نشریه بهره‌برداری و پرورش آبزیان
جلد دوم، شماره اول، بهار ۱۳۹۲
http://japu.gau.ac.ir

اثرات دوره‌های تغذیه و گرسنگی بر رشد جبرانی، کارآیی تغذیه و ترکیبات شیمیایی بدن لارو ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در آب‌شور

*حسین آدینه[۱]، حجت‌اله جعفریان[۲]، محمد فرهنگی[۳] و جواد سهندی[۴]

[۱]دانش‌آموخته کارشناس‌ارشد تکثیر و پرورش آبزیان دانشگاه گنبد کاووس، [۲]دانشیار گروه شیلات و آبزیان دانشگاه گنبد کاووس، [۳]مربی گروه شیلات و آبزیان دانشگاه گنبد کاووس، [۴]دانشجوی کارشناسی‌ارشد تکثیر و پرورش آبزیان دانشگاه گنبد کاووس

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۱/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۱/۶/۱۹

چکیده

رشد جبرانی، کارآیی تغذیه و ترکیبات شیمیایی بدن لارو ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (با میانگین وزنی ۱۰ ± ۳۰۰ میلی‌گرم) به‌مدت ۴۰ روز با ۳ شرایط غذایی؛ یک گروه شاهد (تغذیه مستمر) و ۲ گروه دیگر به‌صورت ۲+۵ (پنج روز تغذیه و دو روز گرسنگی) و ۲+۲ (دو روز تغذیه و دو روز گرسنگی) مورد بررسی قرار گرفتند. لاروهای ماهی به‌میزان ۱۰ درصد وزن بدن تغذیه شدند. در پایان آزمایش تغییرات معیارهای رشد، کارآیی تغذیه و ترکیبات شیمیایی بدن ارزیابی شد. نتایج نشان داد که بین تیمارهای با محرومیت غذایی و تیمار شاهد کاهش معنی‌داری در معیارهای رشد وجود دارد ($P<۰/۰۵$). وزن به‌دست آمده به‌طور معنی‌داری در تیمار شاهد نسبت به تیمارهای آزمایشی افزایش یافت. تفاوت بین تیمارهای تحت تأثیر گرسنگی در مقایسه با تیمار شاهد از نظر فاکتور وضعیت وجود نداشت. میانگین ضریب تبدیل غذایی بین ۱/۳۲ و ۲/۴۲ بود. مقدار نسبت کارآیی پروتئین، چربی و انرژی در تیمار شاهد در مقایسه با تیمارهای آزمایشی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت ($P<۰/۰۵$). در پایان آزمایش، نمونه‌های کامل ماهی آنالیز شیمیایی بدن شدند. نتایج نشان داد که دوره

*مسئول مکاتبه: adineh.h@gmail.com

گرسنگی کوتاه مدت به‌طور معنی‌داری باعث کاهش پروتئین خام در تیمارهای آزمایشی در مقایسه با تیمار شاهد می‌گردد (P<۰/۰۵). میانگین پروتئین خام به‌دست آمده بین ۶۰/۹۹ تا ۷۲/۵۴ بود. به طورکلی، نتایج نشان داد که تناوب غذایی منجر به رشد جبرانی جزئی در لارو ماهی قزل‌الا می‌شود.

واژه‌های کلیدی: رشد جبران، کارآیی تغذیه، تناوب غذایی، ترکیبات بدن، لارو قزل‌آلای رنگین‌کمان

مقدمه

مکانیزم رشد جبران یک برنامه غذایی در راستای سودآوری در صنعت آبزی پروری بوده که با کاستن هزینه‌ها و بهبود میزان رشد می‌توان آن را طراحی کرد. (هایوارد و همکاران، ۱۹۹۷؛ علی و همکاران، ۲۰۰۳) رشد جبرانی به‌عنوان یک مرحله تسریع رشد بعد از دوره محرومیت غذایی رخ می دهد که به تغییرات زیادی همچون روش‌های تغذیه‌ای شامل درجه و شدت گرسنگی وابسته می‌باشد (علی و همکاران، ۲۰۰۳). در مطالعات زیادی معلوم شده است که رشد جبران در ماهیان میل غذایی را تحریک کرده به‌همین دلیل رشد جبران یک تئوری نظری سودآوری می‌باشد (هابل، ۱۹۷۱؛ راسل و واتون، ۱۹۹۲؛ پل و همکاران، ۱۹۹۵) و استفاده از این پتانسیل به‌عنوان یک مدیریت در تولید تجاری ماهی محسوب می‌شود (جوبلینگ و همکاران، ۱۹۹۴؛ هایوارد و همکاران، ۱۹۹۷، ونگ و همکاران، ۲۰۰۵). مطالعات گوناگونی در ارتباط با اثرات گرسنگی و همچنین تغذیه دوباره بر روی رشد در بیشتر آزاد ماهیان (جابلینگ و کاسکلا، ۱۹۹۶؛ مک‌لین و متکالف، ۲۰۰۱) مانند قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) (جابلینگ و کاسکلا، ۱۹۹۶؛ بوجارد و همکاران، ۲۰۰۰؛ نیکی و همکاران، ۲۰۰۴)، (*Oncorhynchus kisutch*) (دمسگارد و دیل، ۱۹۹۸) و (*Oncorhynchus nerka*) (بیلتون و رابینز، ۱۹۷۳) صورت گرفته است. (یانگ‌اچ و همکاران، ۲۰۰۸) گزارش دادند که مطالعات به‌عمل آمده در خصوص رشد جبرانی بیانگر عملکرد مثبت این فرآیند در ماهیان تحت محرومیت غذایی نسبت به ماهیان گروه شاهد با تغذیه متوالی می‌باشد.

رشد جبران می‌تواند جزیی و یا کامل می‌باشد. در جبران جزیی، ماهیان محروم شده غذایی رشد سریع‌تری بعد از شروع غذادهی خواهند داشت اما وزن آن‌ها در مقایسه با ماهیانی که به‌طور دایم غذادهی شده‌اند کمتر خواهد بود (پل و همکاران، ۱۹۹۵) اگرچه آن‌ها افزایش رشد و در برخی موارد تبدیل بهتر غذا و فیله تولید شده مرغوب‌تر را در زمان آغاز مجدد غذادهی و تغذیه نشان می‌دهند (علی

و همکاران، ۲۰۰۳). در جبران کامل ماهی، محدودیت غذایی را تجربه کرده و وزن به‌دست آمده آن همانند ماهیانی است که به‌صورت مستمر غذا دریافت کرده‌اند (جوبین و همکاران، ۱۹۹۹). در پژوهش‌ها مشخص شده است که ماهی قزل‌آلا توانایی تحمل دوره کوتاه‌مدت گرسنگی را بدون تأثیر بر روند رشد داشته اما این امر منجر به بهبود تغذیه‌ای در این گونه نمی‌گردد (نیکی و همکاران، ۲۰۰۴).

(هایوارد و همکاران، ۱۹۹۷) مشاهده کردند که هیبریدهای خورشید ماهی *Lepomiscyanellus* × *L.macrochirus* که یک دوره گرسنگی را سپری کردند به وزنی بالاتر از تیمار شاهد که به‌صورت کامل غذادهی شده بودند، رسیدند. به‌عبارت دیگر، ماهیانی که دوره گرسنگی و غذادهی دوباره را دارند، جبران بیش از حد داشتند ولی این حالت در ماهی سوف زرد *Percaflarescens* (هایوارد و ونگ، ۲۰۰۱) و ماهی سفید *Coregonuslavaretus* (کانکانن و پیرهونن، ۲۰۰۹) مشاهده نشد. (جانسون و بلین، ۲۰۰۶) گزارش دادند که قزل‌آلای قهوی *Salmo trutta* تحت تناوب گرسنگی برای بازگشت به وضعیت طبیعی رشد نیازمند ۵ ماه تغذیه در شرایط طبیعی می‌باشد. در پژوهش آزمایشگاهی، ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان پس از یک دوره بلند مدت ۱۳ هفته گرسنگی توانست پس از تغذیه دوباره به رشد قابل قبولی نسبت به تیمار شاهد دست یابد (ودرلی و گیل، ۱۹۸۱). (نیکی و همکاران، ۲۰۰۴) اظهار داشتند که قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌تواند دوره‌های کوتاه گرسنگی را بدون این که تأثیر قابل توجهی بر رشد آن‌ها داشته باشد تحمل نماید.

هدف از این مطالعه بررسی تأثیرات دوره‌های گرسنگی و تغذیه کوتاه مدت بر روی معیارهای رشد، تغذیه و ترکیبات شیمیای بدن لارو ماهی قزل‌آلای رنگین می‌باشد.

مواد و روش‌ها

ماهی و شرایط پرورشی: لاروهای ماهی قزل‌آلا با میانگین وزن اولیه ۱۰±۳۰۰ میلی‌گرم و طول ۵±۲۵ میلی‌متر از کارگاه تکثیر و پرورش ماهی ضمیری واقع در زرین گل علی‌آباد تهیه و برای انجام آزمایش به آزمایشگاه هیدروبیولوژی دانشگاه گنبد کاووس در اسفند ماه ۱۳۸۹ انتقال داده شد. لاروها پس از گذارندن ۷ روز مرحله آداپتاسیون با تراکم ۴ قطعه در لیتر به ۱۲ حوضچه فایبرگلاس مدور با حجم آبگیری ۱۰ لیتر (۳ تیمار آزمایشی و هر یک با ۴ تکرار) جایابی قرار گرفتند. جریان آب ورودی به حوضچه‌ها به‌میزان ۲ لیتر در دقیقه بوده و هوادهی مستمر توسط یک دستگاه پمپ الکتریکی هوا مدل هایلا ساخت آلمان صورت می‌گرفت. شرایط نوری آزمایشگاه به‌صورت ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰

ساعت تاریکی بود. آب موردنیاز در سیستم پرورشی لاروهای ماهی از یک حلقه چاه تأمین شده که پس از بررسی برخی از خصوصیات فیزیکو شیمیایی در طول دوره مورد استفاده قرار گرفت. در طول دوره آزمایش اکسیژن محلول ۰/۳۳±۸/۰۰ میلی‌گرم در لیتر، شوری ۰/۷۶ ± ۴/۰۰ گرم در لیتر، پی‌اچ ۰/۲۳± ۷/۴، آمونیاک کل ۰/۱۳۵±۳/۷۶ میلی‌گرم در لیتر، قابلیت انتقال الکترون ۸۹۶/۴۱±۷۲۵۸/۲۰ میکروموس بر سانتی‌متر و دمای ۲/۱۴±۱۸/۱۰ درجه سانتی‌گراد ثبت گردید.

تغذیه: لاروهای ماهی به‌مدت ۴۰ روز در ۳ تیمار آزمایشی و هر یک با ۴ تکرار تغذیه شدند. در گروه اول ماهیان به‌صورت مستمر در کل دوره آزمایش غذادهی شدند (تیمار شاهد)، در گروه دوم ماهیان ۵ روز غذادهی شده و به‌مدت ۲ روز گرسنه ماندن (تیمار ۲+۵) و در گروه سوم بچه ماهیان ۲ روز غذادهی و ۲ روز محرومیت غذایی اعمال شد (۲+۲).

تغذیه لاروهای ماهی در طی دوره آزمایش، روزانه در ۴ نوبت در شبانه روز (ساعات ۰۴:۰۰، ۱۲:۰۰، ۱۸:۰۰ و ۲۴:۰۰) از غذای پودری لارو ماهی قزل‌آلا ساخت شرکت بیومار فرانسه (پروتئین ۵۴ درصد، چربی ۱۸ درصد، رطوبت ۱۰ درصد، خاکستر ۹/۷ درصد، ماده خشک ۹۸ درصد و انرژی قابل هضم ۴۵۰۰ کالری بر گرم) انجام شد. نرخ تغذیه روزانه برای لاروهای مورد آزمایش به‌میزان ۱۰ درصد وزن بدن بود. غذا باقی‌مانده نیم ساعت پس از هر نوبت غذادهی توسط میکروپیپت جمع‌آوری شده و پس از خشک کردن از کل غذای داده شده کسر گردید.

سنجش معیارهای رشد: در پایان دوره آزمایش تمامی لاروهای ماهی هر حوضچه پس از بیهوشی به‌طور جداگانه بیومتری گردیدند. معیارهای رشد لارو ماهی قزل‌آلا در هر تیمار به شرح زیر تعیین شد.

افزایش وزن[1] (BW) (De Silva and Anderson, 1995) $BW= wt_2 - wt_1$

Wt_1: وزن اولیه (گرم)؛ Wt_2: وزن نهایی ماهی (گرم)

نرخ رشد ویژه وزن[2] (SGR_w) (Hevroy, 2005) ($SGR_w, \% day^{-1}$)= $[LnWt_2 - LnWt_1 / t_2 - t_1] 100 \times$

$LnWt_2$: لگاریتم طبیعی وزن نهایی ماهی (گرم)؛ $LnWt_1$: لگاریتم طبیعی وزن اولیه ماهی (گرم)؛ $t_2 - t_1$: طول دوره آزمایش

نرخ رشد ویژه طول[3] (SGR_l) (Hevroy, 2005) ($SGR_l, \% Day^{-1}$)=$[Ln\ Lt_2 - Ln\ Lt_1 / t_2 - t_1] \times 100$

1- Body weight increase
2- Specific growth rate of weight
3- Specific growth rate of length

$Ln\ Lt_2$: لگاریتم طبیعی طول نهایی ماهی (گرم)؛ $Ln\ Lt_1$: لگاریتم طبیعی طول اولیه ماهی (گرم)؛ t_2-t_1: طول دوره آزمایش

فاکتور وضعیت یا ضریب چاقی[۴] (CF) (Austreng, 1978) $CF = [W\ (g) / L^3(cm)] \times 100$

W (g): وزن نهایی ماهی (گرم)؛ $L^3(cm)$: توان سوم طول کل ماهی (سانتی‌متر)

سرعت رشد وزنی[۵] (VW) (ریکر، ۱۹۷۹) $VW\%=[2(Wt_2 - Wt_1) / (t_2-t_1)Wt_2 - Wt_1)]\times 100$

Wt_1: وزن اولیه (گرم)؛ Wt_2: وزن نهایی ماهی (گرم)؛ t_2-t_1: طول دوره آزمایش (روز)

سرعت رشد طولی[۶] (VL) (Ricker, 1979) $VL\% = [2(Lt_2 - Lt_1) / (t_2-t_1)Lt_2 - Lt_1)]\times 100$

Lt_1: طول اولیه (گرم)؛ Lt_2: طول نهایی ماهی (گرم)؛ t_2-t_1: طول دوره آزمایش (روز)

ضریب رشد حرارتی[۷] (TGC) (De Silva and Anderson, 1995) $TGC\% = [BW_2^{0.333} - BW_1^{0.333} / \sum^{OC}] \times 100\ BW_2^{0.333}$

$BW_1^{0.333}$: میانگین وزن اولیه ماهی$^{۰/۳۳۳}$ (گرم)؛ $BW_1^{0.333}$: میانگین وزن ثانویه ماهی$^{۰/۳۳۳}$ (گرم)؛ $\sum^{OC}$ (day- degrees): مجموع میانگین درجه حرارت‌های روزانه

سنجش ترکیبات شیمیایی بدن: به‌منظور بررسی ترکیب شیمیایی بدن لارو ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در ابتدای دوره آزمایش، تعداد ۵۰ قطعه از لاروهای ماهی نمونه‌برداری و آنالیز لاشه اولیه انجام شد. در انتهای دوره آزمایش تعداد ۲۰ قطعه از جمعیت لارو ماهی از هر تکرار صید شده و در ازت مایع منجمد انتقال و سپس در آزمایشگاه تجزیه لاشه و تعیین ترکیبات شیمیایی بدن لاروهای ماهی مطابق با استاندارد (آاآدی، ۱۹۹۰) انجام پذیرفت.

پروتئین خام با استفاده از روش میکرو کجلدال و با تعیین مقدار نیتروژن کل و بر اساس ۱۶ درصد نیتروژن، مطابق با رابطه (پروتئین خام=۶/۲۵× ازت کل) به‌دست آمد. چربی خام مطابق با روش سوکسله از طریق استخراج چربی به‌وسیله اتر، انرژی خام با استفاده از دستگاه بمب کالریمتر، رطوبت و ماده خشک لاشه به‌طور وزنی بعد از انجماد خشک برای مدت ۲۴ ساعت تعیین خواهند شد. همچنین خاکستر لاشه با استفاده از سوزاندن نمونه‌ها در کوره با حرارت ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد تعیین گردید.

4- Condition factor
5- Velocity of growth body weight
6- Velocity of growth body length
7- Thermal growth coefficient

براساس داده‌های به‌دست آمده از بیومتری و تجزیه لاشه لاروهـای مـاهی در ابتـدا و انتهـای دوره پرورش، برخی از معیارهای تغذیه‌ای به شرح زیر اندازه‌گیری شدند:

سنجش معیارهای تغذیه

ضریب تبدیل غذایی[8] (FCR) (Hevroy et al., 2005) FCR= food intake (g) / living weight gain (g)
Food intake: غذای خورده شده (گرم)؛ Living weight gain: وزن به‌دست آمده (گرم)

کارایی تبدیل غذا[9] (FCE) (دی‌سیلوا و اندرسون، ۱۹۹۵) CE = Living weight gain (g) / food intake (g) × 100
Living weight gain: وزن به‌دست آمده (گرم)؛ Food intake: غذای خورده شده (گرم)

نسبت کارآیی پروتئین[10] (PER) (هلند همکاران، ۱۹۹۶) PER = g live weight gain /g protein
g live weight gain intake: وزن به‌دست آمده (گرم)؛ g Protein intake: گرم پروتئین خورده شده (گرم)

نسبت کارآیی چربی[11] (LER) (هویری و همکاران، ۲۰۰۵) LER = g live weight gain / g lipid
g live weight gain intake: وزن به‌دست آمده (گرم)؛ g Lipid intake:گرم پروتئین خورده شده (گرم)

نسبت کارآیی انرژی[12] (EER) (هویری و همکاران، ۲۰۰۵) EER=g live weight gain /g energy intake
g live weight gain: وزن به‌دست آمده (گرم)؛ g Energy intake:گرم پروتئین خورده شده (گرم)

آنالیز آماری: تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها در قالب طرح کاملا تصادفی و با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS-17 و در محیط ویندوز XP صورت گرفت. برای مقایسه تیمارها با تیمار شاهد از آنالیز واریانس یک طرفه (one- way ANOVA) و برای میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح اطمینان ۰/۰۵ استفاده گردید.

1- Feed conversion ratio
2- Feed conversion efficiency
3- Protein Efficiency Ratio
4- Lipid Efficiency Ratio
5- Energy Efficiency Ratio

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تأثیر محدودیت غذایی کوتاه مدت بر معیارهای رشد لارو ماهی قزل‌آلا در جدول ۱ ارایه شده است. در این آزمایش مشخص گردید که گرسنگی کوتاه مدت باعث اختلاف معنی‌دار در بین تیمار شاهد و تیمارهای ۲+۵ و ۲+۲ می‌گردد به‌طوری‌که بیشترین وزن و طول در تیمار شاهد به ترتیب ۱۷۷۵/۰۲ میلی‌گرم و۴۵/۹۱ میلی‌متر به‌دست آمد. تناوب غذایی بر روند رشد لارو ماهی قزل آلای رنگین‌کمان تأثیر منفی داشت بنابراین بیشترین و کمترین افزایش وزن مربوط به تیمار شاهد (۱۴۷۵/۰۲ میلی‌گرم) و ۲+۲ (۶۹۶/۵۷ میلی‌گرم) بود. نظیر همین نتایج را (ارلدوگ و همکاران، ۲۰۰۶)، در به‌کارگیری فرآیند تناوب گرسنگی ۲، ۴ و ۷ روز گرسنگی به‌مدت ۷ هفته آزمایش در ارتباط با ماهی سیم دریایی (*Sparus auruta*) با میانگین وزنی ۱۳/۸ گرم به‌دست آوردند. آن‌ها کاهش معنی‌داری را در وزن دست آمده در تیمارهای آزمایشی نسبت به تیمار شاهد مشاهده کردند به طوری‌که وزن ماهی مورد آزمایش از ۸۲/۱ گرم در تیمار شاهد با تغذیه مستمر به ۴۳/۹ گرم در تیمار ۷ روز گرسنگی پس از ۷ هفته آزمایش به‌دست آوردند.

نرخ رشد ویژه وزن و طول نیز تحت تأثیر محرومیت غذایی کاهش معنی‌داری داشت ($P<۰/۰۵$) که در این ارتباط (کانکانن و پیرهانن، ۲۰۰۹) با استفاده از دستورالعمل غذایی (تغذیه مستمر، ۲+۵ و ۲+۲) بر روی ماهی سفید *Coregonus lavaretus* دریافتند که بیشترین میزان نرخ رشد ویژه مربوط به تیمارهای غذایی تغذیه مستمر (۲/۲۲ درصد) و کمترین آن مربوط به تیمار تغذیه‌ای ۲+۲ (۱/۸۳ درصد) می‌باشد. (نیکی و همکاران، ۲۰۰۴) در بررسی رشد جبرانی ماهی قزل‌آلا گزارش دادند که تیمارهای تحت محرومیت غذایی ۲ و ۴ روز نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری از نظر وزن بدست آمده دارند، در این ارتباط آن‌ها اظهار داشتند که در پایان آزمایش تیمارهای تحت محرومیت ۸ و ۱۴ روز از نرخ رشد ویژه‌ای نسبت به تیمار شاهد برخوردار بودند.

لاروهای قزل‌آلای رنگین‌کمان در تیمار شاهد از سرعت رشد وزنی بیشتری (۳/۵۴ درصد) در مقایسه با تیمارهای ۲+۵ (۳/۳۰ درصد) و ۲+۲ (۲/۶۱ درصد) برخوردار بوده و کاهش معنی‌دار آماری ($P<۰/۰۵$) بین آن‌ها مشاهده گردید. همچنین بیشترین میزان سرعت رشد طولی لاروها در تیمار شاهد مشاهده گردید.

نتایج به‌دست آمده از فاکتور وضعیت یا ضریب چاقی لارو ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در تیمارهای مختلف نشان داد که تفاوت معنی‌دار آماری بین تیمار شاهد و تیمارهای آزمایشی (۲+۵ و

۲+۲) مشاهده نگردید (P>۰/۰۵). نتایج مشابهی توسط (کانکانن و پیرهانن، ۲۰۰۹) بر روی ماهی سفید با میانگین وزنی ۱۳/۷ گرم به‌دست آمد (پالمری و همکاران، ۲۰۰۹). در به‌کارگیری از دوره کوتاه مدت محرومیت غذایی بر روی ماهی *Maccullochella peelii peelii* نشان دادند که تناوب گرسنگی (۵، ۱۰ و ۱۵ روز) بر فاکتور وضعیت تأثیر معنی‌داری نداشت و روند تغییرات این معیار بین ۱/۳و ۱/۵ بود که این یافته‌ها با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.

ضریب رشد حرارتی نیز از جمله معیارهای رشد می‌باشد که در ارتباط با ماهیان سردآبی و از جمله قزل‌آلا اندازه‌گیری می‌گردد و نشان می‌دهد که میزان تغییرات رشد ماهی به ازای مجموع تغییرات درجه حرارت آب محیط پرورش در طول دوره پرورش چقدر بوده است. با افزایش روزهای محرومیت غذایی در طی آزمایش این معیار کاهش معنی‌داری را از خود نشان داد (P<۰/۰۵).

جدول ۱- مقایسه میانگین معیارهای رشد (میانگین ± انحراف معیار) لارو ماهی قزل‌آلا تغذیه شده تحت تأثیر دوره های گرسنگی و تغذیه

تیمار / معیار	شاهد	۵+۲	۲+۲
وزن نهایی (میلی‌گرم)	۱۷۷۵/۰۲±۱۶۲/۸۰^{a}	۱۳۷۵/۳۰±۱۰۹/۷۸^{b}	۹۵۹/۵۷±۱۰۹/۴۸^{c}
طول نهایی (میلی‌متر)	۴۵/۹۱±۰/۸۴^{a}	۴۱/۱۴±۱/۲۴^{b}	۳۷/۸۴±۰/۵۶^{c}
افزایش وزن (میلی‌گرم)	۱۴۷۵/۰۲±۱۶۲/۸۰^{a}	۱۰۷۵/۳۰±۱۰۹/۷۸^{b}	۶۹۶/۵۷±۱۰۹/۴۸^{c}
نرخ رشد ویژه وزنی (درصد)	۴/۴۳±۰/۲۳^{a}	۳/۸۰±۰/۲۰^{b}	۲/۹۰±۰/۲۴^{c}
نرخ رشد ویژه طولی (درصد)	۱/۵۱±۰/۰۴^{a}	۱/۲۴±۰/۰۷^{b}	۱/۰۳±۰/۰۳^{c}
سرعت رشد وزنی (درصد)	۳/۵۴±۰/۱۲^{a}	۳/۳۰±۰/۱۱^{b}	۲/۶۱±۰/۱۱^{c}
سرعت رشد طولی (درصد)	۱/۴۷±۰/۰۴^{a}	۱/۲۱±۰/۰۷^{b}	۱/۰۲±۰/۰۳^{c}
فاکتور وضعیت	۱/۸۳±۰/۲۴^{a}	۱/۹۸±۰/۰۶^{a}	۱/۷۷±۰/۰۹^{a}
ضریب رشد حرارتی (درصد)	۰/۰۷۴±۰/۰۰۵^{a}	۰/۰۶۱±۰/۰۰۴^{b}	۰/۰۴۳±۰/۰۰۴^{c}

تذکر: در هر ردیف اعدادی که دارای حروف غیر مشابه هستند از نظر آماری اختلاف معنی‌دار دارند (P<۰/۰۵).

در برخی موقعیت‌ها ماهیان با توجه به دستوالعمل محدودیت غذایی نسبت به افزایش کارآیی تبدیل غذا از خود واکنش داده‌اند (لی و کیم، ۲۰۰۵؛ کای‌لورد و همکارن، ۲۰۰۱) اما در بیشتر مطالعات پاسخ ماهیان به افزایش کارآیی تبدیل غذا در تیمارهای تحت تأثیر محرومیت کوتاه مدت غذایی به

صورت موقت بوده است (نیکی و همکاران، ۲۰۰۴؛ وانگ و همکاران، ۲۰۰۵)، به‌طور کلی روند تغییرات کارآیی تبدیل غذا در این مطالعه بین ۷۶/۱۶ تا ۴۱/۱۷ درصد در بین تیمارهای مختلف متغییر بود.

اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی و تیمار شاهد از نظر نسبت کارآیی پروتئین، چربی و انرژی در این آزمایش مشاهده گردید ($p<۰/۰۵$) بنابراین بیشترین میزان این معیارها مربوط به تیمار شاهد و کمترین آن‌ها مربوط به تیمارهای آزمایشی بود، که این یافته‌ها در مشابهت با نتایج به‌دست آمده توسط (چو، ۲۰۱۱) برای ماهی فلاندر جوان *Paralichthys olivaceus* می‌باشد.

جدول ۲- مقایسه میانگین برخی از معیارهای تغذیه (میانگین ± انحراف معیار) لارو ماهی قزل‌آلا تحت تأثیر دوره های گرسنگی و تغذیه

تیمار / معیار	شاهد	۵+۲	۲+۲
ضریب تبدیل غذایی	۱/۳۲±۰/۱۲^{c}	۱/۷۰±۰/۱۳ ^{b}	۲/۴۲±۰/۲۶ ^{a}
کارآیی تبدیل غذا	۷۶/۱۶±۶/۹۸ ^{a}	۵۹/۰۱±۴/۷۱ ^{b}	۴۱/۱۷±۴/۱۸ ^{c}
نسبت کارآیی پروتئین	۱/۵۶±۰/۱۴ ^{a}	۱/۲۱±۰/۰۹ ^{b}	۰/۸۴±۰/۰۸ ^{c}
نسبت کارآیی چربی	۴/۷۰±۰/۴۳ ^{a}	۳/۶۴±۰/۲۹ ^{b}	۲/۵۴±۰/۲۵ ^{c}
نسبت کارآیی انرژی	۰/۵۲±۰/۰۴۷ ^{a}	۰/۴۰±۰/۰۳۲ ^{b}	۰/۲۸±۰/۰۲۱ ^{c}

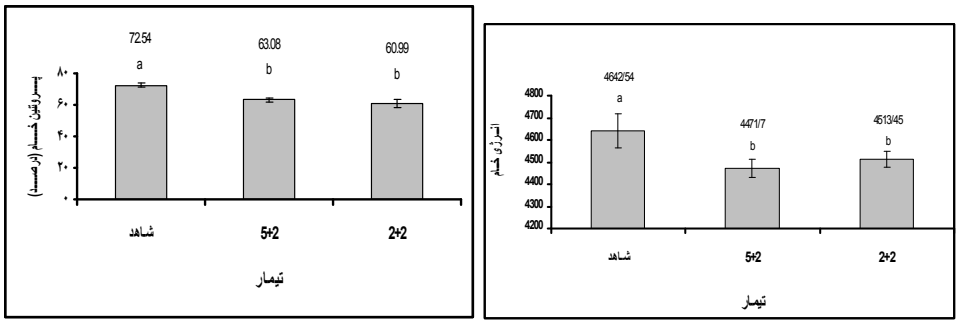
تذکر: در هر ردیف اعدادی که دارای حروف غیر مشابه هستند از نظر آماری اختلاف معنی‌دار دارند ($P<۰/۰۵$)

یک ماهی زمانی‌که در یک محیط آبی به‌طور دایم زندگی می‌کند، تحت تأثیر عوامل محیطی دچار تغییراتی در ترکیبات شیمیایی بدن می‌شود. تغییرات بافتی بدن شامل تغییرات سطوح پروتئین خام، چربی خام و یا دیگر ترکیبات شیمیایی بدن است. در بین ترکیبات شیمیایی بدن، میزان پروتئین خام یکی از مهم‌ترین فاکتورهای مهم برای نشان دادن سلامتی ماهی می‌باشد (ودرلی و گیل، ۱۹۸۷) از این رو در این مطالعه محرومیت کوتاه مدت غذایی باعث کاهش معنی‌دار پروتئین لاشه بین تیمار شاهد و تیمارهای آزماشی ۲+۵ و ۲+۲ گردید ($P<۰/۰۵$). در این ارتباط، (یانگاچ و همکاران، ۲۰۰۸) در مطالعات خویش در خصوص ماهی سنگ سیاه که به‌مدت ۱۴ روز به‌طول انجامید، دریافتند که تفاوت معنی‌داری بین تیمار شاهد (۱۴/۹۸) با تیمار ۵ روز گرسنگی (۱۴/۹۵) نداشت در حالی‌که با افزایش روزهای گرسنگی به میزان ۱۰ و ۱۴ روز، از اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی مشاهده گردید

(P<۰/۰۵). در قزل‌آلای رنگین‌کمان *Oncorhynchus mykiss* گرسنگی کوتاه مدت منجر به افزایش پروتئین و کاهش چربی در ماهیچه‌های بدن گردید (جزی‌ارسکا و همکاران، ۱۹۸۲). همچنین در این راستا تناوب گرسنگی کوتاه مدت باعث کاهش معنی‌داری در میزان چربی بدن آزاد ماهی آتلانتیک *Salmo salar* شد (اینن و همکاران، ۱۹۹۸). گزارش شده است که دوره ۲ تا ۳ هفته گرسنگی در ماهیانی چون ماهی خاویاری سفید *Acipenser transmontanus* (هانگ و همکاران، ۱۹۹۷)، ماهی دنداندار سیاه *Sparus macrocephalus* (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۷)، تیلاپیای قرمز هیبریدی ماده *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus* (دی‌سیلوا و همکاران، ۱۹۹۷) باعث کاهش چربی بدن می‌شود. همچنین کاهش محتوای چربی بدن پس از گرسنگی ۳۵ روزه در ماهی باس دریایی اروپایی *Dicentrarchus labrax* نیز گزارش شده است (پاستورد، ۱۹۹۱) در حالی‌که در قزل‌آلای قهوه‌ای تریپلوئیدی *Salmo trutta* گرسنگی به‌مدت ۸ هفته هیچ‌گونه تأثیری بر روی چربی بافت بدن نگذاشته است (ریگست و همکاران، ۲۰۰۱). در این پژوهش بین تیمار شاهد و تیمار ۲+۵ از نظر میزان چربی اختلاف معنی‌دار آماری وجود نداشت و تنها تفاوت آماری بین تیمار شاهد و تیمار ۲+۲ به‌دست آمد (P<۰/۰۵).

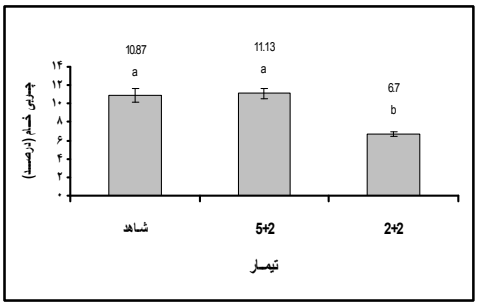
(علی و همکاران، ۲۰۰۳) گزارش دادند که کاهش فعالیت در دوره تغذیه دوباره می‌تواند بر جبران رشد به‌دست آمده به‌وسیله افزایش قابلیت مصرف انرژی برای رشد مؤثر باشد. همسوی با این یافته‌ها، در این آزمایش پس از آنالیز لاشه دریافتیم که میزان انرژی لاشه در تیمارهای آزمایشی نسبت به تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است (P<۰/۰۵) (شکل ۱). بیشترین و کمترین میزان انرژی به ترتیب معادل ۴۶۴۲/۵۴ (کالری/ گرم) در تیمار شاهد و ۴۴۷۱/۷۰ (کالری/ گرم) در تیمار ۲+۵ بود.

روند تغییرات خاکستر بین ۱۱/۰۸ تا ۱۳/۴۷ در بین تیمارهای آزمایشی به‌دست آمد. اختلاف معنی داری بین تیمار شاهد و تیمارهای ۲+۵ و ۲+۲ آزمایشی از نظر میزان خاکستر و رطوبت مشاهده نشد (P>۰/۰۵) که همسوی با این نتایج، (یانگ‌اچ و همکاران، ۲۰۰۸) در مطالعه خود به‌مدت ۱۴ و ۴۹ روز تناوب گرسنگی (۵، ۱۰ و ۱۴ روز) روند کاهشی در میزان خاکستر و رطوبت مشاهده نکردند در حالی‌که نتایج به‌دست آمده توسط (ژئو و همکاران، ۲۰۰۵)، نشان از تفاوت بین تیمار شاهد و تیمارهای آزمایشی بود بنابراین تصور می‌گردد که علت این اختلافات می‌تواند مربوط به گونه، مرحله تکاملی و یا جنسیت ماهیان مورد آزمایش می‌باشد.

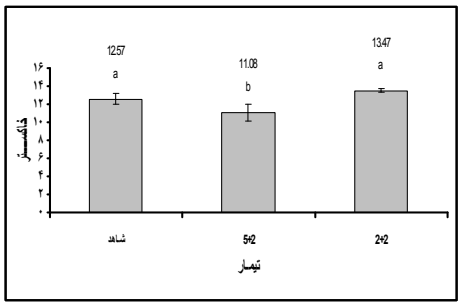


(د)

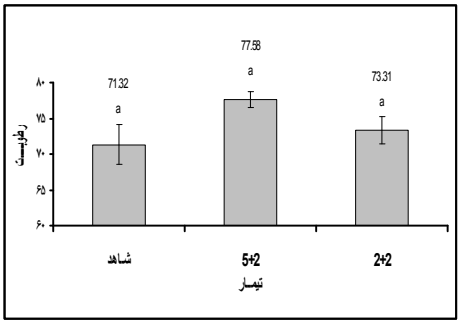
(الف)



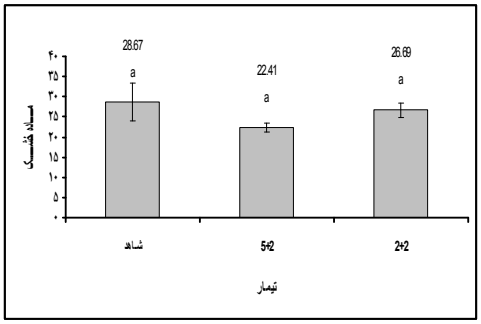
(ه)



(ب)



(و)



(ج)

شکل ۱- تغییرات پروتئین خام (الف)، چربی خام (ب)، رطوبت (ج)، انرژی (د)، خاکستر (ه) و ماده خشک (و) در لارو ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان *Oncorhynchus mykiss*

منابع

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

2.AOAC, 1990, Official Methods of Analysis of Association of Official Analtical Chemists (AOAC). Vol. 1, 15th ed. Assoc. Official Analytical Chemists, Washington.

3.Bilton, H.T. and Robins, G.L. 1973. The effects of starvation and subsequent feeding on survival and growth of Fulton Channel Sockeye Salmon fry (*Oncorhynchus nerka*). J. Fisheries. Res. Board Can. 30: 1–5.

4.Boujard, T., Burel, C., Medale, F., Haylor, G. and Moisan, A. 2000. Effect of past nutritional history and fasting on feed intake and growth in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Aquat. Living Resour. 13: 129–137.

5.Cho, S.H. 2011. Effect of Dietary Protein and Lipid Levels on Compensatory Growth of Juvenile Olive Flounder (*Paralichthys olivaceus*) Reared in Suboptimal Temperature. J. Anim. Sci. 24: 407– 413.

6.Damsgard, B. and Dill, L.M. 1998. Risk-taking behaviour in weight compensating coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. Behav. Ecol. 9:26–32.

7.De Silva, S.S. and Anderson, T.A. 1995. In: Fish Nutrition in Aquaculture. Chapman and Hall, London, 319 pp.

8.De Silva, S.S., Gunasekera, R.M. and Austin, C.M. 1997. Changes in the fatty acid profiles of hybrid red tilapia, *Oreochromis mossambicus×O. niloticus*, subjected to short-term starvation, and a comparison with changes in seawater raised fish. Aquaculture. 153: 273–290.

9.Einen, O., Waagan, B. and Thomassen, M.S. 1998. Starvation prior to slaughter in Atlantic salmon (*Salmo salar*) I. Effects on weight loss, body shape, slaughter- and fillet-yield, proximate and fatty acid composition. Aquaculture.166: 85–104.

10.Eroldog′an, O.T., Kumlu, M., Kiris, G.A. and Sezer, B. 2006. Compensatory growth response of *Sparus aurata* following different starvation and refeeding protocols. Aquaculture. Nutr. 12: 203–210.

11.Gaylord, T.G. MacKenzie, D.S. and Gatlin, D.M. III. 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 Physiol. Biochem. 24: 73-79.

12.Hayward, R.S., Noltie, D.B. and Wang, N. 1997. Use of compensatory growth to double hybrid sunfish growth rates. Trans. Anim. F. Soc. 126: 316– 322.

13.Hayward, R.S. and Wang, N. 2001. Failure to induce over-compensation of growth in maturing yellow perch. J.F. Biol. 59: 126–140.

14.Helland, S.J., GrisdaleHelland, B. and Nerland, S. 1996. A simple method for the measurement of daily feed intake of groups of fish in tanks. Aquaculture. 139: 157–163.
15.Hevroy, E.M., Espe, M., Waagbo, R., Sandness, K., Rund, M. and Hemre, G. 2005. Nutrition utilization in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed increased level of fish protein hydrolysate during a period of fast growth. Aquaculture. Nutr. 11: 301-313.
16.Hubbell, S.P. 1971. Sowbugs and systems: the ecological bioenergetics of a terrestrial isopod. In: Systems Analysis and Simulation in Ecology (ed. B.C. Patten), Academic Press, London, pp. 269– 323.
17.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: 357–363.
18.Jezierska, B., Hazel, J.R. and Gerking, S.D. 1982. Lipid mobilization during starvation in the rainbow trout, *Salmo gairdneri*, with attention to fatty acids. J. Fish Biol, 21: 681–692.
19.obing, M., Koskela, J. and Winberg, S. 1999. Feeding and growth of whitefish fed restricted and abundant rations: influences on growth heterogeneity and brain serotonergitic activity. J.F. Biol. 54: 437–449.
20.Jobling, M. and Koskela, J. 1996. Interindividual variations in feeding and growth in rainbow trout during restricted feeding and in a subsequent period of compensatory growth. J.F. Biol. 49: 658–667.
21.Jobling, M., Meloy, O.H., Dos Santos, J. and Christiansen, B. 1994. The compensatory growth response of the Atlantic cod: effects of nutritional history. Aquaculture Inter. 2: 75–90.
22.Johnsson, J.I. and Bohlin, T. 2006. The cost of catching up: increased winter mortality following structural growth compensation in the wild. Proc. R. Soc. B 273: 1281-1286.
23.Känkänen, M., and Pirhonen, J. 2009. The effect of intermittent feeding on feed intake and compensatory growth of whitefish *Coregonus lavaretus* Aquaculture. 288: 92–97.
24.Lee, S. and Kim, K. 2005. Effect of various levels of lipid exchanged with dextrin at different protein level in diet on growth and body composition of juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. Aquaculture. Nutr. 11: 435-442.
25.Maclean, A. and Metcalfe, N.B. 2001. Social status, access to food, and compensatory growth in juvenile Atlantic salmon. J.F. Biol. 58: 1331–1346.
26.Nikki, J., Pirhonen, J., Jobling, M. and Karjalainen, J. 2004. Compensatory growth in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, held individually. Aquaculture. 235: 285-296.

27.Palmeri, G., Turchini, G.M. and Desilva, S.S. 2009. Short-term food deprivation does not improve the efficacy of a fish oil finishing strategy in Murray cod. Aquaculture. Nutr. 15: 657–666.
28.Pastoureaud, A. 1991. Influence of starvation at low temperatures on utilization of energy reserves, appetite recovery and growth character in sea bass, *Dicentrarchus labrax*. Aquaculture. 99: 167–178.
29.Paul, A.J., Paul, J.M., Smith, R.L. 1995. Compensatory growth in Alaska yellowfin sole, *Pleuronectes asper*, following food deprivation. J.F. Biol. 46: 442–448.
30.Qian, X., Cui, Y., Xiong, B. and Yang, Y. 2000. Compensatory growth, feed utilization and activity in *gibel carp*, following feed deprivation. J.F. Biol. 56: 228-232.
31.Regost, C., Arzel, J., Cardinal, M., Laroche, M. and Kaushik, S.J. 2001. Fat deposition and flesh quality in seawater reared, triploid brown trout (*Salmo trutta*) as affected by dietary fat levels and starvation. Aquaculture. 193: 325–345.
32.Ricker, W.E. 1979. Growth rate and models. In. Hoar, WH., Randball, DL, Brent, I.R. (Eds), and Fish Physiology. Vol. VIII. Academic press. Orlando, Fl, Pp.677-737.
33.Russell, N.P. and Wootton, R.J. 1992. Appetite and growth compensation in the European minnow, *Phoxinus phoxinus* following short periods of food restriction. Environ. Biol. Fish. 34: 277–285.
34.Wang, Y., Cui, Y., Yang, Y. and Cai, F. 2005. Partial compensatory growth in hybrid tilapia *Oreochromis mossambicus*×*O. niloticus* following food deprivation. J. Appl. Ichthyol. 21: 389–393.
35.Weatherley, A.H. and Gill, H.S. 1987. The Biology of Fish Growth. Academic Press, London, 443 pp.
36.Weatherley, A.H. and Gill, H.S. 1981. Recovery growth following periods of restricted rations and starvation in rainbow trout *Salmo gairdneri*. J. Fish. Biol. 18: 195-208.
37.Yong O.H.S., Noh, C., Kang, R., kim, C., Cho, S. and Jo, J. 2008. Compensatory growth and body composition of juvenile black rockfish *Sebastes schlegeli* following feed deprivation. Fisheries Sci. 74: 846–852.
38. Zhang, X.D., Wu, T.X., Cai, L.S. and Zhu, Y.F. 2007. Influence of fasting on muscle composition and antioxidant defenses of market size *Sparus macrocephalus*. J. Zhejiang. Univ. Sci. B, 8, 906–911.
39.Zhu, X., Xie, S,. Lei, W., Cui, Y., Yang, Y. and Wootton, R.J. 2005. Compensatory growth in the Chinese longsnout catfish, *Leiocassislongirostris* following feed deprivation: temporal patterns in growth, nutrient deposition, feed intake and body composition. Aquaculture. 248: 307–314.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Utilization and Cultivation of Aquatics, Vol. 2(1), 2013
http://japu.gau.ac.ir

Effects of feeding and starvation periods on compensatory growth, feed efficiency and body composition of rainbow trout larvae in the salt water

H. Adineh[1], H. Jafaryan[2], M. Farhangi[3] and J. Sahandi[4]

[1]M.Sc. Engineering-reproduction and Cultivation of Aquatic animal, Gonbad Kavous University, [2]Assistant Prof., Dept., of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, [3]Lecturer, Dept., of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, [4]M.Sc. Dept., of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University

Received: 02/01/2012 ; Accepted: 09/09/2012

Abstract

Compensatory growth, feed efficiency and body composition of rainbow trout larvae (mean weight 300±10 mg) were investigated for 40 days with three feeding conditions: one group control (fed every day) and the other two groups as 5+2 (fed 5 days, staved 2 days) and 2+2 (fed 2 days, starved 2 days). The trout larvae were feed on 10 percentage of their body weight. At the end of the experiment changes in growth parameters, feed performance and body composition were evaluated. These results indicate that reduced significant were found in growth parameter between the deprived and control fish during experiment ($P<0.05$). Body weight increased (BWI) was significantly higher in control treatment than in experiment treatments. No differences of condition factor (CF) in between two starvation treatments compensated with control. Average feed conversion ratios were between 1.32 and 2.42. The amounts of PER, LER and EER in control treatment were significantly promoted in comparison with experimental treatments ($p<0.05$). In the termination of the experiment, the whole body samples of fish larvae were body composition analyzed. The result indicate that short term starvation significantly decreased levels of crude protein in experiment treatments in comparison with control treatment ($p<0.05$). Average protein crude was between 60.99 to 72.54%. Overall, the result showed that alternative feeding due to particle compensatory growth in rainbow trout larvae.

Keywords: Compensatory growth, Feed efficiency, Intermittent feeding, Body composition, Rainbow trout larvae.

* Corresponding author; Email: Adineh.h@gmail.com