پاسخ های فیزیولوژیکی و مرفولوژیکی بچه تاسماهیان سیبیری (*Acipenser baerii* (Brandt, 1896 به دوره های گرسنگی کوتاه مدت و تغذیه مجدد: اثرات رشد جبرانی

قاسم عشوری[1*]، ، وحید یاوری[1]، محمود بهمنی[2]، ، محمد علی یزدانی[2]، رضوان اله کاظمی[2]، وحید مرشدی[3]، مهرداد فتح اللهی[4]

۱. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، ، ایران
۲. انستیتو تحقیقات بین المللی ماهیان خاویاری دکتر دادمان، رشت، ایران
۳. پژوهشکده خلیج فارس دانشگاه بوشهر
۴. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، ایران

چکیده

دراین تحقیق توانایی تاسماهیان سیبری با میانگین وزنی ۰/۴±۱۹/۳گرم در مواجهه با دوره های گرسنگی کوتاه مدت و تغذیه مجدد برای یک دوره ۴۰ روزه مورد مطالعه قرار گرفت. به منظور بررسی اثرات رشد جبرانی بر برخی از پاسخ های فیزیولوژیکی (مقادیر کورتیزیول ، هورمونهای تیروئیدی، گلوکز، پروتئین، کلسترول و تری گلیسرید پلاسما) و مرفولوژیکی (وزن و طول بدن، شاخص وضعیت، شاخص احشایی، شاخص کبدی و شاخص دستگاه گوارش) در بچه ماهیان سیبری ۴ رژیم غذایی مختلف در نظر گرفته شد. تیمار شاهد (F) چهار وعده روزانه در روز تا حد سیری تغذیه شد، تیمار اول (SRF1) ۲ روز گرسنگی و ۸ روز غذادهی مجدد، تیمار دوم (SRF2) ۴ روز گرسنگی و ۱۶ روز غذادهی مجدد و تیمار سوم (SRF3) ۸ روز گرسنگی و ۳۲ روز غذادهی مجدد را تجربه کردند. در پایان آزمایش نمونه های خون برای انجام آنالیزهای بیوشیمیایی از هر یک از تیمارهای آزمایشی گرفته شد. در پایان آزمایش، از نظر مقادیر هورمون کورتیزول و تیروکسین (T_4) پلاسما بین گروه هایی که دوره های محرومیت غذایی را سپری کرده بودند و گروه شاهد اختلافی مشاهده نشد ($P>0/05$) ولی مقادیر تری یدوتروئین (T_3) پلاسما در انتهای آزمایش در هر سه گروه محروم شده از غذا کمتر از شاهد بود که این کاهش تنها در گروه SRF1 معنی دار بود ($P<0/05$). در مقادیر متابولیت های پلاسمای سنجش شده اختلاف معنی داری بین گروه های آزمایشی یا شاهد مشاهده نشد ($P>0/05$). علاوه بر این، اختلاف شاخص های مرفولوژیکی نیز در گروه های آزمایشی با شاهد معنی دار نبود ($P>0/05$). نتایج این مطالعه نشان می دهد که تاسماهیان سیبری توان سازگاری فیزیولوژیکی و متابولیکی را در مقابل دوره های کوتاه مدت گرسنگی اعمال شده داشته و برگشت به شرایط اولیه بدنی پس از دریافت مجدد غذا در آنها صورت پذیرفته است.

واژگان کلیدی: تاسماهی سیبری، تیروکسین، کورتیزول، گرسنگی، گلوکز پلاسما

*نویسنده مسوول، پست الکترونیک: Ghasem.Ashouri @yahoo.com

۱. مقدمه

در تحقیقات متداول بر روی گونه های ماهی که اخیراً جهت پرورش مورد توجه قرار گرفته اند، ماهیان خاویاری از اهمیت بسزایی بر خوردار هستند، زیرا بعلاوه گوشت می توان از پوست، غضروف و در ضمن خاویار آن ها نیز استفاده کرد (Furne *et al*., 2008). از آنجا که خانواده تاسماهیان از جمله ماهیانی هستند که از نظر تجاری ارزش بالایی دارند مدت زیادی است که مورد توجه محققان قرار گرفته¬اند. تاسماهی سیبری نیز از این مقوله مستثنی نمی¬باشد (Ruban, 2005). در بسیاری از گونه های ماهیان دوره های محرومیت غذایی و گرسنگی بخشی از چرخه ی زندگی بوده و این ماهیان می توانند دوره هایی طولانی را بدون غذا سپری نمایند. ماه های زمستان ، ماه های مهاجرت برای تخمریزی و پیش از تخمریزی همگی می تواند به طور طبیعی دوره های محرومیت غذایی در زندگی آنها باشد و این ماهیان می توانند پس از تغذیه مجدد آثار سوء این گرسنگی ها را بهبود بخشند (Navarro and Gutierrez, 1995). در طول دوره گرسنگی، استراتژی های فیزیولوژیکی و رفتاری مختلفی از سوی ماهیان برای برطرف کردن نیازهای انرژی به کار گرفته می شود و آنها را به ذخایر انرژی بدنشان متکی می نمایند (Pottinger *et al*., 2003).

از یک طرف، نتایج تحقیقات نشان می دهد که معمولا بهترین بازده تبدیل غذایی در غذادهی های در حد کمتر از سیری کامل می باشد (Zoccarato *et al*., 1994; Van Ham *et al*., 2003; Eroldegan *et al*., 2004) و از سوی دیگر، توصیه های محققین برای پرورش ماهیان تجاری نیز بر به کار گرفتن یک رژیم مناسب تغذیه مبتنی بر کاهش غذادهی و بدون اثرات منفی تاکید دارد تا در سایه آن کاهش هزینه های اقتصادی و آلودگی زیست محیطی و همچنین ارتقاء کیفیت محصول نهایی حاصل گردد (Gaylord *et al*., 2001; Grigorakis and Alexis, 2005; Eroldagon *et al*., 2008). در همین راستا بدیهی است قبل از به کارگیری هر نوع استراتژی تغذیه در آبزی پروری باید اثرات آن بر روی شاخص های رشد، مرفولوژیک و فیزیولوژیک آبزی مورد نظر مشخص گردد. توانایی سازگاری ماهی به شرایط گرسنگی و نحوه تحمل دوران محرومیت غذایی و سرانجام برگشت به شرایط اولیه و جبران آثار آن پس از دریافت مجدد غذا در گروه های مختلف ماهیان، متفاوت می باشد (Love, 1970) ولی به استثنای مواردی که محرومیت غذایی آسیب های جبران ناپذیری را به همراه دارد، در بیشتر گونه های ماهیان بررسی شده، روند متابولیکی پس از یک دوره غذادهی مجدد به سطوح اولیه قبل از گرسنگی برمی گردد (Meton *et al*., 2003; Morales *et al*., 2004; Perez-Jimenez *et al*., 2007). بنابراین مطالعه ی وضعیت متابولیک و فیزیولوژیک گونه های مختلف ماهیان در کنار بررسی تغییرات مرفولوژیک آنها، برای یافتن و درک پاسخ گونه های مختلف در طی چنین شرایطی می تواند منجر به کسب راه کارهای مناسب در جهت بهینه سازی پرورش ماهی گردد (Furne *et al*., 2008). اثرات دوره های گرسنگی و تغذیه مجدد روی متابولیسم به متغیرهای مختلفی بستگی دارد که شامل: گونه مورد نظر، بافت های ارجح برای ذخیره سازی انرژی، مقادیر ذخایر بدن و دسترسی به آن ها می باشد (Navarro and Gutierrez, 1995).

هدف اصلی این پژوهش بررسی و شناخت بهتر مکانیسم های فیزیولوژیک و متابولیک در تاسماهی سیبری در طول دوره های کوتاه مدت گرسنگی و غذادهی مجدد جهت بهینه سازی و بهره برداری سودمند تر از سیستم های پرورش این گونه با ارزش می باشد.

۲. مواد و روش ها

۱-۲. شرایط آزمایش

این تحقیق در انستیتو تحقیقات بین المللی ماهیان خاویاری دکتر دادمان رشت تحت شرایط محیطی نیمه طبیعی با نوسانات دمایی و دوره نوری وابسته به

شرایط اقلیمی طبیعی منطقه انجام پذیرفت. بچه ماهیان تاسماهی سیبری از مرکز تکثیر و پرورش ماهیان خاویاری شهید بهشتی سد سنگر تهیه و به محل انجام آزمایش منتقل شدند. ماهیان به مدت ۱۰ روز از ابتدای تحقیق دوره سازگاری را سپری کردند. برای غذادهی از پلتهای ۲ میلی متری تهیه شده برای تاسماهیان سیبری در بخش غذادهی انستیتو استفاده شد. مطابق آنالیزهای انجام شده در آزمایشگاه انستیتوی تحقیقاتی غذای تهیه شده شامل ۴۵±۰/۲۷ درصد پروتئین خام،۱۸±۰/۱۱ درصد چربی، ۱۰±۰/۰۲ در صد خاکستر و ۸±۰/۷۳ درصد رطوبت بود. در طی دوره سازگاری ماهیان در حد سیری ظاهری ۴ بار در روز در ساعتهای ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ غذادهی می شدند. سپس ۱۸۰ قطعه بچه ماهی تاسماهی سیبری با میانگین وزنی ۱۹/۳±۰/۴ به طور تصادفی در بین ۱۲ مخزن ۵۰۰ لیتری فایبرگلاس توزیع شدند (۱۵ قطعه بچه ماهی در هر مخرن). جریان آب در گردش، ۵ لیتر در دقیقه بود و آب مخازن پرورشی از آب فیلتر شده توسط فیلتر شنی از رودخانه سفید رود تامین می شد. اکسیژن محلول آب در هر مخزن توسط هوادهی پیوسته در حدود اشباع (۹۲٪) بود. پارامترهای مرتبط با کیفیت آب به طور روزانه اندازه گیری و در دامنه مطلوب (میانگین دما ۱۷/۵±۱/۵ درجه سانتی گراد، pH ۷/۴±۰/۲ و آمونیاک <۰/۰۱ ppm) کنترل می شد. در مدت ۴۰ روزه آزمایش، ۴ رژیم غذادهی مختلف با سه تکرار در نظر گرفته شد. گروه های آزمایشی عبارت بودند از: گروه شاهد (F) که روزانه ۴ بار در حد سیری ظاهری غذادهی می شدند، گروه SRF1 با چهار دوره متناوب گرسنگی دو روزه و غذادهی ۸ روزه پس از هر دوره گرسنگی، گروه SRF2 با دو دوره متناوب گرسنگی چهار روزه و غذادهی ۱۶روزه پس از هر گرسنگی و گروه SRF3 با یک دوره گرسنگی ۸ روزه و غذادهی ۳۲روزه پس از دوره گرسنگی.

۲-۲. نمونه برداری

زیست سنجی وخونگیری ماهیان در انتهای دوره آزمایش صورت پذیرفت و پارامترهای اندازه گیری شده در گروه های ماهیان تحت رژیم های محدود شده غذادهی با ماهیان گروه شاهد مورد مقایسه قرار گرفتند. سه ماهی در هر مخزن (۹ ماهی از هر گروه) به صورت تصادفی در پایان آزمایش خونگیری شدند. نمونه های خون با سرعت توسط سرنگ های هپارینه از ساقه دمی گرفته شده و پلاسمای خون آنها بلافاصله توسط سانتریفوژ Labofuge 200 ساخت آلمان با دور ۳۰۰۰ در مدت ۱۰ دقیقه (Cataldi *et al.*, 1998) جداسازی و تا زمان سنجش فاکتورهای لازم در داخل تیوپ های مخصوص تحت دمای ۲۰- درجه سانتی گراد نگهداری شدند (Bayanova *et al.*, 2002). وزن بدن، امعاء و احشای داخلی، کبد و دستگاه گوارش در ۶ ماهی از هر گروه با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه گیری و جهت محاسبه شاخص کبدی[1] (HSI)، شاخص احشایی[2] (VSI) و شلخص دستگاه گوارش[3] (DSI) ثبت گردید.

۲-۳. سنجش هورمون ها

مقادیر کورتیزول پلاسما با استفاده از روش رادیوایمونواسی[4] (Radioimmunoassay) کورتیزول تایید شده توسط Pickering و همکاران (۱۹۸۷) سنجش شد. جهت سنجش هورمون های تیروئیدی (T_3 و T_4) پلاسما از روش آزمایشگاهی رادیوایمونواسی (RIA) و روشهای علمی ارائه شده توسط Van der Geyten و همکاران (۱۹۹۸) و نیز Leiner و همکاران (۲۰۰۰) استفاده گردید. مقادیر این هورمون ها بر حسب نانو گرم بر میلی لیتر سنجش شد.

۲-۴. سنجش متابولیت ها

مقادیر گلوگز پلاسما توسط روش های آزمایشگاهی آنزیمی–کالریمتری و بر اساس روش گلوکز اکسیداز-

[1] Hepatosomatic index
[2] Viserosomatic index
[3] Digestive somatic index
[4] Radioimmunoassay

پراکسیداز[1] و با استفاده از کیت های تجاری Greiner ساخت آلمان (Greiner-diagnostic, Germany; WWW.greiner-diagnoistic.com) سنجش گردید. همچنین با استفاده از کیت های تجاری پارس آزمون (Parsazmun-Karaj, Iran; WWW.parsazmun.com) سنجش پارامترهای تری گلیسرید (کیت ۱۵۰۰۰۳۲)، کلسترول کل (کیت ۱۵۰۰۰۱۰) و پروتئین کل (کیت ۱۵۰۰۰۲۸) در پلاسما انجام گرفت.

۲-۵. سنجش های مرفولوژیکی

به منظور سنجش کاهش احتمالی ذخایر بدن، ذخایر کبدی و احشایی، انعکاس کاهش این ذخایر در تغییرات وزن بدن و اندام احشایی (Hung *et al.*, 1997) و همچنین تخلیه و کاهش تولید سلول های دستگاه گوارش (Furne *et al.*, 2008) با استفاده از شاخص های مرفولوژیکی زیر محاسبه گردیدند:

$CF=100W_t.L_t^{-3}$

$HSI=100W_l.W_t^{-1}$

$VSI=100W_v.W_t^{-1}$

$DSI=100W_d.W_t^{-1}$

که در آنها، Condition factor = شاخص شکل بدن، Hepatosomatic index = شاخص کبدی، Viserosomatic index = شاخص احشایی، [1] Digestive somatic index = شاخص دستگاه گوارش، W_t = وزن بدن، L_t = طول کل بدن، W_l = وزن کبد، W_v = وزن کل احشاء داخلی و W_d = وزن دستگاه گوارش می باشد.

۲-۶. تجزیه و تحلیلهای آماری

نتایج سنجش ها به صورت خطای استاندارد ± میانگین (Mean ±S.E.) بیان شدند. تمامی داده های مربوط به مقایسه گروه هایی که دوره های محرومیت غذایی را سپری کرده بودند با آنالیز واریانس یک طرفه (One- way ANOVA) با استفاده از نرم افزار آماری SPSS نسخه ۱۷ تحت ویندوز تجزیه وتحلیل شدند. اختلاف معنی دار میان گروه ها (P-value < 0.05) توسط آزمون چند دامنه ای دانکن (Duncan, 1995) تخمین زده شدند.

۳. نتایج

۳-۱. شاخص های رشد و مرفولوژیکی

نتایج مربوط به وزن و طول کل بدن، شاخص شکل بدن، شاخص کبدی، شاخص احشایی و شاخص دستگاه گوارش در جدول ۱ آورده شده است. مطابق نتایج جدول ۱، ماهیان مورد آزمایش در این مطالعه از میانگین وزن کل اولیه ۰/۴±۱۹/۳ گرم و طول کل اولیه ۰/۱±۱۸/۹ سانتی متر به وزن کل نهایی ۲/۸±۴۶/۹ گرم و طول کل نهایی ۰/۴±۲۴/۵ سانتی متر رسیدند. مقایسه نتایج داده های آزمایش (جدول ۱) نشان می دهد که هیچ اختلاف معنی داری درپایان آزمایش میان وزن متوسط نهایی و طول کل متوسط نهایی سه گروهی که دوره محرومیت غذایی را سپری کرده بودند با ماهیان گروه شاهد که به طور کامل تغذیه شده بودند، مشاهده نگردید (P>۰/۰۵). حداقل میانگین وزن در پایان آزمایش در گروه SRF2 (۰/۸±۲۳/۸ گرم) و حداکثر میانگین وزنی در گروه F (۰/۷±۲۶/۰ گرم) ثبت گردید.

شاخص شکل بدن، شاخص کبدی، شاخص احشایی و شاخص اندام گوارش نیز با توجه به داده های جدول ۱ اختلاف معنی داری را بین گروه های آزمایشی و شاهد نشان ندادند (P>۰/۰۵). شاخص کبدی در هر سه گروه آزمایشی کمتر از گروه شاهد بود، اما این کاهش تنها در گروه SRF2 معنی دار بود (P<۰/۰۵).

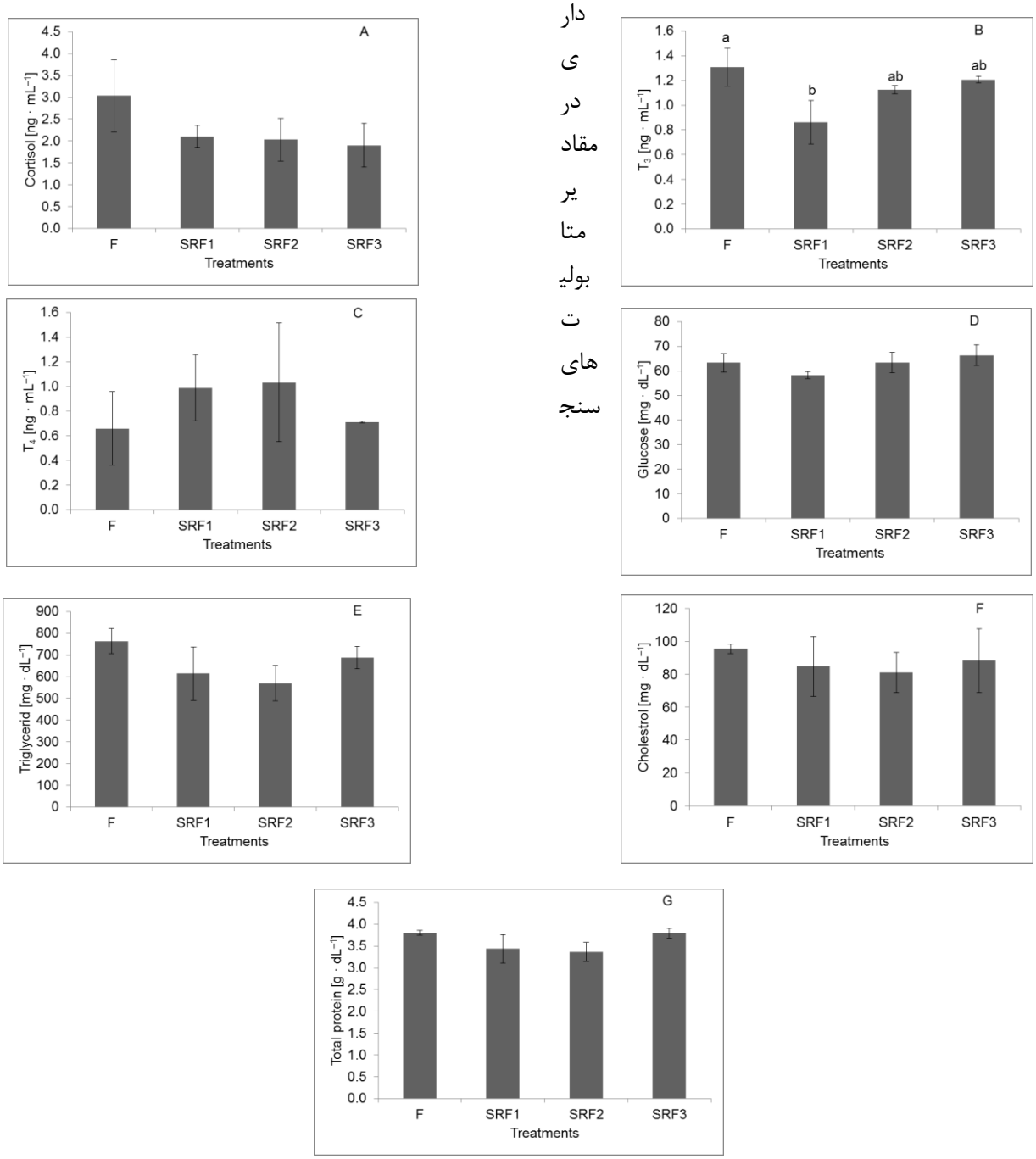
۳-۲. هورمون های پلاسما

نتایج حاصل از سنجش های هورمونی پلاسما در شکل ۱ ارائه شده است. در پایان آزمایش هیچ اختلاف معنی داری (P>۰/۰۵) بین گروه هایی که دوره محرومیت غذایی را سپری کرده بودند با شاهد در مقادیر کورتیزول و T_4 پلاسما مشاهده نگردید. مقادیر T_3 پلاسما در پایان آزمایش در هرسه گروه محروم شده از غذا کمتر از شاهد ودر گروه SRF1 به طور معنی داری کمتر از سایر گروه ها بود (P<۰/۰۵).

[1] Glucose Oxidasea-Proxidase

۳-۳. متابولیت های پلاسما

نتایج سنجش متابولیت های پلاسما (شکل ۱) نشان می دهد که در پایان آزمایش هیچ اختلاف معنی دار ی در مقاد یر متا بولی ت های سنج ش شده پلاسما بین گروه های آزمایشی تحت غذادهی محدود شده با شاهد مشاهده نگردید (P>۰/۰۵).



شکل ۱. مقادیر پلاسمایی هورمون های کورتیزول (A)، تری یدوتیرونین (T_3) (B) و تیروکسین (T_4) (C) و متابولیت های خون گلوکز (D)، تری گلیسرید (E)، کلسترول (F) و پروتئین کل (G) تاس ماهیان سیبری *Acipenser baerii* در گروه های مختلف آزمایشی. مقادیر با میانگین±خطای استاندارد (n=۹) گزارش شدند. عدم وجود حروف کوچک در هر ستون نشان دهنده معنی دار نبودن اختلاف (P>۰/۰۵) می باشد.

جدول ۱. تغییر در مقادیر شاخص های مورفولوژیکی تاس ماهیان سیبری *Acipenser baerii* پس از سپری کردن دوره های کوتاه مدت گرسنگی و غذادهی مجدد

	گروه ها			
	F	SRF1	SRF2	SRF3
طول کل (سانتیمتر)	۲۵/۹۷±۰/۷۶	۲۴/۰۱±۰/۷۷	۲۳/۷۸±۰/۷۹	۲۴/۲۰±۰/۸۱
وزن نهایی (گرم)	۵۳/۳۷±۴/۱۷	۴۵/۰۸±۴/۴۴	۴۲/۹۲±۴/۰۲	۴۶/۴۰±۴/۷۴
شاخص وضعیت (٪)	۰/۲۹±۰/۰۱	۰/۳۰±۰/۰۱	۰/۲۹±۰/۰۱	۰/۳۰±۰/۰۱
شاخص کبدی (٪)	۳/۷۷±۰/۴۹^{a}	۲/۷۰±۰/۰۹^{ab}	۲/۴۲±۰/۳۶^{b}	۲/۷۹±۰/۳۸^{ab}
شاخص احشایی (٪)	۱۷/۳۱±۰/۴۶	۱۶/۴۸±۰/۶۳	۱۸/۸۶±۱/۷۷	۱۶/۶۱±۱/۲۵
شاخص گوارشی (٪)	۱۰/۹۱±۰/۵۳	۱۲/۳۵±۰/۴۵	۱۵/۰۴±۱/۵۴	۱۲/۱۲±۱/۷۲

مقادیر با میانگین±خطای استاندارد (n=۶) گزارش شدند. عدم وجود حروف کوچک در هر ردیف نشان دهنده معنی دار نبودن اختلاف (P>۰/۰۵) می باشد.

۴. بحث و نتیجه گیری

آنچه مسلم است گرسنگی منجر به ایجاد تغییرات مرفولوژیکی در ماهی خواهد شد. مشاهده نتایج گرسنگی در تحقیقات مربوطه نیز بیشتر از روی اندازه گیری وزن بافت های مختلف بدن صورت پذیرفته است و مشاهده میزان تغییرات وزن بدن ماهی نسبت به رژیم تغذیه ای معمول یکی از فاکتورهای لازم برای نتیجه گیری در خصوص تغییرات ناشی از رژیم غذایی محدود بوده است (Abdus Salam and Samrah, 2000; Simpkins, 2002). در این مطالعه اگرچه هر سه گروه که دوره های کوتاه مدت گرسنگی و غذادهی مجدد را تجربه کرده اند میانگین وزنی و طولی کمتری را نسبت به شاهد در پایان آزمایش نشان دادند ولی میزان این اختلاف معنی دار نبوده است. معنی دار نبودن اختلافات وزنی گروه های ماهیان با محرومیت غذایی و گروه شاهد نشان می دهد که تاسماهیان سیبری توانایی سازگاری با این نوع رژیم غذایی و جبران آن را با تغذیه ی مجدد داشته و به عبارتی بعد از کاهش وزن اولیه ماهیان گرسنه مانده، پدیده سازش بدنی بعد از غذادهی مجدد موجب شده است تا این کاهش به سمت جبران وزن از دست داده هدایت شود (Ali *et al*, 2003). نتایج حاصل از این آزمایش و بروز پدیده جبران کاهش وزن در تیمارهای با محرومیت غذایی را می توان به توانایی های تاسماهیان سیبری در پایین نگه داشتن متابولیسم و کاستن از میزان متابولیسم پایه[1](SMR) نسبت داد. در سایه این کاهش، افت ناچیز وزن بدن پس از غذادهی مجدد در طول آزمایش جبران شده و اختلاف بین گروه های آزمایشی و شاهد معنی دار نشد. نتایج مشابهی نیز توسط دیگر محققیقن مبتنی بر رشد جبرانی و جبران وزن از دست رفته پس از دریافت مجدد غذا گزارش شده است (Quinton and Blake, 1990; Nikki *et al*., 2004).

در پدیده گرسنگی، کبد ماهی از اولین اندام هایی است که ناگزیز تحت تاثیر تغییرات متابولیکی ناشی از گرسنگی قرار می گیرد (Power *et al*., 2000). این اندام نقش اساسی را در هوموستازی گلوکز در بدن به عهده دارد. اصولاً در مدت گرسنگی ذخایر انرژی با قابلیت دسترسی آسان مثل گلیکوژن و ذخایر چربی

[1] Standard Metabolism Rate

کبدی در ماهیان همانند مهره داران عالی تر پیش از پروتئین ها مصرف می گردد و مصرف ذخایر کبدی در اثر گرسنگی سبب کاهش وزن کبد و در نتیجه کاهش شاخص کبدی می گردد (Leiner *et al*., 2000; Ashouri *et al*., 2013). در مدت گرسنگی طولانی مصرف ذخایر انرژی پس از ذخایر کبدی (کربوهیدرات و لیپید)، در ماهیچه های اسکلتی (کربوهیدرات و لیپید) رخ داده و در مرحله بعدی مصرف ذخایر چربی احشایی بدن رخ می دهد؛ در صورت ادامه گرسنگی تجزیه ی شدید پروتئین ها مشاهده می گردد (Farbridge and Leaterland, 1992). در مطالعه حاضر علت عدم بروز اختلاف معنی دار را در شاخص های مرفولوژیکی اندازه گیری شده بین گروه های با محرومیت غذایی و شاهد در پایان آزمایش (جدول ۱) را می توان قابل تحمل بودن دوره گرسنگی اعمال شده و توانایی ماهی در کنترل ذخایر بر اساس متابولیسم خود بدن یا بازیابی ذخایر بدن پس از غذادهی مجدد بیان نمود. نتایج حاصل از این شاخص ها نشان دهنده ذخیره شدن مواد در کبد و اندام های احشایی گروه تغذیه شده و مصرف این ذخایر در گروه گرسنه در طول دوره های گرسنگی می باشد. این نتیجه بیانگر نقش موثر این اندام ها در تامین انرژی در طی گرسنگی کوتاه مدت می باشد. از آنجایی که ذخایر کبدی نخستین منبع تامین انرژی در طی گرسنگی می باشند بنابراین کاهش شاخص HSI در این مطالعه مشهود تر بود. مطالعات بسیاری درخصوص کاهش شاخص های HSI، VSI و DSI در طی گرسنگی ماهی گزارش شده است (Ashouri *et al*., 2013) که همگی بر مصرف ذخایر انرژی در دسترس بدن در طی گرسنگی تاکید دارند.

هر تغییری در شرایط تغذیه ای به عنوان مثال در دوره محرومیت غذایی منجر به تغییرات متابولیکی و اندوکرینی می گردد، (Hornick *et al*., 2000). در همه ی مهره داران از جمله ماهیان، نقش اصلی تنظیم مصرف ذخایر بدن در دوره های گرسنگی بر عهده ی هورمون های متعددی شامل انسولین[1] و فاکتورهای رشد شبه-انسولینی[2] (IGF)، گلوکاگون[3]، پپتیدهای شبه-گلوکاگونی[4] (GLP)، هورمون رشد[5] (GH)، کاتکول آمین‌ها[6]، هورمون‌های تیروئیدی (TH)، کورتیزول و احتمالاً سوماتولاکتین[7] (SL) می-باشد (Pottinger *et al*., 2003). در خصوص هورمون کورتیزول اطلاعات به دست آمده از تحقیقات درخصوص اثرات گرسنگی بر روی مقادیر آن در طی چنین دوره هایی متناقض بوده است (Pottinger *et al*., 2003; Barcellos *et al*., 2010). نتایج برخی از تحقیقات از اثر کاهنده پدیده گرسنگی بر مقادیر کورتیزول پلاسمای خون (Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*: Farbridge and Leatherland, 1992; channel catfish, *Ictalurus punctatus*: Small, 2005) و برخی دیگر از اثر فزاینده آن (Rainbow trout: Blom *et al*., 2000; goby, *Gillichthys mirabilis*: Kelley *et al*., 2001; Arctic char, *salvelinus alpinus*: Peterson and small, 2004) گزارش داده اند. نتایج این مطالعه (شکل ۱-A) نشان داد که دوره های گرسنگی اعمال شده و غذادهی مجدد بر روی گروه های تحت آزمایش از تاسماهیان سیبری بر روی سطوح کورتیزول پلاسما بی تاثیر بوده است که در همین خصوص برخی از تحقیقات نیز نتایجی حاکی از عدم تاثیر گرسنگی بر مقادیر کورتیزول را گزارش نموده اند (Rainbow trout: Holloway *et al*., 1994; Readdy *et al*., 1995; Arctic char: Jorgensen *et al*., 1999). به نظر می رسد عدم تغییر میزان کورتیزول در خون تاسماهیان سیبری در اثر گرسنگی اعمال شده ارتباط زیادی با توانایی ژنتیکی کسب شده این ماهی با قدمت چند میلیون ساله در مواجه با انواع شرایط بحرانی و به نوعی سازگار شدن آن ها با موقعیت های گرسنگی داشته باشد و حتی موفقیت

1 Insulin
2 Insulin-like growth factor
3 Glucagon
4 Glucagon-like peptide
5 Growth hormons
6 Catecholamines
7 Somatolactin

این ماهی را نسبت به ماهیان استخوانی در رویارویی با موقعیت های استرس زا و پدیده های نامناسب اکولوژیکی بیشتر می نماید (Barton, 2002).

در روندی مشابه با دیگر مهره داران، هورمون های تیروئیدی در تنظیم متابولیسم ماهیان نقش دارند (Navarro and Gutierrez, 1995). اکثر محققین بر این نکته توافق دارند که مقادیر پلاسمایی T_3 در طی گرسنگی کاهش می یابد (Mackenzie *et al*., 1998). کاهش هورمون های تیروئیدی در پاسخ به گرسنگی در ماهیان نیز می تواند با کاهش میزان متابولیسم به مکانیسم های هومئوستازی[1] حمایتی برای تحمل این چنین دوره هایی کمک نماید (Ashouri *et al*., 2013). در این مطالعه اختلاف معنی داری در مقادیر T_3 و T_4 گروه های آزمایشی با شاهد مشاهده نشد. با این حال، گروه های آزمایشی مقادیر کمتری از T_3 را نسبت به گروه شاهد نشان داده اند. این سازگاری هومئوستازی هورمونهای تیروئیدی در طی دوره های گرسنگی مطابق با مطالعات قبلی در چندین گونه ماهی می باشد (Tench, *Tinca tinca*; De Pedro *et al*., 2003; rainbow trout: Raine *et al*., 2005). رحیمی و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیقات خود نشان دادند که غلظت هورمون T_3 در اثر محرومیت غذایی در قزل آلای رنگین کمان *Oncorhynchus mykiss* کاهش یافته و پس از غذادهی مجدد افزایش یافته و روند قبلی خود را باز می یابد. بنابراین با وجود بازگشت سریع متابولیت های پلاسما همانند گلوکز، پس از غذادهی مجدد به مقادیر قبل از گرسنگی، جهت بازیابی تغییرات رخ داده در سیستم اندوکرینی پس از غذادهی مجدد زمان بیشتری نیاز است (Power *et al*., 2000).

گرسنگی می تواند موجب کاهش مقادیر گلوکز، تری گلیسرید و کلسترول کل پلاسما گردد (Perez-Jimenez *et al*., 2007). در مطالعه حاضر عدم اختلاف معنی دار در مقادیر متابولیت های خون در بین گروه های آزمایشی و شاهد می تواند به دلیل توانایی تاسماهیان سیبری برای حفظ سطوح متابولیت های خون در مدت گرسنگی های اعمال شده، با تنظیم کاهشی متابولیسم و استفاده از ذخایر انرژی، یا به دلیل توانایی آنها در بازیابی سریع متابولیت ها پس از غذادهی مجدد باشد. در تحقیق حاجی مرادی و همکاران در سال ۱۳۸۶ نیز گرسنگی های اعمال شده در قزل آلای رنگین کمان اختلاف معنی داری را درمقادیر کلسترول و پروتئین پلاسما در ابتدا و انتهای آزمایش به وجود نیاورد. همچنین نتایج تحقیق De Pedro و همکاران (۲۰۰۳) نشان داد که لای ماهی *Tinca tinca* این توانایی را دارد تا بعد از اعمال دوره های کوتاه مدت گرسنگی و تغذیه مجدد به طور جزئی یا به طور کامل تمامی تغییرات هورمونی و متابولیکی را به حالت اولیه بازگرداند.

نتایج حاصله از این آزمایش نشان داد که تاسماهی سیبری *Acipencer baerii* توان سازگاری متابولیکی و فیزیولوژیکی را در مقابل دوره های کوتاه مدت گرسنگی، بدون اثر منفی جبران ناپذیر بر روی رشد دارد. این گونه با تنظیم و کاهش متابولیسم و استفاده از ذخایر انرژی در طی گرسنگی و بازیابی مقادیر اولیه کاهش رشد در طول تغذیه ی مجدد توانست خود را با رژیم های غذایی محدود سازگار و آن را جبران نماید.

تشکر و قدردانی

این مقاله نتیجه ی انجام یک طرح پژوهشی می باشد که با حمایت علمی و اجرایی دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر و انستیتو تحقیقات بین المللی ماهیان خاویاری دکتر دادمان رشت انجام پذیرفت. لذا نویسندگان بر خود لازم می دانند از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه خرمشهر (جناب آقای دکتر یاوری) و همچنین از همکاری های ریاست انستیتو (جناب آقای دکتر پور کاظمی) نهایت تشکر و قدردانی را داشته باشند.

[1] Homeostasis

منابع

حاجی مرادی، م.، محبوبی صوفیانی، ن.، علامه، س. ک. ا. ۱۳۸۶. اثر گرسنگی بر سطح کلسترول، گلوکز و پروتئین پلاسمای خون قزل آلای رنگین کمان *Oncorhynchus mykiss*.مجله علوم و فنون دریایی ایران، دوره ششم، شماره ۳ و ۴، ص ۳۰-۲۳.

رحیمی، ر. ا.، فرهنگی، م.، مجازی امیری، ب.، رضایی، ف.، صدوق نیری، ع.، کریمی، م. ر. ۱۳۸۹. اثر محرومیت غذایی و غذادهی مجدد بر هورمون های تیروئیدی و عملکرد رشد در ماهی قزل آلای رنگین کمان *Oncorhynchus mykiss* . مجله علمی شیلات ایران، سال نوزدهم، شماره ۱، ص ۴۹-۳۹.

Abdus Salam, M.A., Samrah, M. 2000. Effect of various food deprivation regimes on body composition dynamics of Thaila (*Catla catla*). Journal of Research Bahauddin Zakariya 11: 26-32.

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

Ashouri, Gh., 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 (2): 145–150.

Barcellos, L.J.G., Marquze, A., Trapp, M., Quevedo, R.Z.M., Ferreia, D. 2010. The effects of fasting on cortisol, blood glucose and liver and muscle glycogen in adult jundia *Rhamdia quelen*. Aquaculture 300: 231-236.

Barton, B. A. 2002. Stress in fishes: a diversity with particular reference in changes in circulating corticosteroids. Integrative and Comparative Biology 42, 517–525.

Bayunova, L., Barannikova, I., Semenkova, T. 2002. Sturgeon stress reactions in aquaculture. Journal of Applied Ichthyology 18 (4-6): 397–404.

Blom, S., Andersson, T.B., Forlin, L. 2000. Effects of food deprivation and handling stress on head kidney 17alphahydroxyprogesterone 21-hydroxylase activity, plasma cortisol and the activities of liver detoxification enzymes in rainbow trout. Aquatic Toxicology 48: 265–274.

Cataldi, E., Di Marco, P., Mandich, A., Cataudella, S. 1998. Serum parameters of Adriatic sturgeon *Acipenser naccarii* (Pisces: Acipenseriformes): effects of temperature and stress. Comparative Biochemistry and Physiology A 121 (4): 351-354.

De Pedro, N., Delgado, M.J., Gancedo, B., Alonso-Bedate, M. 2003. Changes in glucose, glycogen, thyroid activity and hypothalamic catecholamine's in tench by starvation and re-feeding. Journal of Comparative Physiology *B* 173 (6): 475–481.

Duncan, D.B. 1955. Multiple ranges and multiple F- test. Biometrics 11 (1): 1–42.

Eroldogˇan, O.T., Kumlu, M., Aktasx, M. 2004. Optimum feeding rate for European sea bass *Dicentrarchus labrax* reared in seawater and freshwater. Aquaculture 231 (1–4): 501–515.

Eroldogˇan, O.T., Tasbozan, O., Tabakogˇlu, S. 2008. Effects of Restricted Feeding Regimes on Growth and Feed Utilization of Juvenile Gilthead Sea Bream, *Sparus aurata*. Journal of the world aquaculture society 39 (2): 267-274.

Farbridge, K.J., Leatherland, J.F. 1992. Temporal changes in plasma thyroid hormone growth hormone and free fatty acid concentrations, and hepatic 5´-monodeiodinase activity, lipid and protein content during chronic fasting and re-feeding in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Fish Physiology and Biochemistry 10 (3): 245–257.

Furne, M., Garsia-Gallego, M., Kidalgo, M.C., Morales, A.E., Domezahn, A., Domezain, J., Sanz A. 2008. Effect of starvation and re-feeding on digestive enzyme activities in sturgeon (*Acipenser naccarii*) and trout (*Oncorhynchus mykiss*). Journal of Comparative Biochemistry and Physiology A 149: 420-425.

Gaylord, T.G., MacKenzie, D.S., Gatlin, 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 re-feeding. Fish Physiology and Biochemistry 24 (1): 73-79.

Grigorakis, K., Alexis, M.N. 2005. Effects of fasting on the meat quality and fat deposition of commercial-size farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata, L.*) fed different dietary regimes. Aquaculture Nutrition 11: 341–344.

Fishes. Elsevier, Amsterdam, Netherlands, pp: 393–434.

Nikki, J., Pirhonen, J., Jobling, M., Karjalainen, J. 2004. Compensatory growth in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (walbaum), held individually. Aquaculture 235: 285-296.

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 (1-40): 325–335.

Peterson, B.C., Small, B.C. 2004. Effects of fasting on circulating IGF binding proteins, glucose, and cortisol in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Domestic Animal Endocrinology 26: 231–240.

Pickering, A.D., Pottinger, T.G., Sumpter, J.P. 1987. On the use of dexamethasone to block the pituitary–interrenal axis in the brown trout, *Salmo trutta* L. General and comparative Endocrinology 65: 346–353.

Pottinger, T.G., Rand-Weaver, M., Sumpter, J.P. 2003. Overwinter fasting and re-feeding in rainbow trout, *Onchorhynchus mykiss*: plasma growth hormone and cortisol levels in relation to energy mobilization. Comparative Biochemistry and Physiology B 136 (3): 403–417.

Power, D.M., Melo, J., Santos, C.R.A. 2000. The effect of food deprivation and re-feeding on the liver, thyroid hormones and transthyretin in sea bream. Journal of Fish Biology 56 (2): 374–387.

Quinton, J.C., Blake, R.W. 1990. The effect of feeding cycling and ration level on the compensatory growth response in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Journal of Fish Biology 37: 33–41.

Raine, J.C., Cameron, C., Vijayan, M.M., Mac Kenzie, D.S., Leatherland, J.F. 2005. Effect of fasting on thyroid hormone levels, and TRα and TRβ mRNA accumulation in late-stage embryo and juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Comparative Biochemistry and Physiology A 140 (4): 452–459.

Reddy, P.K., Vijayan, M.M., Leatherland, J.F., Moon, T.W. 1995. Does RU486 modify hormonal responses to handling stressor and cortisol treatment in fed and fasted rainbow trout? Journal of Fish Biology 46: 341–359.

Holloway, A.C., Reddy, P.K., Sheridan, M.A., Leatherland, J.F. 1994. Diurnal rhythms of plasma growth hormone, somatostatin, thyroid hormones, cortisol and glucose concentrations in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, during progressive food deprivation. Biological Rhythms Research 25: 415–432.

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 (1–4): 357–363. DOI: 10.1016/S0044-8486(96)01506-2

Hornick, J.L., Van Eenaeme, C., Gerard, O., Dufrasne, I., Istasse, L. 2000. Mechanisms of reduced and compensatory growth. Domestic Animal Endocrinology 19 (2): 121–132.

Jørgensen, E.H., Bye, B.E., Jobling, M. 1999. Influence of nutritional status on biomarker responses to PCB in the Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). Aquatic Toxicology 44: 233–244.

Kelley, K.M., Haigwood, J.T., Perez, M., Galima, M.M. 2001. Serum insulin-like growth factor binding proteins (IGFBPs) as markers for anabolic/catabolic condition in fishes. Comparative Biochemistry and Physiology B 129: 229–236.

Leiner K.A., Han G.S., MacKenzie D.S. 2000. The effects of photoperiod and feeding on the diurnal rhythm of circulating thyroid hormones in the red drum, *Sciaenops ocellatus*. General and comparative Endocrinology 120 (1): 88–98.

Love, R.M. 1970. The Chemical Biology of Fishes, Academic Press, London, UK. P: 547.

MacKenzie, D.S., Van Putte, C.M., Leiner, K.A. 1998. Nutrient regulation of endocrine function in fish. Aquaculture 161 (1-4): 3-25.

Metón, I., Fernández, F., Baanante, I.V. 2003. Short- and long-term effects of refeeding on key enzyme activities in glycolysis–gluconeogenesis in the liver of gilthead seabream (*Sparus aurata*). Aquaculture 225: 99–107.

Morales, A.E., Pérez-Jiménez, A., Hidalgo, M.C., Abellan, E., Cardenete, G. 2004. Oxidative stress and antioxidant defenses after prolonged starvation in *Dentex dentex* liver. Comparative Biochemistry and Physiology C 139: 153–161.

Navarro, I., Gutiérrez, J. 1995. Fasting and starvation. *In*: Hochachka P.W., Mommsen T. (Eds.) Biochemistry and Molecular Biology of

Ruban, G., 2005. The Siberian sturgeon *Acipenser baerii* Brandt. (Species structure and ecology). Moscow. GEOP publisher. Pp. 235.

Simpkins, G. 2002. Response of body condition and composition of juvenile rainbow trout, *Onchorhynchus mykiss*, to fasting, activity and water temperature. University of Wyoming.

Small, B.C. 2005. Effect of fasting on nychthemeral concentrations of plasma growth hormone (GH), insulin-like growth factor I (IGF-I), and cortisol in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Comparative Biochemistry and Physiology B 142: 217–223.

Van der Geyten, S., Mol, K.A., Pluymers, W., Kqhn, E.R., Darras, V.M. 1998. Changes in plasma T3 during fasting/re-feeding in tilapia (*Oreochromis niloticus*) are mainly regulated through changes in hepatic type II iodothyronine deiodinase. Fish Physiology and Biochemistry 19 (2): 135–143.

Van Ham, E.H., Berntssen, M.H.G., Imsland, A.K., Parpoura, A.C., Bonga, S.E.W., Stefansson, S.O. 2003. The influence of temperature and ration on growth, feed conversion, body composition and nutrient retention of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). Aquaculture 217: 547–558.

Zoccarato, I., Benatti, G., Bianchini, M. L., Boccignone, M., Conti, A., Napolitano, R., Palmegiano, G.B. 1994. Differences in performance, flesh composition and water output quality in relation to density and feeding levels in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), farming. Aquaculture and Fisheries Management 25: 639–647.

Physiological and Morphological Response to Short-term Starvation and Re-feeding in Sub-yearling Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt, 1896): Effects of Compensatory Growth

Ghasem ASHOURI [1]*, Vahid YAVARI [1], Mahmood BAHMANI [2], Mohammad A. YAZDANI [2] and Rezvan KAZEMI [2],Vahid MORSHEDI [3], Mehrdad FATOLLAHI [4]

[1]Department of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khoramshahr Marine Science and Technology University, Khoramshahr, Iran
[2] International Sturgeon Research Institute of Rasht, Guilan, Iran
[3] Member of Young Researchers Chub of Ilam Azad University, Iran
[4]Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Shahr-e-kord, Shahr-e-kord, Iran

[*] Correspondence: Ghasem ASHOURI, Department of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khoramshahr Marine Science and Technology University, P.O. Box: 43175-64199, University of Khoramshahr, Iran, Tell: +98 632 4234728, Fax: +98 632 4234728; Email: *ghasem.ashouri@yahoo.com*

Abstract

In this study, the capacity of Siberian sturgeon, *Acipenser baerii* with mean weight 19.3±0.4 g to face short-term starvation and subsequent re-feeding was assessed for a 40-day period. To investigate, the effect of compensatory growth on some physiological response (plasma cortisol, thyroid hormones, glucose, protein, cholesterol and triglyceride) and morphological (total body weight and length, condition factor, hepato-somatic index, vicero-somatic index and digestive-somatic index) in Siberian sturgeon four different feeding regimes were established. Control group fed four times daily to apparent satiation; SRF1: 2 days starvation and 8 days refeeding; SRF2: 4 days starvation and 16 days refeeding; SRF3: 8 days starvation and 32 days refeeding were experienced. At the end of experiment, blood samples were collected to analyze biochemical parameters. Plasma cortisol and thyroxin (T_4) hormones levels were not significantly different between control and food deprived groups at the end of experiment ($P>0.05$) but plasma tri-iodothyronin (T_3) levels were lower in the starved groups compared to control animals, but this decreases only in S_1 group was significant ($P<0.05$). There were no significant difference in measured metabolites levels between control and food deprived groups ($P>0.05$). Moreover, at the measured morphometric indices were not observed significantly different between the control and starved groups ($P>0.05$). The results suggest that Siberian sturgeon has the physiologic and metabolic adjustment ability to short-term starvation and return to basal level after re-feeding.

Keywords: *Acipenser baerii*, Cortisol, Plasma glucose, Starvation, Thyroxin