تغـذیه آبزیـان
سال سوم، شماره اول،
بهار و تابستان ۱۳۹۶

تأثیر سطوح مختلف محدودیت غذایی بر عملکرد رشد، کارایی تغذیه و ترکیبات شیمیایی بدن لارو ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) پرورش یافته در دو محیط آبی

حسین آدینه[1*]، حجت الله جعفریان[1]، مهدی سلطانی[2]، محمد فرهنگی[1]، سمیرا جعفریان[1]
۱- گروه شیلات، دانشکده علوم کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، گلستان
۲- گروه بهداشت و بیماری‌های آبزیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، تهران

تاریخ دریافت: ۹۵/۴/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۱۴

چکیده
هدف از این مطالعه، بررسی اثرات دوره‌های کوتاه مدت محرومیت غذایی بر عملکرد رشد، کارایی تغذیه و ترکیبات شیمیایی بدن لارو ماهی قزل‌آلای رنگین کمان پرورش یافته در سطوح شوری ۰/۵ گرم در لیتر (آب شیرین) و ۱/۹۵ گرم در لیتر (لب شور) بود. لاروهای ماهی با میانگین وزن ۱۰ ± ۳۰۰ میلی‌گرم به مدت ۴۰ روز تحت سه رژیم غذایی شامل یک گروه با تغذیه پیوسته (شاهد) و دو گروه دیگر $5_F + 2_S$ و $2_F + 2_S$ (F: تغذیه و S: گرسنگی) قرار گرفتند. نتایج عملکرد رشد نشان داد که تفاوت معنی‌دار آماری بین تیمارهای مختلف وجود دارد ($P<0/05$). بیشترین وزن نهایی در تیمار شاهد با تغذیه مستمر (۲۳/۱۳ ± ۱۹۳۵/۴۷میلی‌گرم) به دست آمد. نتایج نشان داد که نسبت کارایی پروتئین، چربی و انرژی لاشه به طور معنی‌داری در تیمار شاهد در مقایسه با تیمارهای آزمایشی ارتقاء یافته است ($P<0/05$). بیشترین میزان نسبت کارایی پروتئین، چربی و انرژی در تیمار شاهد به ترتیب ۱/۷۰، ۵/۲۶ و ۰/۵۶ بود. در پایان آزمایش، آنالیز ترکیبات بیوشیمیایی بدن انجام شد. بیشترین میزان پروتئین خام در تیمار شاهد به میزان ۷۴/۶۵٪ و کمترین آن در تیمار $2_F + 2_S$ به میزان ۵۹/۷۲٪ به دست آمد. نتایج نشان داد محرومیت غذایی در مرحله لاروی پرورش، اثر منفی بر عملکرد رشد و ترکیبات بدن دارد.

کلمات کلیدی: لارو ماهی قزل‌آلا، محرومیت غذایی، شوری آب، رشد، ترکیبات شیمیایی بدن

* نویسنده مسئول: Adineh.h@gmail.com

مقدمه

از مهم‌ترین اهداف فعالیت‌های آبزی‌پروری، کنترل فرآیند رشد و تغذیه است، به طوری که عوامل مؤثر بر این فرآیند نیز شامل عوامل محیطی (شوری، درجه حرارت، تغذیه و غیره) و عوامل زیستی (اندازه ماهی، تراکم ماهی، میزان فعالیت ماهی و غیره) است (Jobling et al. 1994). به خاطر تغییرات دسترسی به غذا در روش‌های آبزی‌پروری، ممکن است درجه تحمل ماهیان به گرسنگی در دوره رشد و رویش و عمدتاً در میزان رشد متفاوت باشد (Cavalli et al. 1997). رشد جبرانی یک مرحله رشد سریع به دنبال محدودیت غذایی می‌باشد که در گونه‌های مختلف ماهیان گرم‌آبی و سردآبی وجود دارد (Hayward et al. 1997). بیشتر موجودات زنده به واسطه محرومیت غذایی به طور جزئی و یا کلی، رشد سریعی در زمان رفع گرسنگی، نسبت به آنهایی که به طور مداوم در طول مدت زندگی خویش تغذیه شده بودند، از خود نشان می‌دهند. مطالعات نشان داده است که تناوب غذایی و استفاده از محرومیت کوتاه‌مدت غذایی، باعث افزایش بهره‌وری غذا (افزایش میزان رشد)، حداقل شدن هدر رفت غذا (Tian and Qin, 2003)، افزایش کارآیی تبدیل غذا و کاهش زمان تولید شده است. بنابراین، از این توان بالقوه می‌توان برای کاهش هزینه غذا در مدیریت تولید تجاری ماهی استفاده کرد (Hayward et al. 1997; Wang et al. 2005). بر اساس گزارش‌های برخی محققان، ماهیانی که هر چند روز یک بار تحت محرومیت غذایی قرار می‌گیرند، نسبت به آنهایی که به صورت پیوسته همه روزه غذادهی می‌شوند، دارای رشد جبرانی هستند (Hayward et al. 1997; Nikki et al. 2004; Yong et al. 2008). Boujard و همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند که وزن‌گیری در دوره غذادهی مجدد به طور مثبت تحت تأثیر پیشینه تغذیه‌ای حیوان است. ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان با سه هفته گرسنگی و سه هفته غذادهی (۳ : ۳) همانند ماهیان گروه شاهد رفتار کردند و عملکرد آنها از الگوهای ۱ : ۱ (یک هفته گرسنگی و یک هفته سیری) و ۲ : ۲ (دو هفته گرسنگی و دو هفته غذادهی) بهتر بود (Boujard et al. 2000).

کیفیت آب محیط پرورشی، عامل تعیین کننده مهم فیزیولوژیک برای ماهی است که بر روی رشد تأثیر می‌گذارد. شوری آب می‌تواند مقدار انرژی قابل دسترس برای رشد ماهیان را به‌وسیله تغییرات انرژتیک یونی و تنظیم فشار اسمزی تغییر دهد. به‌هرحال، ارتباط بین شوری و رشد پیچیده است و نیاز به مطالعه دارد. میزان سطح مطلوب شوری برای رشد، بقا و کارآیی تغذیه برای اغلب گونه‌های ماهیان متفاوت است (Ruscoe et al. 2004). برای مثال، درارتباط با یکی از سویه‌های آب شیرین ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، نرخ رشد در آب شیرین و آب لب‌شور با سطح شوری ۹ گرم در لیتر شبیه به هم بود، در حالی که میزان رشد در همین ماهی در شوری ۱۸ گرم در لیتر بالا بود و نسبت به شوری پائین‌تر اختلاف معنی‌داری از خود نشان داد. نتایج تحقیق جعفریان (۱۳۸۸) نشان داد که ماهی قزل‌آلای رنگین کمان جوان در آب لب‌شور (۲/۹۵ گرم در لیتر)، در مقایسه با آب شیرین (۰/۵۷ گرم در لیتر) از قابلیت رشد خوبی برخوردار بوده و عملکرد رشد این ماهی در آب لب‌شور بیشتر است. در گزارشی دیگر، McKee و Wolf (۱۹۷۱) نشان دادند که ماهی قزل‌آلای رنگین کمان قابلیت تحمل شوری ۳۵ گرم در لیتر را دارد. هدف از این مطالعه، بررسی اثرات سطوح مختلف محرومیت غذایی بر عملکرد رشد، کارایی تغذیه و ترکیبات بدن لارو ماهی قزل‌آلای رنگین کمان پرورش یافته در دو سطح شوری بود.

مواد و روش ها

لاروهای آزمایشی

لارو ماهی قزل‌آلای رنگین کمان با میانگین وزنی ۳۰۰ میلی‌گرم (تعداد ۲۰۰۰ قطعه) پس از عملیات رقم‌بندی از کارگاه مهندس ضمیری واقع در منطقه زرین گل شهرستان علی آباد کتول تهیه و توسط نایلون پلاستیکی طبق استاندارد ۱ آب به ۳ هوا و ۲ آب به ۳ هوا به آزمایشگاه گنبد کاووس انتقال داده شدند. لاروها پس از یک هفته مرحله سازگاری با محلول نمک ۲٪ حمام کوتاه مدت شده و به مدت ۳-۲ دقیقه ضدعفونی و به‌طور تصادفی در ۶ تیمار که هر یک دارای ۴ تکرار بود، توزیع شدند. آزمایش در قالب یک طرح کاملاً تصادفی، به مدت ۴۰ روز انجام شد.

محیط پرورش

لاروهای ماهی در دو محیط آبی با سطوح ۰/۵ (آب شیرین) و ۱/۹۵ گرم در لیتر (آب لب شور) پرورش یافتند. آب شیرین مورد استفاده در این آزمایش برای پرورش لاروها از آب شرب شهری تهیه و پس از ذخیره‌سازی در مخازن ۴۰۰ لیتری، توسط تیوسولفات سدیم با هوادهی به مدت ۲۴ ساعت کلرزدایی شد. آب لب‌شور نیز از طریق آب زیرزمینی (چاه) تهیه و در مخازن با حجم آبگیری ۴۰۰ لیتری ذخیره‌سازی و پس از کنترل و سنجش برخی از فاکتورهای فیزیکوشیمیایی در طول دوره آزمایش، در بین تیمارهای آزمایشی توزیع شد (جدول ۱).

جدول ۱- مشخصات فیزیکوشیمیایی آب مورد استفاده برای پرورش لارو ماهی قزل‌آلای رنگین کمان.

خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب	شوری	
	آب شیرین (۰/۵۰ گرم در لیتر)	آب لب‌شور (۱/۹۵ گرم در لیتر)
شوری (گرم در لیتر)	۰/۵ ± ۰/۰۸	۱/۹۵ ± ۰/۱۵
قابلیت انتقال الکترون (میکروموس بر سانتی‌متر)	۸۲۹/۹۲ ± ۱۰/۳۴	۳۴۱۹/۴ ± ۲۰/۲۶
دما (درجه سانتی‌گراد)	۱۸/۲ ± ۱/۱۴	۱۸/۲ ± ۱/۱۴
اکسیژن محلول (میلی‌گرم در لیتر)	۸/۰ ± ۲/۲۳	۸/۰ ± ۱/۵۶
اسیدیته (pH)	۷/۴ ± ۰/۱۵	۷/۶ ± ۰/۳۴
سختی کل (میلی‌گرم در لیتر)	۳۰۰/۷۶ ± ۴۵/۲۵	۱۱۲۰/۱۲ ± ۵۴/۱۵

تغذیه لارو ماهیان

در این تحقیق، لاروهای ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در سه نوع آب با سطوح مختلف شوری با مدل‌های مختلف غذادهی شدند که عبارتند از تیمار تغذیه‌ای مستمر (تغذیه همه روزه)، تیمار $5_F + 2_S$ (پنج روز تغذیه + دو روز گرسنگی) و تیمار $2_F + 2_S$ (دو روز تغذیه + دو روز گرسنگی). تغذیه لاروهای ماهی در طی دوره آزمایش، روزانه در ۴ نوبت در شبانه‌روز (ساعات ۰۴:۰۰، ۱۲:۰۰، ۱۸:۰۰ و ۲۴:۰۰) از غذای پودری لارو ماهی قزل‌آلا ساخت شرکت بیومار فرانسه با مقدار پروتئین ۵۴٪، چربی ۱۸٪، انرژی قابل هضم ۴۵۰۰ کالری بر گرم، رطوبت ۱۰٪ انجام شد. نرخ تغذیه روزانه برای لاروهای مورد آزمایش به میزان ۱۰٪ وزن بدن بود. غذای باقیمانده نیم ساعت پس از هر نوبت غذادهی توسط میکروپیپت جمع‌آوری شده و پس از خشک کردن از کل غذای داده شده کسر می‌شد.

معیارهای رشد و تغذیه

برای بررسی وضعیت رشد ماهیان، به دست آوردن بیوماس لاروهای ماهی و محاسبه غذای روزانه در طول دوره آزمایش، به فاصله هر هفته تعداد ۱۰ قطعه از لاروهای ماهی به طور تصادفی از هر حوضچه نمونه‌برداری و پس از بیهوش‌سازی در عصاره پودر گل میخک (۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) میانگین طول و وزن آنها با استفاده از کولیس با دقت یک میلی‌متر و ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. در انتهای دوره آزمایش، معیارهای مورد نظر مانند نرخ رشد ویژه وزن (SGR) = [لگاریتم طبیعی وزن نهایی ماهی (گرم)- لگاریتم طبیعی وزن اولیه ماهی (گرم)/ طول دوره آزمایش] × ۱۰۰؛ ضریب چاقی (CF) = [وزن نهایی ماهی (گرم)/ توان سوم طول کل ماهی (سانتی‌متر)] × ۱۰۰؛ ضریب تبدیل غذایی (FCR) = وزن به‌دست‌آمده (گرم)/ غذای خورده شده (گرم)؛ کارآیی تبدیل غذا (FCE) = [غذای خورده شده (گرم) / وزن به‌دست‌آمده (گرم)] × ۱۰۰؛ نسبت کارآیی پروتئین (PER) = پروتئین خورده شده (گرم) / وزن به‌دست‌آمده (گرم)؛ نسبت کارآیی چربی (LER) = چربی خورده شده (گرم) / وزن به‌دست‌آمده (گرم)؛ نسبت کارآیی انرژی (EER) = انرژی خورده شده (ژول) / وزن به‌دست‌آمده (گرم) سنجش شد.

آنالیز ترکیبات شیمیایی بدن

به منظور تعیین تقریبی ترکیبات شیمیایی لاشه، لاروهای ماهی به تعداد ۵۰ قطعه در ابتدا و ۲۰ قطعه از هر تکرار در انتهای دوره آزمایش، نمونه‌برداری و پس از انجماد در یخزن با دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد به آزمایشگاه مرکز تحقیقات امور دام گرگان انتقال داده شد. در آزمایشگاه تجزیه لاشه و تعیین ترکیبات شیمیایی بدن مطابق با استاندارد AOAC[1] (۱۹۹۰) انجام شد.

آنالیز آماری

این تحقیق با ۶ تیمار آزمایشی و هرکدام با ۴ تکرار در قالب طرح فاکتوریل (۳ × ۲) انجام شد. از آزمون Kolmogorov-Smirnov به منظور بررسی نرمال بودن داده‌ها استفاده شد. داده‌های به دست آمده به کمک آنالیز واریانس یک‌طرفه و با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. همچنین، برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح ۰/۰۵ استفاده شد. از آزمون تجزیه واریانس برای بررسی اثر متقابل تیمارهای مختلف محرومیت غذایی و آب با سطوح شوری مختلف استفاده شد.

نتایج

نتایج آنالیز داده‌های به دست آمده (جدول ۲) نشان داد که بیشترین وزن نهایی در تیمارهای با تغذیه مستمر (شاهد) نسبت به دیگر تیمارها به دست آمد. بیشترین مقدار نرخ رشد ویژه در تیمارهای با تغذیه مستمر در دو محیط آبی و کمترین آن در تیمار $2_F + 2_S$ آب لب‌شور حاصل شد. نتایج نشان داد که بیشترین درصد ضریب چاقی در تیمار $5_F + 2_S$ (۰/۰۵ ± ۲/۰۶٪) در آب لب‌شور به دست آمد.

ضریب تبدیل غذایی که یکی از مهم‌ترین شاخص‌های تغذیه‌ای است، در این آزمایش تحت تأثیر شوری و گرسنگی قرار گرفت. به‌طوری‌که با افزایش زمان محرومیت غذایی و همچنین با افزایش شوری آب محیط پرورش، افزایش یافت. کارآیی تبدیل غذا در بین تیمارهای تناوب گرسنگی و همچنین بین سطوح مختلف شوری آب از اختلاف معنی‌دار برخوردار بود (P<۰/۰۵)، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین به ترتیب مربوط به تیمار شاهد آب شیرین (۰/۹۹ ± ۸۳٪/۵۰) و $2_F + 2_S$ آب لب‌شور (۱/۶۰ ± ۴۵/۵۳٪) بود. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که نسبت کارآیی پروتئین در تیمار آب شیرین به بیشترین میزان معادل ۰/۰۲ ± ۱/۷۰ رسید و این معیار در تیمار آب لب‌شور به کمترین مقدار معادل ۰/۰۳ ± ۰/۹۳ کاهش یافت. بین تیمارهای تغذیه‌ای و همچنین، بین آب با سطوح مختلف شوری اختلاف معنی‌داری از نظر نسبت کارآیی چربی و انرژی وجود داشت (P<۰/۰۵).

ترکیبات بیوشیمیایی بدن ماهی قزل‌آلا در جدول ۳ آورده شده است. پروتئین خام لاشه ماهیان در تیمارهای مختلف تناوب غذایی در دو محیط آبی از تفاوت آماری معنی‌دار برخوردار بود (P<۰/۰۵)، به طوری‌که بیشترین میزان پروتئین خام در تیمار تغذیه مستمر آب لب‌شور (۰/۳۳ ± ۷۴/۶۵٪) و کمترین آن در تیمار $2_F + 2_S$ آب شیرین (۲/۱۲ ± ۵۹/۷۲٪) بود. نتایج به دست آمده از آنالیز لاشه نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف آزمایشی (محرومیت غذایی در سطوح مختلف شوری) وجود دارد (P<۰/۰۵). بر این اساس بیشترین میزان چربی خام (۰/۵۶ ± ۱۲/۳۹٪) مربوط به تیمار تغذیه مستمر و کمترین آن (۰/۴۴ ± ۶/۲۶٪) مربوط به تیمار $5_F + 2_S$ در آب شیرین است. تفاوت آماری معنی‌داری از نظر میزان انرژی خام، ماده خشک، رطوبت، خاکستر، کلسیم و فسفر بین تیمارهای مختلف آزمایشی مشاهده شد (P>۰/۰۵) (جدول ۳).

[1] Association of Official Analytical Chemists

جدول ۲- مقایسه میانگین (±انحراف معیار) برخی معیارهای رشد و تغذیه لارو ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در دو محیط آبی و تاثیر متقابل آنها.

	آب شیرین			آب لب‌شور			آب	غذادهی	اثر متقابل آب × غذادهی
	تغذیه مستمر (شاهد)	$۵_{F}+۲_{S}$	$۲_{F}+۲_{S}$	تغذیه مستمر (شاهد)	$۵_{F}+۲_{S}$	$۲_{F}+۲_{S}$			
وزن نهایی (میلی‌گرم)	۱۹۳۵/۴۷ ± ۲۳ /۱۳^{a}	۱۶۳۸/۶۶ ± ۴۰/۲۳^{b}	۱۲۴۹/۱۴ ± ۲۱/۵۱^{b}	۱۹۱۱/۹۲ ± ۹۶/۸۱^{a}	۱۵۰۷/۷۵ ± ۲۱/۸۰^{c}	۱۰۶۱/۲۲ ± ۳۷/۴۲^{e}	S	S	NS
نرخ رشد ویژه (روز/٪)	۴/۶۶ ± ۰/۰۲^{a}	۴/۲۴ ± ۰/۰۶^{b}	۳/۵۶ ± ۰/۰۴^{d}	۴/۶۲ ± ۰/۰۲^{a}	۴/۰۳ ± ۰/۰۳^{c}	۳/۱۵ ± ۰/۰۸^{e}	S	S	S
ضریب چاقی	۱/۷۹ ± ۰/۰۲^{d}	۱/۹۴ ± ۰/۰۴^{bc}	۱/۹۲ ± ۰/۰۵^{c}	۲/۰۰ ± ۰/۰۳^{ab}	۲/۰۶ ± ۰/۰۵^{a}	۱/۷۸ ± ۰/۰۳^{d}	NS	S	S
ضریب تبدیل غذایی	۱/۲۰ ± ۰/۰۱^{e}	۱/۴۲ ۰±/۰۳^{d}	۱/۸۶ ± ۰/۰۳^{b}	۱/۲۲ ± ۰/۰۵^{e}	۱/۵۴ ± ۰/۰۲^{c}	۲/۱۹ ± ۰/۰۷^{a}	S	S	S
کارایی غذا (٪)	۸۳/۵۰ ± ۰/۹۹^{a}	۷۰/۳۱ ± ۱/۷۲^{b}	۵۳/۶۰ ± ۰/۹۳^{d}	۸۲/۰۴ ± ۱/۱۵^{a}	۶۴/۶۹ ± ۱/۰۳^{c}	۴۵/۵۳ ± ۱/۶۰^{e}	S	S	NS
نسبت کارایی پروتئین	۱/۷۰ ± ۰/۰۲^{a}	۱/۴۴ ± ۰/۰۳^{b}	۱/۰۱ ± ۰/۰۱^{d}	۱/۶۸ ± ۰/۰۸^{a}	۱/۳۳ ± ۰/۰۲^{c}	۰/۹۳ ± ۰/۰۳^{e}	S	S	NS
نسبت کارایی چربی	۵/۲۶ ± ۰/۰۶^{a}	۴/۳۴ ± ۰/۱۰^{b}	۳/۳۰ ± ۰/۰۵^{d}	۵/۰۶ ± ۰/۲۵^{a}	۳/۹۹ ± ۰/۰۶^{c}	۲/۸۱ ± ۰/۰۹^{e}	S	S	NS
نسبت کارایی انرژی	۰/۴۴ ± ۰/۲۶^{ab}	۰/۴۸ ± ۰/۰۱^{ab}	۰/۳۶ ± ۰/۰۶^{b}	۰/۵۶ ± ۰/۰۲^{a}	۰/۴۴ ± ۰/۰۷^{ab}	۰/۳۱ ± ۰/۰۱^{b}	NS	S	NS

در هر ردیف اعدادی که دارای حروف غیرمشابه هستند، از نظر آماری اختلاف معنی‌دار دارند ($P<۰/۰۵$) ($n=۲۰$)

Non-Significant (NS): اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت. Significant (S): اختلاف آماری معنی‌دار وجود داشت.

جدول ۳- مقایسه میانگین (±انحراف معیار) ترکیبات شیمیایی بدن لارو ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در دو محیط آبی و تاثیر متقابل آنها.

	آب شیرین			آب لب‌شور			آب	غذادهی	اثر متقابل آب × غذادهی
	تغذیه مستمر (شاهد)	5_F+2_S	2_F+2_S	تغذیه مستمر (شاهد)	5_F+2_S	2_F+2_S			
پروتئین خام (٪)	۷۳/۷۱ ± ۰/۷۸^{a}	۶۳/۹۵ ± ۰/۶۸^{b}	۵۹/۷۲ ± ۲/۱۲^{c}	۷۴/۶۵ ± ۰/۳۳^{a}	۶۲/۹۸ ± ۲/۴۴^{bc}	۶۰/۸۴ ± ۲/۸۵^{bc}	NS	S	NS
چربی خام (٪)	۱۲/۳۹ ± ۰/۵۶^{b}	۲۶/۶ ± ۰/۴۴^{a}	۶/۸۰ ± ۰/۷^{d}	۱۱/۹۱ ± ۰/۲۶^{b}	۹/۲۷ ± ۰/۵۹^{c}	۱۰/۷۲ ± ۰/۷۵^{bc}	S	S	S
انرژی خام (کالری/گرم)	۴۵۵۵/۳۲ ± ۸۰/۳۰^{ab}	۴۴۱۱/۲۴ ± ۶۱/۳۸^{b}	۴۴۳۶/۲۰ ± ۵۰/۵۵^{b}	۴۶۰۶/۱۴ ± ۹۰/۷۸^{a}	۴۵۶۶/۴۱ ± ۴۱/۰۳^{ab}	۴۴۰۰/۰۵ ± ۸۱/۵۸^{b}	S	S	S
ماده خشک (٪)	۲۶/۰۴ ± ۳/۲۳^{ab}	۲۱/۶۷ ± ۱/۵۲^{c}	۲۲/۲۵ ± ۱/۴۸^{c}	۲۸/۶۹ ± ۰/۲۲^{a}	۲۲/۸۹ ± ۱/۵۷^{bc}	۲۳/۰۳ ± ۰/۵۵^{bc}	NS	S	NS
رطوبت (٪)	۷۳/۹۶ ± ۳/۲۳^{bc}	۷۸/۳۲ ± ۱/۵۲^{a}	۷۷/۷۴ ± ۱/۴۸^{a}	۷۱/۳۰ ± ۰/۲۲^{c}	۷۱/۱۱ ± ۱/۵۷^{c}	۷۶/۹۷ ± ۰/۵۵^{ab}	NS	S	NS
خاکستر (٪)	۱۲/۱۱ ± ۰/۵۶^{ab}	۱۱/۵۱ ± ۱/۰۲^{b}	۱۰/۶۲ ± ۱/۲۱^{b}	۱۴/۱۹ ± ۰/۷۳^{a}	۱۰/۸۲ ± ۲/۲۳^{b}	۱۱/۰۶ ± ۱/۰۷^{b}	NS	S	S
کلسیم (٪)	۳/۵۲ ± ۰/۲۲^{ab}	۳/۲۱ ± ۰/۱۵^{b}	۳/۳۱ ± ۰/۱۳^{ab}	۳/۶۳ ± ۰/۱۱^{a}	۳/۲۸ ± ۰/۳۰^{ab}	۳/۲۷ ± ۰/۱۷^{ab}	S	S	NS
فسفر (٪)	۲/۲۲ ± ۰/۱۳^{b}	۱/۷۵ ± ۰/۰۶^{c}	۱/۷۵ ± ۰/۰۶^{c}	۲/۵۱ ± ۰/۰۸^{a}	۱/۶۴ ± ۰/۲۸^{c}	۱/۶۷ ± ۰/۰۸^{c}	NS	S	NS

در هر ردیف اعدادی که دارای حروف غیرمشابه هستند، از نظر آماری اختلاف معنی‌دار دارند ($P<۰/۰۵$) ($n=۲۰$).

Non-Significant (NS): اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت. Significant (S): اختلاف آماری معنی‌دار وجود داشت.

بحث

ماهیان زمانی که در یک محیط آبی به‌طور دائم زندگی می‌کنند، تحت تأثیر عوامل محیطی دچار تغییرات ظاهری و بافتی بدن (ترکیبات شیمیایی) می‌شوند (Weatherley and Gill, 1987). تغییرات ظاهری بدن شامل تغییرات طولی، وزنی و توده بدن است، در حالی که تغییرات بافتی بدن شامل تغییرات سطوح پروتئین خام، چربی خام و یا دیگر ترکیبات شیمیایی بدن است (Ali et al. 2005). موضوع گرسنگی ماهی باعث آشکار شدن رشد جبرانی و در نتیجه، بهبود معیارهای تغذیه‌ای در طول مدت تغذیه مجدد می‌شود. در ارتباط با رشد جبرانی، Wang و همکاران سال (۲۰۰۰) گزارش دادند که وزن تیلاپیای هیبریدی بعد از گرسنگی به مدت ۱، ۲ و ۴ هفته به ترتیب ۷۱، ۴۸ و ۲۶٪ نسبت به تیمار شاهد بوده است. این نتایج مبین آن است که با افزایش طول مدت گرسنگی، ماهی نمی‌تواند به مسیر اصلی رشد خود برگردد. بررسی ۱۰ هفته تناوب گرسنگی و سیری ماهی قزل‌آلای رنگین کمان با وزن ۰/۰۷ ± ۸/۴۶ گرم نشان داد که ماهیانی که تحت ۱ و ۲ روز گرسنگی در طی یک هفته بودند، نسبت به تیمار شاهد با تغذیه مستمر از جبران بالایی برخوردار بوده و تیمار ۳ روز گرسنگی در هفته دارای رشد جبرانی جزئی هستند (Taşbozan et al. 2016). به طور عمومی، آخرین زمان رشد جبران بعد از شروع مجدد تغذیه بوده و وابستگی مختلفی با نوع گونه آزمایشی دارد (Yong et al. 2008). همچنین، به نظر می‌رسد مکانیسم جبران متأثر از شرایط مکانی آزمایش است (Känkänen and Pirhonen, 2009). نرخ رشد ویژه لاروهای ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در تحقیق حاضر در مقایسه با نتایج به دست آمده توسط Koskela و همکاران (۱۹۹۷) در میزان بالاتری قرار داشت. یافته‌های این تحقیقات نشان داد که در موافقت با نتایج تحقیق Känkänen و Pirhonen در سال ۲۰۰۹ است. آنها با استفاده از دستورالعمل غذایی (تغذیه مستمر، ۲ + ۵ و ۲ + ۲) برای ماهی سفید دریافتند که بیشترین میزان نرخ رشد ویژه مربوط به تیمارهای غذایی تغذیه مستمر (۲/۲۲) و کمترین آن مربوط به تیمار تغذیه‌ای ۲ + ۲ (۱/۸۳) است. با توجه به نتایج به دست آمده، مشاهده می‌شود که سطوح مختلف شوری و دوره گرسنگی کوتاه مدت بر روی ضریب چاقی لاروها اثرات متفاوت معنی‌داری داشته و بهترین تیمار آزمایشی در این خصوص نیز تیمارهای تغذیه مستمر و ۲S + ۵F (به ترتیب ۲/۰۰ و ۲/۰۶٪) در آب لب‌شور هستند. در مغایرت با نتایج این تحقیق، Känkänen و Pirhonen (۲۰۰۹) نشان دادند که در تیمارهای تغذیه‌ای (تغذیه مستمر، ۲ + ۵ و ۲ + ۲) از نظر فاکتور وضعیت، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت و مقدار ضریب چاقی به دست آمده به ترتیب ۱/۲۶٪، ۱/۲۴٪ و ۱/۲۳٪ بود. اگرچه فرآیند غذادهی در تحقیق Känkänen و Pirhonen (۲۰۰۹) و تحقیق حاضر یکی است، ولی گونه ماهی و همچنین، شرایط محیطی از عوامل بسیار مهم این دو مطالعه‌اند که این امر باعث شده است تا نتایج کاملاً مشابه به دست نیاید. Mohanty در سال ۲۰۱۵ با بررسی تأثیر محرومیت غذایی بر عملکرد رشد جبرانی کپور هندی در یک تشکیلات پلی‌کالچر گزارش داد که بهترین کارآیی رشد، کمترین میزان غذای مصرفی و در نتیجه، بالاترین کارآیی تولید، با کمترین میزان تعویض آب در تیمار ۲ روز محرومیت غذایی پس از ۸ روز تغذیه مستمر در مقایسه با تیمار شاهد به دست آمده است. Palmeri و همکاران در سال ۲۰۰۹ در تحقیقی که بر روی دو گروه ماهی *Maccullochella peelii peelii* تغذیه شده با تنها روغن ماهی و استفاده از روغن ماهی همراه با به‌کارگیری محرومیت غذایی (صفر، ۵، ۱۰ و ۱۵ روز) به مدت ۹۰ روز انجام دادند، گزارش کردند که با افزایش محرومیت غذایی، میزان ضریب تبدیل غذایی افزایش می‌یابد. Quinton و Blake (۱۹۹۰) در تحقیقات خود مشخص کردند که صرفه‌جویی در میزان غذای مصرفی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان با محرومیت غذایی ۳ : ۳ (سه هفته غذادهی و سه هفته گرسنگی) در پایان هفته ۱۲ از نظر وزنی با ماهیان تیمار شاهد اختلاف وزنی نداشتند، ولی حدود ۲/۵ برابر کمتر از آنها از غذا استفاده کرده بودند. در همین ارتباط، در این تحقیق با افزایش محرومیت غذایی (تیمار ۲S + ۲F) و هم‌چنین با افزایش سطح شوری آب (آب لب‌شور) میزان کارآیی تبدیل غذا به کمترین حد در مقایسه با تیمار شاهد رسید. مطابق با این یافته‌ها، Guzel و Arvas (۲۰۱۱) دریافتند که ۲ روز گرسنگی در هفته باعث می‌شود تا کارآیی رشد منفی در ماهی قزل‌آلای رنگین کمان با میانگین وزنی ۰/۴۰ ± ۱۰/۴۴ گرم مشاهده شود. کارایی تبدیل چربی و انرژی در تیمارهای

آزمایشی تفاوت معنی‌داری را نشان داد. ماهی قزل‌آلای قهوه‌ای با سن ۳ الی ۴ ماهه، نشان داد در شوری ۹ گرم در لیتر بیشترین کارآیی تبدیل غذا را دارد (Altinok and Grizzel, 2004)، در حالی که در مقابل این گونه‌های یوری هالین، گونه‌های استنوهالین نظیر گربه ماهی نهری و ماهی قرمز و کپور معمولی تنها دامنه شوری پائین را می‌توانند تحمل کنند. بنابراین، بیشترین میزان جذب انرژی و کارآیی تبدیل رشد را در آب شیرین از خود نشان دادند (Allen and Avault, 1970). در همین راستا، بررسی درصد کارآیی تبدیل غذا در ماهی آزاد اقیانوس اطلس مشخص کرد که با افزایش محرومیت غذایی در آب شور (آب دریا) به ترتیب ۰/۶۴، ۰/۸۱، ۱/۱۵ و ۱/۳۷ بین ۴ تا ۶ هفته گرسنگی در تیمارهای با میزان غذای ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰٪ به دست می‌آید (Stefansson et al. 2009). Taşbozan و همکاران (۲۰۱۶) گزارش دادند که ۱ روز گرسنگی در هفته باعث افزایش کارآیی رشد (وزن نهایی، نرخ رشد ویژه، میانگین رشد ویژه) و افزایش پروتئین و چربی بدن شده است، در حالی که در این تحقیق گرسنگی باعث کاهش کارآیی رشد و کاهش پروتئین و چربی بدن شده است.

محیط آبی می‌تواند بر روی ترکیبات شیمیایی بافت بدن مانند پروتئین خام، چربی خام و یا دیگر ترکیبات شیمیایی تأثیرگذار باشد (Ali et al. 2005). در بین ترکیبات شیمیایی بدن، میزان پروتئین خام یکی از مهم‌ترین عوامل مهم برای نشان دادن سلامتی ماهی است (Weatherley and Gill, 1987). در مطالعه حاضر به‌طور کلی میزان پروتئین خام و چربی خام لاشه لارو ماهیان در تیمارهای تحت محرومیت غذایی $5_F + 2_S$ و $2_F + 2_S$ نسبت به تیمار شاهد با تغذیه مستمر در آب شیرین و لب‌شور به طور معنی‌داری کاهش یافت. در این ارتباط، Yong و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعات خود در خصوص ماهی صخره‌ای سیاه (*Sebastes schlegeli*) که به مدت ۱۴ روز به طول انجامید، دریافتند که تفاوت معنی‌داری بین تیمار شاهد با تیمار ۵ روز گرسنگی (۱۴/۹۵) نداشت، در حالی که با افزایش روزهای گرسنگی به میزان ۱۰ و ۱۴ روز (به ترتیب ۱۴/۲۴ و ۱۳/۴۲)، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی مشاهده شد. این نتایج مبین آن است که ماهیان جوان توانایی تحمل ۵ روز محرومیت غذایی را دارند و در صورت زیاد شدن، این دوره امکان ضعیف شدن و عقب افتادگی مشاهده می‌شود. با وجود این، در آزمایش حاضر به دلیل کوچک بودن ماهی (حساسیت بالا) نتایج قابل قبولی به دست نیامد. Quinton و Blake (۱۹۹۰) بعد از سه هفته گرسنگی، افزایشی نسبی در میزان پروتئین خام و رطوبت لاشه ماهی قزل‌آلا و کاهشی در میزان چربی خام مشاهده کردند که با نتایج بررسی حاضر مشابهت ندارد. این نکته را باید در نظر داشت که آزادماهیان می توانند از بافت‌های ذخیره‌ای در بخش امعاء و احشاء استفاده کنند. البته ذخیره گلیکوژنی کبد نیز حائز اهمیت است (Heide et al. 2006) و ممکن است این تغییرات نتواند از طریق تجزیه لاشه کل بدن (که در این مطالعه به کار رفته) خود را نشان دهد و بهتر است از طریق مطالعه امعاء و احشاء صورت گیرد. Ali و همکاران در سال ۲۰۰۳ گزارش دادند که کاهش فعالیت در دوره تغذیه مجدد می‌تواند بر جبران رشد به دست آمده به وسیله افزایش قابلیت مصرف انرژی برای رشد مؤثر باشد. همسو با این یافته‌ها، در مطالعه حاضر پس از آنالیز لاشه مشخص شد که میزان انرژی لاشه در طی دوره گرسنگی کوتاه مدت به طور معنی‌داری ($P<0/05$) کاهش یافته است. در مطالعه حاضر در بین گروه‌های آزمایشی، میزان رطوبت لاشه اختلاف معنی‌دار چشمگیری نشان نداد. این نتایج مطابق با یافته‌های Wang و همکاران (۲۰۰۵) بود، در حالی که با نتایج Zhu و همکاران (۲۰۰۵) مغایرت داشت. Azodi و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی تیمارهای مختلف تناوب غذایی در مقایسه با تیمار شاهد به مدت ۳۰ روز بر روی قزل‌آلای ۰/۵ ± ۱۷/۵۰ گرمی دریافتند که بین تیمارهای آزمایشی و تیمار شاهد از نظر کارآیی رشد و تغذیه و همچنین ترکیبات لاشه اختلاف آماری معنی‌داری وجود ندارد. بنابراین، جبران کامل به دست آمده و تیمارهای (T1: ۱ روز گرسنگی- ۲ روز سیری)، (T2: ۲روز گرسنگی و ۴ روز سیری) و (T3: ۳ روز گرسنگی و ۱۲ روز سیری) مدل تغذیه‌ای موفق برای بهبود وضعیت اقتصادی مزارع پرورش قزل‌آلاست. از آنجا که مرحله لاروی از حساس‌ترین مراحل زیستی آبزیان محسوب می‌شود، لذا به کارگیری تناوب گرسنگی کوتاه مدت می‌تواند اثرات سوئی بر رشد، کارآیی تغذیه و همچنین ترکیبات بدن ماهیان مورد مطالعه داشته باشد.

منابع

جعفریان، ح. ۱۳۸۸. مقایسه آب لب‌شور و شیرین بر عملکرد رشد و تغذیه در ماهی قزل‌آلای رنگین کمان جوان. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گرگان ۱۶: ۹۸-۸۹.

Ali, M., Iqbal, F., Salam, A., Iram, S., Athar, M. 2005. Comparative study of body composition of different fish species from brackish water pond. International Journal of Environmental Science Technology 2: 229-232.

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

Allen, K.O., Avault, J.W.Jr. 1970. Effects of salinity on growth and survival of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. Proceedings of the Southeastern Association of Game and Fish Commissioners 23: 319-331.

Altinok, I., Grizzel, J.M. 2004. Excretion of ammonia and urea by phylogenetically diverse fish species in low salinities. Aquaculture 238: 499-507.

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

Azodi, M., Ebrahimi, E., Farhadian, O., Mahboobi-Soofiani, N. 2013. Response of rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) to short term starvation periods and re-feeding. World Journal of Fish and Marine Sciences 5: 474-480.

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

Cavalli, L., Chappaz, R., Bouchard, P., Brun, G. 1997. Food availability and growth of the brook trout, *Salvelinus fontinalis* (Mitchill), in a French Alpine lake. Fisheries Management & Ecology 4: 167-177.

Guzel, S., Arvas, A. 2011. Effects of different feeding strategies on the growth of young rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). African Journal of Biotechnology 10: 5048-5052.

Hayward, R.S., Noltie, D.B., Wang, N. 1997. Use of compensatory growth to double hybrid sunfish growth rates. Transactions of the American Fisheries Society 126: 316-322.

Heide, A., Foss, A., Stefansson, S.O., Mayer, I., Norberg, B., Roth, B., Jenssen, M.D., Nortvedt, R., Imsland, A.K. 2006. Compensatory growth and fillet crude composition in juvenile Atlantic halibut: Effects of short term starvation periods and subsequent feeding. Aquaculture 261: 109-117.

Jobling, M., Meloy, O.H., Dos Santos, J., Christiansen, B. 1994. The compensatory growth response of the Atlantic cod: effects of nutritional history. Aquaculture International 2: 75-90.

Känkänen, M., Pirhonen, J. 2009. The effect of intermittent feeding on feed intake and compensatory growth of whitefish *Coregonus lavaretus* L. Aquaculture 288: 92-97.

Koskela, J., Jobling, M., Pirhonen, J. 1997. Influence of the length of the daily feeding period on feed intake and growth of whitefish, *Coregonus lavaretus*. Aquaculture 156: 35-44.

McKee, J.E., Wolf, H.H. 1971. Water Quality Criteria, 2nd Edition, Resources Control Board, Publ. No. 3-A.

Mohanty, R.K. 2015. Effects of feed restriction on compensatory growth performance of Indian major carps in a carp–prawn polyculture system: a response to growth depression. Aquaculture Nutrition 21: 464-473.

Nikki, J., Pirhonen, J., Jobling, M., Karjalainen, J. 2004. Compensatory

growth in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, held individually. Aquaculture. 235: 285-296.

Palmeri, G., Turchini, G.M., Desilva, S.S. 2009. Short- term food deprivation does not improve the efficacy of a fish oil finishing strategy in Murray cod. Aquaculture Nutrition 15: 657- 666.

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

Ruscoe, I.M., Shelley, C.C., Williams, G.R. 2004. The combined effects of temperature and salinity on growth and survival of juvenile mud crabs (*Scylla serrata*). Aquaculture 238: 239-247.

Stefansson, S.O., Imsland, A.K., Handeland, S.O. 2009. Food-deprivation, compensatory growth and hydro-mineral balance in Atlantic salmon (*Salmo salar*) post-smolts in sea water. Aquaculture 290: 243-249.

Taşbozan, O., Emre, Y., Gökçe, M.A., Erbaş, C., Özcan, F., Kıvrak, E. 2016. The effects of different cycles of starvation and re-feeding on growth and body composition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792). Journal of Applied Ichthyology 32: 583-588.

Tian, X., Qin, J.G. 2003. A single phase of food deprivation provoked compensatory growth in barramundi *Lates calcarifer*. Aquaculture 224: 169-179.

Wang, Y., Cui, Y., Yang, Y., Cai, F. 2005. Partial compensatory growth in hybrid tilapia *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus* following food deprivation. Journal of Applied Ichthyology 21: 389-393.

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.

Weatherley, A.H., Gill, H.S. 1987. The Biology of Fish Growth. Academic Press, London. 443p.

Yong, S., Noh, C., Kang, R., Kim, C., Cho, S., Jo, J. 2008. Compensatory growth and body composition of juvenile black rockfish *Sebastes schlegeli* following feed deprivation. Fisheries Science 74: 846-852.

Zhu, X., Xie, S., Lei, W., Cui, Y., Yang, Y., Wootton, R.J. 2005. Compensatory growth in the Chinese long snout catfish, *Leiocassis longirostris* following feed deprivation: temporal patterns in growth, nutrient deposition, feed intake and body composition. Aquaculture 248: 307-314.

Effect of different levels of feed restriction on growth performance and body composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) larvae cultured in two different water circumstances

Hossein Adineh[*1], Hojatolah Jafaryan[1], Mehdi Soltani[2], Mohammad Farhangi[1], Samira Jafaryan[1]

1- Department of Fisheries, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Golestan, Iran

2- Department of Aquatic Animal Health, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tehran, Tehran, Iran

Received 30 June 2016; accepted 02 February 2017

Abstract

The aim of this study was to investigate the effects of short term starvation periods on growth, feed efficiency and chemical composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) larvae cultured at two salinity levels; 0.5 ppt (fresh water) and 1.95 ppt (brackish water). Fish larvae averaged 300 ± 10 mg in weight were exposed to three different feeding regimes for 40 days: one group (control) which continuously fed and the two other groups including T_1 (5 days feed + 2 days starvation) and T_2 (2 days feed + 2 days starvation). The growth performance results indicated that there are significant differences ($P<0.05$) between the treatments. The maximum body weight (1935.47 mg) was obtained in control group. These results indicate that protein, lipid and energy efficiency ratio in control group were significantly enhanced in comparison with T_1 and T_2 ($P<0.05$). The highest PER, LER and EER amounts (1.70, 5.26 and 0.56, respectively) were also obtained in control. Body composition was also analyzed at the end of the experiment. The highest and lowest crude protein levels were obtained in control (74.65%) and T_2 (59.72%), respectively. The results showed that food deprivation has a negative impact on the growth performance and body composition in the fish larval stage.

Keywords: Fish larvae, Starvation, Water salinity, Growth, Chemical composition

*Corresponding author: Adineh.h@gmail.com