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

شاهین بختیاری آقمسجد[1*]، حسین اورجی[2]، داود طالبی حقیقی[3]، سید محمد صلواتیان[3]، صادق امیدوار[3]

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- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، پژوهشکده آبزی پروری آب‌های داخلی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج جهاد کشاورزی، بندر انزلی، 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 رنگین‌کمان طی مدت ۸ هفته مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمایش در یک طرح کاملا 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 ۰/۷۲±۱۲/۷۳ گرم انجام شد. در انتهای آزمایش تیمار۲ بالاترین مقدار وزن بدن و ضریب رشد ویژه را در بین تیمارهای محدودیتی (۲ و ۳) به‌دست 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 رنگین‌کمان در تیمار ۲ صورت گرفته است.

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

* عهده‌دار مکاتبات (✉). shahinbakhtiari68@yahoo.com

مقدمه

در تعـدادی از تحقیقـات کـه بـر روی حیوانـات پرورشی انجام شد، بازیافت کامل در وزن بـدن پـس از دوره محدودیت پروتئین مشاهده شد (Winchester *et al*., 1975; Zimmerman and Khajarern., 1973). در حیوانات آبزی تعدادی از مطالعـات بـر روی اثـرات سطوح پروتئین جیره بر روی عملکرد رشد مشاهده شده است، اما امکان پذیر بودن اثرات دوره‌های محـدودیتی بر روی پاسخ رشد جبرانی تقریبا ناشناخته است، به جـز در کپـور معمـولی کـه در ترکیـب لاشـه پـس از دوره تغذیه با جیره کافی بعضـی بازیافـت‌هـا نشـان داده شـد (Koshio *et al*., 1993; Mai *et al*., 1995). سـازگار شدن با محدودیت پروتئینی برای یـک دوره و بـه‌دنبـال آن تغذیه با جیره متعادل به منظور القای رشد جبرانی بـه طور وسیعی در جانوران خشـکزی مـورد ارزیـابی قـرار گرفته است. استراتژی محدودیت پروتئین و به دنبال آن تغذیه با جیره متعادل به طور قابل توجهی باعث کـاهش پروتئین مصرفی و به دنبال آن باعث بهبود کـارایی غـذا وقابلیت بهره‌وری پروتئین مـی‌گـردد. بـه عبـارت دیگـر مصرف بهتر پروتئین و غذا مـی‌توانـد منجـر بـه کـاهش هزینه غذا و نیتـروژن در محـیط شـود (Critser *et al*., 1995; Whang *et al*., 2003). افـزایش مصـرف پروتئین با استفاده از محدودیت و تغذیه با جیـره اصـلی وقتی اهمیت دارد که رشد ماهی با کاتابولیسـم پـروتئین کنترل شود (Sveier *et al*., 2000). پـس از یـک دوره گرسنگی یا رژیم غذایی ضـعیف، بازگشـت بـه شـرایط غذایی کافی سبب رشد سریع در حیوانـات شـده و ایـن حالت تحت عنوان رشد جبرانی یا رشـد مجـدد شـناخته می‌شود که در گروه‌های زیادی از پستانداران، حیوانات اهلـی و پرنـدگان رخ مـی‌دهـد (Summers *et al*., 1990). شرایط بحرانی ممکن است در اثر کمبـود مـواد غـذایی، کـاهش یـا افـزایش شـدید حرارتـی، کمبـود اکسیژن، شوری و تراکم بالا به‌وجود آید، که می‌توانـد محرک رشد جبرانی باشد. رشد جبرانی در ماهی تنها از نظر تئوریک مورد توجه نیست بلکه در آبزی‌پروری نیز کـاربرد دارد. بهـره‌بـرداری مناسـب از ایـن پدیـده در افزایش ضریب رشد و کـارایی غـذا مـوثر اسـت. پاسـخ رشد جبرانـی معمـولا بـا افـزایش جـذب غـذا، افـزایش کارآیی غذا و تغیر در ترکیب بافت می‌باشد (Nicieza and Metcalfe, 1997). در خصـوص اثـر دوره‌هـای محدودیت پروتئین مطالعات اندکی انجـام شـده اسـت، بنابراین مطالعه حاضر به منظور تاثیر دوره‌های بلند مدت محدودیت پروتئین بر روی عملکرد رشد و ترکیب بدن ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

تهیه ماهیان و نحوه پرورش

تحقیق حاضر در ایستگاه تخصصی تغذیـه و غـذای زنده آبزیان (پژوهشکده آبزی‌پروری آب‌هـای داخلـی کشور) واقع در شهرستان بندرانزلی از تـاریخ ۹۲/۱۰/۲۸ به مدت هشت هفته اجرا گردید. آزمایش در قالب یک طرح کاملا تصادفی انجام گردید. میانگین دما، اکسـیژن و pH در طـــول دوره پـــرورش بـــه ترتیـــب ۰/۰۳± ۱۴/۵درجه سانتی‌گراد، ۰/۰۷± ۸/۱ میلی‌گـرم در لیتـر و ۰/۰۸± ۷/۵ بودنـد. بـرای انجـام ایـن تحقیـق ۳ تیمـار آزمایشی و برای هر یک سه تکرار در نظـر گرفتـه شـد. ماهیـان بـه صـورت سـه هفتـه (تیمـار۲) و چهـار هفتـه (تیمار۳) متحمل دوره‌های محـدودیت پروتیینـی شـدند. برای سازگاری با شـرایط محیطـی ماهیـان بـه مـدت ۱۴ روز با یک جیره تجـاری (شـرکت فرادانـه) (حـاوی 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 ۰/۷۲±۱۲/۷۳ 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) به‌صورت 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 آداپتاسیون 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 به‌عنوان 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 به‌عنوان 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 کلیکا، آرد سویا، آرد گندم با آسیاب برقی کاملا آسیاب شده و هرکدام به‌طور 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 مجددا عمل مخلوط نمودن انجام شد و در نهایت به منظور ایجاد حالت خمیری به مخلوط آب اضافه شد و به مدت ۱۵ دقیقه مجددا مخلوط شدند تا یک خمیر مطلوب به‌دست 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) (Webester 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.

جدول۱: 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		
پروتیین(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 به‌شرح 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 به‌شرح زیر است:

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

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، پروتیین خام، چربی و خاکستر غذاها اندازه‌گیری گردید. برای اندازه‌گیری رطوبت، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و کاملا 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 سانتی‌گراد به مدت ۴ تا ۶ ساعت استخراج شد و خاکستر با سوزاندن لاشه در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۹ ساعت اندازه‌گیری شد.

تعیین عوامل کمی و کیفی رشد و آنالیز آماری

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

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

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

W_2= وزن نهایی W_1= وزن اولیه

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

$$S.G.R. = 100 \times (Lnw_2 - Lnw_1)/T$$

T= تعداد روزهای پرورش

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

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

TF= مقدار غذای خشک مصرف شده توسط ماهی

(۴) نسبت بازده پروتیین

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

مقدار پروتیین مصرف شده توسط ماهی=PF

(۵) دریافت غذای روزانه

$$FI = 100 \times \frac{DF}{\left[t \times \frac{W_1 + W_2}{2} \right]}$$

مقدار غذای مصرف شده توسط ماهی=DF

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

$$\text{درصد بازماندگی} = \frac{\text{تعداد ماهیان در پایان آزمایش}}{\text{تعداد ماهیان در آغاز آزمایش}} \times ۱۰۰$$

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.

نتایج

نتایج شاخص‌های رشد ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان در پایان هفته هشتم در جدول ۲ آمده است. ماهیانی که به مدت سه هفته (تیمار۲) با جیره محدودیتی تغذیه شده بودند در فاکتورهای وزن نهایی، درصد افزایش وزن بدن، شاخص رشد ویژه، ضریب تبدیل غذا، ضریب کارایی پروتئین و دریاف غذا اختلاف معنی‌داری را با تیمار کنترل (۱) از خود نشان ندادند (P>۰/۰۵). تیمار ۳ با تیمار کنترل (۱) در مقادیر وزن نهایی، افزایش وزن بدن و ضریب رشد ویژه اختلاف معنی‌دار داشت (P<۰/۰۵). همچنین در مقدار درصد بازماندگی اختلاف معنی‌داری در بین تیمارها مشاهده نشد (P>۰/۰۵).

جدول۲: مقایسه میانگین شاخص‌های رشد و تغذیه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در تیمار کنترل و تیمارهای محدودیت پروتئین (میانگین±انحراف معیار)

شاخص	تیمار۱(کنترل)	تیمار۲	تیمار۳
وزن اولیه (گرم)	۱۲/۷ ±۰/۸^{a}	۱۲/۷±۰/۸^{a}	۱۲/۸۴±۰/۶^{a}
وزن نهایی (گرم)	۵۰/۶۱±۱/۷۹^{a}	۴۷/۲۵±۰/۵^{a}	۳۹/۰۹±۵/۱۹^{b}
افزایش وزن (درصد)	۲۹۸/۹۱±۱۲/۸۶^{a}	۲۵۴/۱±۲۳/۶۲^{ab}	۲۰۳/۹۲±۳۵/۰۳^{b}
ضریب رشد ویژه (درصد)	۲/۴۷±۰/۰۴^{a}	۲/۲۵±۰/۱۲^{ab}	۱/۹۷±۰/۲۱^{b}
ضریب تبدیل غذا (درصد)	۱/۲±۰/۱۱^{a}	۱/۱۵±۰/۱۳^{a}	۱/۳۲±۰/۲۱^{a}
نرخ کارایی پروتئین (درصد)	۱/۸۴±۰/۱۷^{a}	۲/۱۲±۰/۲۱^{a}	۱/۹۶±۰/۲۷^{a}
دریاف غذای روزانه (درصد)	۲/۰۳±۰/۰۹^{a}	۱/۷۲±۰/۰۱^{a}	۱/۷۹±۰/۲۱^{a}
بازماندگی (درصد)	٪۹۶^{a}	٪۱۰۰^{a}	٪۱۰۰^{a}

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده‌ی عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P>۰/۰۵)

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<۰/۰۵). این نتایج در پروتئین لاشه بیانگر این است که دوره‌های

محدودیت پروتئین بر میزان پروتئین لاشه تاثیر گذارند. همچنین اختلاف معنی‌داری در مقدار پروتئین لاشه در تیمارهای ۲ و ۳ مشاهده نشد (P>۰/۰۵). و در مقادیر چربی، خاکستر و رطوبت لاشه نیز اختلاف معنی‌داری در بین تیمارها مشاهده نشد (P>۰/۰۵).

جدول ۳: مقایسه میانگین ترکیبات بدن ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در تیمار کنترل و تیمار محدودیت پروتئین در انتهای آزمایش (درصد بر اساس وزن خشک)

تیمار		پروتیین خام		چربی خام		خاکستر		رطوبت
تیمار۱	a	۷۴/۰۱±۱/۱۳	a	۲۲/۷±۰/۲۸	a	۸/۸۴±۰/۳۹	a	۸۳/۰۴±۳/۳۳
تیمار۲	b	۷۰/۲۵±۰/۳۵	a	۲۱/۶۶±۰/۱۶	a	۸/۳۵±۰/۰۹	a	۷۶/۶۹±۴/۵۱
تیمار۳	b	۷۰/۶۵±۰/۳۱	a	۲۰/۷۹±۱/۴۳	a	۸/۴۹±۰/۱۶	a	۷۹/۵±۰/۱۶

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده‌ی عدم اختلاف معنی دار می‌باشند (P>۰/۰۵)

بحث

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که با افزایش سطح پروتئین جیره غذایی از ۳۰ به ۴۵ درصد، میزان کارایی رشد به طرز معنی‌داری افزایش یافت که دلیل آن می‌تواند افزایش راندمان رشد ماهی باشد که با میزان پروتئین جیره غذایی ارتباط مستقیم دارد و در فرآیند متابولیکی، 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 قزل‌آلای رنگین‌کمان با شرایط محدودیت پروتئینی و رشد جبرانی مطابقت دارد (Wu and Dong, 2002; Sevgili *et al*., 2012). در طول دوره محدودیت رشد به طرز معنی‌داری کاهش پیدا کرد، به‌ویژه 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 جیره‌های تجاری ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (۴۲ تا ۴۸ درصد پروتئین) پایین تر بود (Hardy, 2002). ضریب رشد ویژه در تیمار ۲ با تیمار کنترل (۱) و ۳ اختلاف معنی‌داری نداشت (P>۰/۰۵). 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 می‌دهند و غالبا تلاش بیشتری برای به‌دست آوردن غذا از خود نشان می‌دهند (Ali *et al*., 2003). عوامل متعددی از جمله میزان انرژی جیره، میزان غذادهی قبلی و طول دوره 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 بازیافت رشد کامل را از خود نشان داد (Wu and Dong, 2002). در تغذیه ماهی پهن ژاپنی (*Paralchthys 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 باز یافت 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 پایین تر از حد مورد نیاز موجود، می‌تواند در دوره تغذیه با جیره کافی محرک رشد جبرانی باشد و پاسخ رشد جبرانی معمولا با افزایش جذب غذا، افزایش کارآیی 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 متناقص 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 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 می گیرند 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 بی تاثیر بودن جیره‌های غذایی حاوی پروتیین پایین تر 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 پهن ژاپنی (*Paralichthys olivaceus*) روی کل ترکیب بدن اثری نداشت (Wu *et al*., 2006). بالاترین مقدار پروتئین لاشه در تیمار کنترل (۱) مشاهده شد که با سایر

تیمارهـا دارای اخـتلاف معنـی‌داری بـود (P<۰/۰۵)، آزمایش حاضر نشان داد میزان پروتئین لاشه تحت تاثیر دوره محـدودیت پـروتئین قـرار دارد (جـدول ۳). علـت این که ماهی نتوانست در پروتئین لاشه بهبود ایجاد کند را شـاید بتـوان بـه طـول دوره محـدودیت و اسـتفاده از پـروتئین پـایین تـر از حـد مـورد نیـاز در طـول دوره محـدودیت نسـبت داد. در مقـدار چربـی، رطوبـت و خاکستر لاشـه مـاهی قـزل‌آلای رنگـین‌کمـان اخـتلاف معنـی‌داری در بـین تیمارهـا مشـاهده نشـد (P>۰/۰۵). تحقیـق حاضـر نشـان داد کـه دوره‌هـای محـدودیت پروتئینـی بلنـد مـدت ترمیمـی در مقـدار پـروتئین لاشـه ایجـاد نخواهـد کـرد، همچنـین Schwarz و همکـاران (۱۹۸۵)، Wu و Dong (۲۰۰۲) و Wu و همکـــــاران (۲۰۰۶) بازگشتی را در مقـدار پـروتئین بـدن کپورهـای محدودیت داده شده، میگوی چینی و ماهی پهـن ژاپنـی در پایان فاز تغذیه مجدد مشـاهده کردنـد کـه بـا نتـایج تحقیق حاضر در تضـاد اسـت. در پایـان آزمـایش، کـل چربی و رطوبت بدن در تیمارهای ۲ و ۳ بـه حالـت اول برگشت، این موضـوع بیـانگر ایـن اسـت کـه نگهـداری چربـی از دســت رفتــه در ماهیــانی کــه در معــرض محدودیت پروتئینی قرار گرفته بودند در سـطح یکسـان مانند تیمار کنترل می‌تواند ممکن باشد.

سپاسگزاری

از ریاست محترم پژوهشکده آبزی‌پروری آب‌هـای داخلی کشور (انزلی) به جهت فـراهم آوردن تسـهیلات لازم و همکــاری در انجــام تحقیــق حاضــر تشــکر و قدردانی به عمل مـی‌آیـد. همچنـین از آقایـان مهنـدس کــامبیز خــدمتی، مهنــدس مهــدی مــرادی، مهنــدس صاحبعلی قربانی و مهندس داریوش پروانه مقـدم کمـال 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. Hepher, 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 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 onthe 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 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 requirments 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 dites 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., Khajarern, S., 1973. Starter protein nutrition and compensatory responses in swine. Jornal of Animal Science, 36, 189–194.