

اثر دوره‌های بلند مدت محدودیت پروتئین بر روی عملکرد رشد و ترکیب بدن ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

شاهین بختیاری آقمسجد^{۱*}، حسین اورجی^۲، داود طالبی حقیقی^۳، سید محمد صلواتیان^۳، صادق امیدوار^۳

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران، صندوق پستی: ۱۱۴۴

۲- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران، صندوق پستی: ۵۷۸

۳- پژوهشکده آبی‌پروری آب‌های داخلی کشور، بندرانزلی، ایران، صندوق پستی: ۶۶

تاریخ دریافت: ۱۹ مهر ۱۳۹۴

تاریخ پذیرش: ۴ بهمن ۱۳۹۴

چکیده

در مطالعه حاضر اثر دوره‌های بلند مدت محدودیت پروتئین بر روی عملکرد رشد، مصرف مواد مغذی و ترکیب شیمیایی بدن ماهی قزل‌آلای رنگین کمان طی مدت ۸ هفته مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش در یک طرح کاملاً تصادفی با سه تیمار و هر یک با سه تکرار طراحی شد. جیره کنترل با سطح پروتئین ۴۵ درصد به عنوان جیره اصلی و جیره محدودیتی با سطح پروتئین ۳۰ درصد به عنوان جیره محدودیت پروتئین تخصیص داده شد. طی مدت آزمایش ماهیان در تیمار ۱ (کنترل) با پروتئین ۴۵ درصد در کل دوره، تیمار ۲ با پروتئین ۳۰ درصد با ۳ هفته محدودیت و تیمار ۳ با پروتئین ۳۰ درصد با ۴ هفته محدودیت پروتئینی تغذیه شدند. آزمایش در تانک‌های فایبر گلاس ۱۰۰ لیتری با تراکم ۱۰ عدد ماهی به ازای هر تانک با میانگین وزن 12.73 ± 0.72 گرم انجام شد. در انتهای آزمایش تیمار ۲ بالاترین مقدار وزن بدن و ضریب رشد ویژه را در بین تیمارهای محدودیتی (۲ و ۳) به دست آورد و همچنین اختلاف معنی‌داری بین تیمار کنترل و تیمار ۲ مشاهده نشد ($P > 0.05$). در مقادیر ضریب تبدیل غذا، نرخ کارایی پروتئین، دریافت مصرف غذای روزانه و بازماندگی اختلاف معنی‌داری در بین تیمارهای محدودیتی و تیمار کنترل مشاهده نشد ($P > 0.05$). نتایج آزمایش نشان داد رشد جبرانی کامل در ماهی قزل‌آلای رنگین کمان در تیمار ۲ صورت گرفته است.

کلمات کلیدی: قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، رشد جبرانی، محدودیت پروتئین، ترکیب لاشه.

مقدمه

در تعدادی از تحقیقات که بر روی حیوانات پرورشی انجام شد، بازیافت کامل در وزن بدن پس از دوره محدودیت پروتئین مشاهده شد (Winchester *et al.*, 1975; Zimmerman and Khajarearn, 1973). در حیوانات آبرزی تعدادی از مطالعات بر روی اثرات سطوح پروتئین جیره بر روی عملکرد رشد مشاهده شده است، اما امکان پذیر بودن اثرات دوره‌های محدودیتی بر روی پاسخ رشد جبرانی تقریباً ناشناخته است، به جز در کپور معمولی که در ترکیب لاشه پس از دوره تغذیه با جیره کافی بعضی بازیافت‌ها نشان داده شد (Koshio *et al.*, 1993; Mai *et al.*, 1995). سازگار شدن با محدودیت پروتئینی برای یک دوره و به دنبال آن تغذیه با جیره متعادل به منظور القای رشد جبرانی به طور وسیعی در جانوران خشکزی مورد ارزیابی قرار گرفته است. استراتژی محدودیت پروتئین و به دنبال آن تغذیه با جیره متعادل به طور قابل توجهی باعث کاهش پروتئین مصرفی و به دنبال آن باعث بهبود کارایی غذا و قابلیت بهره‌وری پروتئین می‌گردد. به عبارت دیگر مصرف بهتر پروتئین و غذا می‌تواند منجر به کاهش هزینه غذا و نیتروژن در محیط شود (Critser *et al.*, 1995; Whang *et al.*, 2003). افزایش مصرف پروتئین با استفاده از محدودیت و تغذیه با جیره اصلی وقتی اهمیت دارد که رشد ماهی با کاتابولیسم پروتئین کنترل شود (Sveier *et al.*, 2000). پس از یک دوره گرسنگی یا رژیم غذایی ضعیف، بازگشت به شرایط غذایی کافی سبب رشد سریع در حیوانات شده و این حالت تحت عنوان رشد جبرانی یا رشد مجدد شناخته می‌شود که در گروه‌های زیادی از پستانداران، حیوانات اهلی و پرندگان رخ می‌دهد (Summers *et al.*, 1990).

(1990). شرایط بحرانی ممکن است در اثر کمبود مواد غذایی، کاهش یا افزایش شدید حرارتی، کمبود اکسیژن، شوری و تراکم بالا به وجود آید، که می‌تواند محرک رشد جبرانی باشد. رشد جبرانی در ماهی تنها از نظر تئوریک مورد توجه نیست بلکه در آبرزی پروری نیز کاربرد دارد. بهره‌برداری مناسب از این پدیده در افزایش ضریب رشد و کارایی غذا موثر است. پاسخ رشد جبرانی معمولاً با افزایش جذب غذا، افزایش کارایی غذا و تغیر در ترکیب بافت می‌باشد (Nicieza and Metcalfe, 1997). در خصوص اثر دوره‌های محدودیت پروتئین مطالعات اندکی انجام شده است، بنابراین مطالعه حاضر به منظور تاثیر دوره‌های بلند مدت محدودیت پروتئین بر روی عملکرد رشد و ترکیب بدن ماهی قزل‌آلای رنگین کمان مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

تهیه ماهیان و نحوه پرورش

تحقیق حاضر در ایستگاه تخصصی تغذیه و غذای زنده آبریان (پژوهشکده آبرزی پروری آب‌های داخلی کشور) واقع در شهرستان بندرانزلی از تاریخ ۹۲/۱۰/۲۸ به مدت هشت هفته اجرا گردید. آزمایش در قالب یک طرح کاملاً تصادفی انجام گردید. میانگین دما، اکسیژن و pH در طول دوره پرورش به ترتیب 28.1 ± 0.3 و 5.14 ± 0.7 درجه سانتی‌گراد، 1.8 ± 0.1 میلی‌گرم در لیتر و 8.0 ± 0.7 بودند. برای انجام این تحقیق ۳ تیمار آزمایشی و برای هر یک سه تکرار در نظر گرفته شد. ماهیان به صورت سه هفته (تیمار ۲) و چهار هفته (تیمار ۳) متحمل دوره‌های محدودیت پروتئینی شدند. برای سازگاری با شرایط محیطی ماهیان به مدت ۱۴ روز با یک جیره تجاری (شرکت فرادانه) حاوی ۴۵

درصد پروتئین و ۲۰ درصد چربی) تغذیه شدند (Webster and Lim, 2002)، تراکم ذخیره‌سازی ماهی به ازای هر تانک ۱۰۰ لیتری ۱۰ قطعه ماهی با میانگین وزن $12/73 \pm 0/72$ گرم بود. در طی دوره پرورش پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب از قبیل دما و اکسیژن و پی اچ (با دستگاه مولتی متر مدل 3040i) به صورت هفتگی اندازه‌گیری و ثبت شد. غذادهی به ماهیان دو بار در روز (۹ صبح و ۳ بعد از ظهر) تا حد سیری ظاهری انجام می‌شد. ماهیان در دوره آدپتاسیون تا ۳ درصد وزن بدن غذادهی می‌شدند ولی در دوره محدودیت و بعد از محدودیت با استناد به سایر تحقیقات انجام شده غذادهی تا حد سیری ظاهری انجام شد، البته وزن غذای داده شده برای محاسبه ضریب تبدیل غذایی ثبت شد.

جیره‌های غذایی و نحوه تهیه آن‌ها

برای انجام تحقیق حاضر دو جیره آزمایشی شامل: جیره آزمایشی با ۴۵ درصد پروتئین به عنوان جیره کنترل (جیره تجاری خریداری شده از شرکت فرادانه با ترکیب تقریبی ۴۵ درصد پروتئین و ۲۰ درصد چربی) و جیره آزمایشی با ۳۰ درصد پروتئین به عنوان جیره محدودیت پروتئین در نظر گرفته شد و برای جیره‌نویسی از نرم افزار جیره‌نویسی لیندو پروگرام (Lindo program) استفاده شد. برای تهیه جیره‌ها مواد اولیه جامد شامل آرد ماهی، کلپکا، آرد سویا، آرد گندم با آسیاب برقی کاملاً آسیاب شده و هر کدام به طور جداگانه از الک ۵۰۰ میکرون عبور داده شدند تا

نمونه‌ای یکدست حاصل شود. سپس هر کدام از مواد غذایی مورد نظر بر اساس فرمولاسیون، با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شده و این مواد در حدود ۱۵ دقیقه با استفاده از دستگاه مخلوط کن برقی با هم مخلوط شدند تا مخلوط حاصل یکدست شود. سپس مکمل ویتامینی در مقدار ۴۰۰ سی سی آب مقطر به حجم رسیده و به ترکیب غذایی اضافه گردید و به خوبی با آن مخلوط شد و در مرحله بعد روغن ماهی به کل ترکیب اضافه گردیده و مجدداً عمل مخلوط نمودن انجام شد و در نهایت به منظور ایجاد حالت خمیری به مخلوط آب اضافه شد و به مدت ۱۵ دقیقه مجدداً مخلوط شدند تا یک خمیر مطلوب به دست آید. خمیر حاصل را درون دستگاه چرخ گوشت ریخته تا پلت‌های غذایی ساخته شوند. برای این منظور از صفحه مشبک با قطر مناسب (۳ میلی‌متر) (Webster and Lim, 2002) که متناسب با اندازه دهان ماهی می‌باشد استفاده شد. رشته‌های غذایی به سینی‌های فلزی منتقل شده و در اتاقک خشک کن تحت هوای خشک با دمای ۲۶ درجه به مدت ۲۴ ساعت خشک گردید. و پس از خشک شدن در خشک کن بسته‌بندی، شماره‌گذاری و در فریزر در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان مصرف نگهداری شدند. یک ساعت قبل از توزیع غذا جیره‌ها از فریزر خارج و پس از متعادل شدن با دمای اتاق وزن شده و در اختیار ماهیان قرار داده شد.

جدول ۱: اجزای غذایی و آنالیز تقریبی جیره‌های غذایی آزمایش

اجزاء جیره	تیمار ۴۵ (درصد)	تیمار ۳۰ (درصد)
پودر ماهی کلیکا (درصد)	۵۸	۳۴
کنجاله سویا (درصد)	۱۰	۱۰
آرد گندم (درصد)	۲۰	۳۸
روغن ماهی کلیکا (درصد)	۹	۱۵
مکمل معدنی ^۲ (درصد)	۱/۵	۱/۵
مکمل ویتامینی ^۱ (درصد)	۱/۵	۱/۵
آنالیز تقریبی ترکیب جیره		
پروتئین (درصد)	۴۴/۶	۳۰/۱
چربی (درصد)	۱۴/۵	۱۸/۲
خاکستر (درصد)	۹/۱	۸/۵
انرژی خام (میکروژول بر کیلوگرم)	۲۱/۸	۲۱/۷

۱. مکمل ویتامین ها برای هر کیلوگرم غذا به شرح زیر است:

vitA:4200IU, vitD3=420IU, vitE=0/462 mg, vitK3=1/5 mg, B2=1mg, B6=0/21mg, B1=0/42mg, Niacinamide=1.26mg., B12=8mg

۲. مکمل مواد معدنی براساس هر کیلوگرم غذا به شرح زیر است:

آهن: ۱۰ میلی گرم، روی: ۰/۰۶۷۹ میلی گرم، منیزیم: ۰/۰۷۴۴ میلی گرم، منگنز: ۶/۱۵۶۶ میلی گرم، یدات پتاسیم: ۰/۳ میلی گرم، کبالت: ۰/۰۳۱۶ میلی گرم، سولفات مس: ۰/۰۸ میلی گرم.

آنالیز اجزاء جیره غذایی و ترکیب بدن

تجزیه شیمیایی جیره غذایی و لاشه ماهیان قبل و بعد از آزمایش با روش کار استاندارد جیره (AOAC 1997) انجام شد. میزان رطوبت، پروتئین خام، چربی و خاکستر غذاها اندازه گیری گردید. برای اندازه گیری رطوبت، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد قرار داده شدند و کاملاً خشک شدند. پروتئین خام با اندازه گیری نیتروژن کل (N×۶/۲۵) با استفاده از روش کج‌لدال تعیین شد. چربی خام با روش سوکسله با استفاده از حلال کلروفرم با نقطه جوش ۵۰ تا ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴ تا ۶ ساعت استخراج شد و خاکستر با سوزاندن لاشه در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۹ ساعت اندازه گیری شد.

تعیین عوامل کمی و کیفی رشد و آنالیز آماری

در پایان دوره پرورش و ثبت داده‌های به دست آمده، شاخص های رشد، بازماندگی و شاخص های تغذیه‌ای با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه گردید:

(۱) درصد افزایش وزن بدن (Hung et al., 1989)

$$\%W.G = [(W_2 - W_1) / W_1] \times 100$$

وزن نهایی W_2 وزن اولیه W_1

(۲) ضریب رشد ویژه (Ronyai et al., 1990)

$$S.G.R = 100 \times (\ln w_2 - \ln w_1) / T$$

T=تعداد روزهای پرورش

(۳) ضریب تبدیل غذایی (Ronyai et al., 1990)

$$FCR = TF(gr) / WG(gr)$$

نتایج

نتایج شاخص‌های رشد ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان در پایان هفته هشتم در جدول ۲ آمده است. ماهیانی که به مدت سه هفته (تیمار ۲) با جیره محدودیتی تغذیه شده بودند در فاکتورهای وزن نهایی، درصد افزایش وزن بدن، شاخص رشد ویژه، ضریب تبدیل غذا، ضریب کارایی پروتئین و دریافت غذا اختلاف معنی‌داری را با تیمار کنترل (۱) از خود نشان ندادند ($P > 0.05$). تیمار ۳ با تیمار کنترل (۱) در مقادیر وزن نهایی، افزایش وزن بدن و ضریب رشد ویژه اختلاف معنی‌دار داشت ($P < 0.05$). همچنین در مقدار درصد بازماندگی اختلاف معنی‌داری در بین تیمارها مشاهده نشد ($P > 0.05$).

مقدار غذای خشک مصرف شده توسط ماهی $TF =$

(۴) نسبت بازده پروتئین

$$PER = WG(g)/PF(gr)$$

مقدار پروتئین مصرف شده توسط ماهی $PF =$

(۵) دریافت غذای روزانه

$$FI = 100 \times \frac{DF}{t \times \frac{W_1 + W_2}{2}}$$

مقدار غذای مصرف شده توسط ماهی $DF =$

(۶) درصد بازماندگی (Bilton and Robins, 1973)

$$100 \times \frac{\text{تعداد ماهیان در آغاز آزمایش}}{\text{تعداد ماهیان در پایان آزمایش}} = \text{درصد بازماندگی}$$

تمام داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه انجام شد و برای مقایسه تیمارها و معنی‌دار بودن یا نبودن میانگین تیمارهای مختلف از آزمون دانکن با سطح معنی‌داری ۵ درصد استفاده شد. آزمون‌ها در محیط نرم‌افزار SPSS 18 انجام شد.

جدول ۲: مقایسه میانگین شاخص‌های رشد و تغذیه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در تیمار کنترل و تیمارهای محدودیت پروتئین (میانگین $\pm$ انحراف معیار)

شاخص	تیمار ۱ (کنترل)	تیمار ۲	تیمار ۳
وزن اولیه (گرم)	12.7 ± 0.8^a	12.7 ± 0.8^a	12.84 ± 0.6^a
وزن نهایی (گرم)	50.61 ± 1.79^a	47.25 ± 0.5^a	39.09 ± 5.19^b
افزایش وزن (درصد)	298.91 ± 12.86^a	254.1 ± 23.62^{ab}	203.92 ± 35.03^b
ضریب رشد ویژه (درصد)	2.47 ± 0.04^a	2.25 ± 0.12^{ab}	1.97 ± 0.21^b
ضریب تبدیل غذا (درصد)	1.2 ± 0.11^a	1.15 ± 0.13^a	1.32 ± 0.21^a
نرخ کارایی پروتئین (درصد)	1.84 ± 0.17^a	2.12 ± 0.21^a	1.96 ± 0.27^a
دریافت غذای روزانه (درصد)	2.03 ± 0.09^a	1.72 ± 0.01^a	1.79 ± 0.21^a
بازماندگی (درصد)	96^a	100^a	100^a

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشند ($P > 0.05$)

جدول ۳ نتایج پارامترهای آنالیز لاشه را در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در پایان هفته هشتم نشان می‌دهد. ماهیان تیمار کنترل (۱) دارای پروتئین بیشتری نسبت به

تیمارهای ۲ و ۳ در لاشه خود بودند و همچنین اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده شد ($P < 0.05$). این نتایج در پروتئین لاشه بیانگر این است که دوره‌های

محدودیت پروتئین بر میزان پروتئین لاشه تاثیر گذارند. همچنین اختلاف معنی داری در مقدار پروتئین لاشه در تیمارهای ۲ و ۳ مشاهده نشد ($P>0/05$). و در مقادیر چربی، خاکستر و رطوبت لاشه نیز اختلاف معنی داری در بین تیمارها مشاهده نشد ($P>0/05$).

جدول ۳: مقایسه میانگین ترکیبات بدن ماهی قزل آلائی رنگین کمان در تیمار کنترل و تیمار محدودیت پروتئین در انتهای آزمایش (درصد بر اساس وزن خشک)

تیمار	پروتئین خام	چربی خام	خاکستر	رطوبت
تیمار ۱	$74/01 \pm 1/13^a$	$22/7 \pm 0/28^a$	$8/84 \pm 0/39^a$	$83/04 \pm 3/33^a$
تیمار ۲	$70/25 \pm 0/35^b$	$21/66 \pm 0/16^a$	$8/35 \pm 0/09^a$	$76/69 \pm 4/51^a$
تیمار ۳	$70/65 \pm 0/31^b$	$20/79 \pm 1/43^a$	$8/49 \pm 0/16^a$	$79/5 \pm 0/16^a$

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار می باشند ($P>0/05$)

بحث

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که با افزایش سطح پروتئین جیره غذایی از ۳۰ به ۴۵ درصد، میزان کارایی رشد به طرز معنی داری افزایش یافت که دلیل آن می تواند افزایش راندمان رشد ماهی باشد که با میزان پروتئین جیره غذایی ارتباط مستقیم دارد و در فرآیند متابولیسمی، پروتئین هم منبع انرژی و هم در رشد نقش اصلی را ایفا می نماید (Hepher, 1988). نتایج مشابهی مبنی بر موثر بودن پروتئین بر میزان کارایی رشد بر روی گونه *Cromileptes altivelis* (Williams et al., 2004) مشاهده شده است. مطالعه حاضر نشان داد ماهیانی که به مدت سه هفته تحت تاثیر دوره محدودیت پروتئین قرار گرفتند توانستند رشد جبرانی را از خود نشان دهند. بنابراین این نتایج با نتایج سایر محققین مبنی بر توانایی سازگاری ماهی قزل آلائی رنگین کمان با شرایط محدودیت پروتئینی و رشد جبرانی مطابقت دارد (Wu and Dong, 2002; Sevgili et al., 2012).

به طرز معنی داری کاهش پیدا کرد، به ویژه در تیمارهای محدودیتی (۲ و ۳)، در صورتی که در این مدت تیمار کنترل رشد بیشتری داشت. این نتایج با نتایج مطالعات قبلی در زمینه کاهش رشد با کاهش دادن سطوح پروتئین جیره به زیر سطح مورد نیاز همخوانی دارد (Wu and Dong, 2002). سطح متعادل محدودیتی در پروتئین جیره (۳۰ درصد) نسبت به پروتئین استفاده شده در جیره های تجاری ماهی قزل آلائی رنگین کمان (۴۲ تا ۴۸ درصد پروتئین) پایین تر بود (Hardy, 2002). ضریب رشد ویژه در تیمار ۲ با تیمار کنترل (۱) و ۳ اختلاف معنی داری نداشت ($P>0/05$). علت این عدم اختلاف در ضریب رشد ویژه را شاید بتوان به سلسله مراتب تناوب غذایی ماهیان در مخازن نسبت داد، زیرا ماهیان بعد از برطرف شدن دوره محدودیت پروتئین رفتارهای مخاطره جویانه از خود نشان می دهند و غالباً تلاش بیشتری برای به دست آوردن غذا از خود نشان می دهند (Ali et al., 2003). عوامل متعددی از جمله میزان انرژی جیره، میزان غذاهای قبلی و طول دوره

سریع‌تری را در تیمارهای ۲ و ۳ از خود نشان دادند. در انتهای دوره اختلاف معنی‌داری در دریافت غذای روزانه و نرخ کارایی پروتئین مشاهده نشد ($P > 0.05$). این دستاورد با تحقیقی که بر روی میگوی چینی (Wu and Dong, 2002) و قزل‌آلای رنگین‌کمان (Sevgili *et al.*, 2012) انجام شد مطابقت دارد. در اغلب موارد ماهیانی که برای مدت کوتاه تحت تاثیر دوره‌های گرسنگی قرار می‌گیرند بازماندگی بالایی دارند، اما اگر دوره محدودیت طولانی شود مرگ و میر افزایش می‌یابد (Sheng *et al.*, 2007). طبق نتایج آزمایش بازماندگی در بین تیمارهای محدودیتی (۲ و ۳) و تیمار کنترل (۱) دارای اختلاف معنی‌داری نبود (جدول ۲). که این موضوع نشان دهنده بی‌تاثیر بودن جیره‌های غذایی حاوی پروتئین پایین‌تر بر روی مرگ و میر گونه مورد مطالعه می‌باشد (Kim *et al.*, 2004). در مطالعه‌ای که به مدت هشت هفته روی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان انجام گرفت، ترکیب لاشه در پایان دوره محرومیت غذایی، تفاوت معنی‌داری نشان نداد (Imani *et al.*, 2009). همچنین در تحقیقی که بر روی ماهی هالیبوت اقیانوس اطلس (Heide *et al.*, 2006) و قزل‌آلای رنگین‌کمان (Teskeredzic *et al.*, 1995) انجام شد نیز اختلاف معنی‌داری در آنالیز لاشه مشاهده نشد که نتایج تحقیق حاضر به جز در مقدار پروتئین با آن‌ها مطابقت دارد. در مطالعه‌ای که توسط Sevgili و همکاران (۲۰۱۲) بر روی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان انجام گرفت در پایان دوره در مقدار پروتئین لاشه در تیمارهای محدودیت داده شده ترمیمی مشاهده نشد. که نتایج تحقیق حاضر با نتایج آن‌ها در این مورد هم‌خوانی دارد. همچنین محدودیت پروتئینی در ماهی پهن‌ژاپنی (*Paralichthys olivaceus*) روی کل ترکیب بدن

محرومیت غذایی، در پارامترهای رشد و تغذیه ماهی اثر گذارند. همچنین یک دوره محدودیت پروتئینی معتدل توانست سبب ایجاد رشد جبرانی در تغذیه میگوی چینی (*Fenneropenaeus chinensis*) با ۱۵ و ۳۰ درصد پروتئین در جیره برای دو هفته و سپس تغذیه با پروتئین ۴۵ درصد برای چهار هفته شود و در هر دو گروه در دوره تغذیه مجدد رشد جبرانی مشاهده شد، اما فقط میگو در جیره ۳۰ درصد یک بازافت رشد کامل را از خود نشان داد (Wu and Dong, 2002). در تغذیه ماهی پهن‌ژاپنی (*Paralichthys olivaceus*) با جیره‌های محدودیت پروتئینی ۳۰ و ۴۵ درصد به مدت ۱۸ روز و پس از ۳۰ روز دوره تغذیه با جیره کافی با جیره پروتئینی ۵۰ درصد یک بازافت را در رشد به‌دست آوردند (Wu *et al.*, 2006). همچنین در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تحت تاثیر جیره‌های مختلف محدودیتی در پایان دوره رشد جبرانی بوقوع پیوست (Sevgili *et al.*, 2012)، که نتایج تحقیق حاضر با نتایج این محققین مطابقت دارد. کاهش پروتئین به مقداری پایین‌تر از حد مورد نیاز موجود، می‌تواند در دوره تغذیه با جیره کافی محرک رشد جبرانی باشد و پاسخ رشد جبرانی معمولاً با افزایش جذب غذا، افزایش کارایی غذا و تغییر در ترکیب بافت می‌باشد (Nicieza and Metcalfe, 1997). نتایج تحقیق حاضر با نتایج Schwarz و همکاران (۱۹۸۵) که با اعمال دوره محدودیت پروتئین بر روی کپور معمولی پاسخ رشد جبرانی را مشاهده نکردند متناقض است (Schwarz *et al.*, 1985). بر اساس آنالیز داده‌های آماری ماهیان در طی دوره محدودیت دریافت غذای پایین و رشد کمتری را از خود نشان دادند ولی به محض برداشتن محدودیت ماهیان دریافت غذای بالاتر و رشد

کامبیز خدمتی، مهندس مهدی مرادی، مهندس صاحبعلی قربانی و مهندس داریوش پروانه مقدم کمال تشکر و قدردانی را داریم.

منابع

1. AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 1997. Official method of analysis AOAC, Washington DC, USA.1263P.
2. Ali, M., Nicieza, A., Wootton, R.J., 2003. Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. *Fish and Fisheries*, 4, 147–190.
3. Bilton HT and Robins GL. 1973. The effects of starvation and subsequent feeding on survival and growth of fulton channel sockeye salmon fry. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 30, 1-5.
4. Critser, D. J., Miller, P.S., Lewis, A.J., 1995. The effects of dietary protein concentration on compensatory growth in barrows and gilts. *Journal of Animal Science*, 73, 3376–3383.
5. Hardy, R.W., 2002. Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). In Webster, C.D., Lim, C.E. (Ed), *Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture*. New York: CABI Publishing, 184–2002.
6. Heide, A., Foss, A., Stefansson, S.O., Mayer, I., Norberg, B., Roth, B., Jenssen, M.D., Nortvdt, 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.
7. Hephher, B., 1988. *Nutrition of Pond Fishes*. Cambridge University. Press, 388 P.
8. Hung, S.S.O., Lutes, P.B., Storebakken, T., 1989. Growth and feed efficiency of white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) sub yearling at different feeding rates. *Aquaculture*, 80, 147-153.
9. Imani, A., Farhangi, M., Yazdanparast, R., Bakhtiari, M., Saljoughi, Z., Mojazi Amiri, B., 2009. Growth and feeding indices in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during various periods of feed deprivation and re-feeding. *Iranian Journal of Fisheries*, 67, 1-12. (In Persian).
10. Kim, K.W., Wang, X., Chio, S.M., Park, G.J., Bai, S.C., 2004. Evaluation of optimum dietary protein to energy ration Juvenile olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture*

اثری نداشت (Wu et al., 2006). بالاترین مقدار پروتئین لاشه در تیمار کنترل (۱) مشاهده شد که با سایر تیمارها دارای اختلاف معنی داری بود ($P < 0.05$)، آزمایش حاضر نشان داد میزان پروتئین لاشه تحت تاثیر دوره محدودیت پروتئین قرار دارد (جدول ۳). علت این که ماهی نتوانست در پروتئین لاشه بهبود ایجاد کند را شاید بتوان به طول دوره محدودیت و استفاده از پروتئین پایین تر از حد مورد نیاز در طول دوره محدودیت نسبت داد. در مقدار چربی، رطوبت و خاکستر لاشه ماهی قزل آلا رنگین کمان اختلاف معنی داری در بین تیمارها مشاهده نشد ($P > 0.05$). تحقیق حاضر نشان داد که دوره های محدودیت پروتئینی بلند مدت ترمیمی در مقدار پروتئین لاشه ایجاد نخواهد کرد، همچنین Schwarz و همکاران (۱۹۸۵)، Wu و Dong (۲۰۰۲) و Wu و همکاران (۲۰۰۶) بازگشتی را در مقدار پروتئین بدن کپورهای محدودیت داده شده، میگوی چینی و ماهی پهن ژاپنی در پایان فاز تغذیه مجدد مشاهده کردند که با نتایج تحقیق حاضر در تضاد است. در پایان آزمایش، کل چربی و رطوبت بدن در تیمارهای ۲ و ۳ به حالت اول برگشت، این موضوع بیانگر این است که نگهداری چربی از دست رفته در ماهیانی که در معرض محدودیت پروتئینی قرار گرفته بودند در سطح یکسان مانند تیمار کنترل می تواند ممکن باشد.

سپاسگزاری

از ریاست محترم پژوهشکده آبرزی پروری آب های داخلی کشور (انزلی) به جهت فراهم آوردن تسهیلات لازم و همکاری در انجام تحقیق حاضر تشکر و قدردانی به عمل می آید. همچنین از آقایان مهندس

- level and protein particle size. *Aquaculture*, 185, 101–120.
20. Teskeredzic, Z., Teskeredzic, E., Tomec, M., Hacmanjek, M., Mclean, E., 1995. The impact of restricted rationing upon growth food conversion efficiency and body-composition of rainbow trout. *Water Science and Technology*, 31, 219–223.
 21. Webster, C., Lim, C., 2002. *Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture*. New York: CABI, 418 P.
 22. Whang, K.Y., Kim, S.W., Donovan, S.M., McKeith, F.K., Easter, R.A., 2003. Effect of Protein deprivation on subsequent growth performance, gain of body components, and protein requirements in growing Pigs. *Jornal of Animal science*, 81, 705–715.
 23. Williams, K.C., Irvin, S., Barclay, M., 2004. Polka dot grouper (*Cromileptes altivelis*) fingerlings require high protein and moderate lipid dities for optimal growth and nutrient retention. *Aquacture Nutrition*, 10, 125–134.
 24. Winchester, C.F., Hiner, R.L., Scarborough, V.C., 1957. Some effects on beef cattle of protein and energy restriction. *Jornal of Animal Science*, 16, 426–436.
 25. Wu, L., Dong, S., 2002. Effects of Protein restriction with subsequent relimentation on growth performance of juvenile Chines shrimp (*fenneropenaeus chinensis*). *Aquaculture*, 210, 343–358.
 26. Wu, L., Deng, H., Geng, Z., Wang, G., 2006. Effects of protein restriction with subsequent realimentation on growth performance of juvenile Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Acta Ecologica Sinica China*, 26, 3711–3717.
 27. Zimmerman, D.R., Khajarn, S., 1973. Starter protein nutrition and compensatory responses in swine. *Jornal of Animal Science*, 36, 189–194.
 - Research, 35, 250–255.
 11. Koshio, S., Teshima, S., Kanazawa, A., Watase, T., 1993. The effect of dietary protein content on growth, digestion efficiency and nitrogen excretion of juvenile kuruma prawns (*Penaeus japonicas*). *Aquaculture*, 113, 101–114.
 12. Mai, K., Mercer, J.P., Donlon, J., 1995. Comparative studies on the nutrition of two species of abalone, (*Haliotis tuberculata* L.) and (*haliotis discus hannai*) Ino: IV. Optimum dietary protein level for growth. *Aquaculture*, 136, 165–180.
 13. Nicieza, A.G., Metcalfe, N.B., 1997. Growth compensation in juvenile Atlantic salmon: responses to depressed temperature and food availability. *Ecology*, 78, 2385–2400.
 14. Ronyai, A., Peteri, A., Radics, F., 1990. Cross breeding of starlet and lena river sturgeon. *Aquaculture.Hungrica (Szarwas)*, 6, 13–18.
 15. Schwarz, F.J., Plank, J., Kirchgessner, M., 1985. Effect of protein or energy restriction with subsequent realimentation on performance parameters of carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture*, 48, 23–33.
 16. Sevgili, H., Hossu, B., Emre, Y., Kanylmaz, M., 2012. Compensatory growth after various levels of dietary protein restriction in rainbow trout (*Oncorhynchus Mykiss*). *Aquaculture*, 344, 126–134.
 17. Sheng, J., Lin, Q., Chen, Q., Shen, L., Lu, J., 2006. Effect of starvation on the initiation of feeding, growth and survival rate of juvenile seahorses, (*Hippocampus trimaculatus*) Leach and (*Hippocampus kuda*) Bleeker. *Aquaculture*, 271, 469–478.
 18. Summers, J.D., Spratt, D., Atkinson, J.L., 1990. Restricted feeding and compensatory growth for broilers. *Poultry Science*, 69, 1855–1861.
 19. Sveier, H., Raae, A.J., Lied, E., 2000. Growth and protein turnover in Atlantic salmon (*Salmon salar* L.): the effect of dietary protein