and refeeding. *Fish Physiology and Biochemistry* 24: 73-79.
- Gillis, T. E., Ballantyne, J. S., 1996.** The effects of starvation on plasma free amino acid and glucose concentrations in lake sturgeon. *Journal of Fish Biology* 49: 1306-1316.
- Guderley, H., Dutil, J. D., Pelletier, D., 1996.** The physiological status of Atlantic cod, *Gadus morhua*, in the wild and the laboratory: estimates of growth rates under field conditions. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science* 53: 550-557.
- Hinch, S. G., Cooke, S. J., Healey, M. C., Farrell, A. P., 2005.** Behavioural physiology of fish migrations: salmon as a model approach. *Fish Physiology* 24: 239-295.
- 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.
- 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: 60-65.
- Kim, M. K., Lovell, R. T., 1995.** Effect of restricted feeding regimens on compensatory weight gain and body tissue changes in channel catfish *Ictalurus punctatus* in ponds. *Aquaculture* 135: 285-293.
- Krogdahl, A., Bakke-McKellep, A. M., 2005.** Fasting and refeeding cause rapid changes in intestinal tissue mass and digestive enzyme capacities of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A* 141: 450-460.
- Liu, W., Wei, Q. W., Wen, H., Jiang, M., Wu, F., Shi, Y., 2011.** Compensatory growth in juvenile Chinese sturgeon (*Acipenser sinensis*): effects of starvation and subsequent feeding on growth and body composition. *Journal of Applied Ichthyology* 27: 749-754.
- McCue, M. D., 2010.** Starvation physiology: reviewing the different strategies animals use to survive a common challenge. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A* 156: 1-18.
- Mendez, G., Wieser, W., 1993.** Metabolic responses to food deprivation and refeeding in juveniles of *Rutilus rutilus* (Teleostei:Cyprinidae). *Environmental Biology of Fishes* 36: 73-81.
- Miglavs, I., Jobling, M., 1989.** The effects of feeding regime on proximate body composition and patterns of energy deposition in juvenile Arctic charr, *Salvelinus alpinus*. *Journal of Fish Biology* 35: 1-11.
- Navarro, I., Gutiérrez, J., 1995.** Fasting and starvation. In: Hochachka, P.W., Mommsen, T.P. (eds.), *Biochemistry and Molecular Biology of Fishes*, vol. 4. Elsevier, New York, pp 393-433.
- Qinghui, A., Kangsen, M., Chunxiao, Z., Qingyuan, D., Beiping, T., Zhiguo L., 2004.** Effect of dietary vitamin C on growth immune response of

- Japanese seabass (*Lateolabrax japonicas*). Aquaculture 242: 489-500.
- Ricker, W. E., 1979.** Growth rates and models. Fish Physiology 8: 677-743.
- 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.
- Woo, N. Y. S., Cheung, S. I., 1980.** Metabolic effects of starvation in the snakehead, *Ophiocephalus maculatus*. Comparative Biochemistry and Physiology. Part A 67: 623-627.
- Xiao, H., Zhu, X., Shi, X. T., Lu, X. B., Zheng, D. Z., Rao, J., Jian, J. L., 2011.** Compensatory growth and body composition in juvenile Chinese sturgeon *Acipenser sinensis* following temporary food deprivation. Journal of Applied Ichthyology 27: 554- 557.
- Yarmohammadi, M., Shabani, A., Pourkazemi, M., Soltanloo, H., Imanpour, M. R., 2012.** Effect of starvation and re-feeding on growth performance and content of plasma lipids, glucose and insulin in cultured juvenile Persian sturgeon (*Acipenser persicus* Borodin, 1897). Journal of Applied Ichthyology 28: 692-696.
- 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: 80-88.
- Zhu, X., Xie, S., Lei, W., Cui, Y., Yang, Y., Woottton, R. J., 2005.** Compensatory growth in the Chinese longsnout catfish, *Leiocassis longirostris* following feed deprivation: temporal patterns in growth, nutrient deposition, feed intake and body composition. Aquaculture 248: 307-314.

Effect of long-term starvation and restricted feeding on growth performance and body composition of juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt 1869)

Shirvan S.⁽¹⁾; Falahatkar B.*⁽²⁾; Noveirian H.⁽³⁾ and Abasalizadeh A⁽⁴⁾
falahatkar@guilan.ac.ir

1, 2, 3 - Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Iran
4- Shahid Dr. Beheshti Sturgeon Fish Propagation and Rearing Complex, Rasht, Guilan, Iran

Received: July 2013

Accepted: November 2013

Keywords: Siberian sturgeon, Starvation, Restricted feeding, Growth, Carcass analysis

Abstract

The present study was designed and performed to investigate the effect of long-term some feeding strategies (starvation, restricted feeding at rate of 1% biomass per tank and satiate feeding as control) on growth performance and body composition of juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt 1869) for 8 weeks. In this regard, 270 juveniles Siberian sturgeon (average weight $54 \pm 6/27$ g and density 1.5 g/l) were distributed in three treatments (with three replicates) in 9 fiberglass tanks (1050 l). For all fish in each tank, body weight and total length were individually recorded at a biweekly interval. At the termination of the experiment period, five fish per replicate were caught randomly for proximate composition. Results showed that growth performance of Siberian sturgeon was affected significantly by starvation and restricted feeding periods. Moisture and lipid contents were differed significantly in all treatments; which the highest moisture and lipid contents were observed in starved and control fish, respectively. Protein content in starved fish was significantly lower than other groups, whereas ash contents were not significantly different among the treatments. In general, weight loss and other growth factors of juveniles siberian sturgeon during the food shortage were referred to mobilizing the body lipid reserves and then body protein sources and replacing with water. In fact, juvenile Siberian sturgeon can conserve body protein stores better than lipids during the food shortage period.