بررسی شاخص های تغذیه ای ماهی قزل آلای رنگین کمان(*Oncorhynchus mykiss*) تحت تاثیر دوره های کوتاه مدت محدودیت پروتئینی

شاهین بختیاری آق مسجد[۱]، سید محمد صلواتیان[۲*]، حسین اورجی[۳]، صاحبعلی قربانی[۲]

[۱]دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان- صومعه سرا

[۲]پژوهشکده آبزی پروری آبهای داخلی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران

[۳]گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت : دی ۱۳۹۹ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۹

چکیده

تحقیق حاضر بر روی اثر دوره های کوتاه مدت محدودیت پروتئینی در طی دوره های محدودیتی، یک هفته و دو هفته در میان بر روی عملکرد رشد ، مصرف مواد مغذی و ترکیب شیمیایی بدن ماهی قزل آلای رنگین کمان در طی یک دوره ۸ هفته ای انجام شد. این مطالعه با سه تیمار آزمایشی و با دو جیره غذایی در دو سطح پروتئین خام، فرموله و ساخته شد. جیره کنترل با سطح پروتئین ۴۵٪ به عنوان جیره اصلی و جیره محدودیتی با سطح پروتئین ۳۰٪ به عنوان جیره محدودیت پروتئین تخصیص داده شد. هر تیمار آزمایشی در سه تکرار و هر یک با ۱۰ عدد ماهی ، با میانگین وزن ۰/۷۲±۱۲/۷۳ گرم آزمایش شد. تیمار یک (کنترل) با پروتئین ۴۵ درصد در کل دوره با محدودیت پروتئینی ، تیمار دو با پروتئین های ۳۰ و ۴۵ درصد با تناوب محدودیت پروتئینی یک هفته ای، تیمار سه با پروتئین های ۳۰ و ۴۵ درصد با تناوب محدودیت پروتئینی دو هفته ای تغذیه شدند. در پایان آزمایش، تیمار ۲ بالاترین مقدار وزن بدن و نرخ رشد ویژه را در بین تیمار های محدودیتی بدست آورد. در مقادیر ضریب تبدیل غذا، نرخ کارایی پروتئین، راندمان تبدیل غذا، دریافت مصرف غذای روزانه و بازماندگی اختلاف معنی داری در بین تیمارهای محدودیتی و تیمار کنترل مشاهده نشد($p\geq$ ۰/۰۵). بنابر این یک بازیافت رشد کامل در ماهی قزل آلای رنگین کمان در تیمار ۲ مشاهده شد.

کلمات کلیدی: رشد جبرانی، محدودیت پروتئینی، ترکیب لاشه، قزل آلای رنگین کمان

* نویسنده مسئول: salavatian_2002@yahoo.com

مقدمه

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 خشک زی مورد ارزیابی قرار گرفته است. استراتژی محدودیت پروتئین و به دنبال آن تغذیه با جیره متعادل به طور قابل توجهی باعث کاهش پروتئین مصرف شده و به دنبال آن باعث بهبود کارایی غذا و قابلیت بهره وری پروتئین می گردد (Crister *et al*., 1995; Whang *et al*., 2003; Yang *et al*., 2008). به کارگیری پروتئین با استفاده از یک دوره محدودیتی با توجه به اینکه رشد اساسا با کاتابولیسم پروتئین کنترل می شود برای ماهی مهم خواهد بود (Sveier *et al*., 2000). ایجاد هر گونه محدودیت در دریافت مواد مغذی مورد نیاز فعالیت طبیعی یک موجود زنده را محدودیت غذایی گویند. پدیده رشد جبرانی فاز سریع رشد بوده که با تغذیه مجدد جانور پس از یک دوره محدودیت غذایی بوجود می آید. این پدیده در بسیاری از موجودات از جمله ماهی گزارش شده است (Abdalla *et al*., 1988; Critser *et al*., 1995; Wu and Dong, 2002; Ali *et al*., 2003). رشد جبرانی یک فاز از رشد سریع به دنبال محدودیت غذایی در اثر شرایط بحرانی است که در گونه های زیادی مشاهده شده است (Bejda *et al*.., 1992: Damsgard *et al*.,1998). 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 می شود که در گروه های زیادی از پستانداران، حیوانات اهلی و پرندگان رخ می دهد (Ashworth and Millward, 1986; Mersmann *et al*., 1987; Summers *et al*.,1990; Marais *et al*.,1991).

گرسنگی و محدودیت غذایی روش هایی هستند که اغلب برای رسیدن به رشد جبرانی تکرار می شوند که پس از یک دوره گرسنگی و محدودیت غذایی و سپس تغذیه با جیره کامل انجام می پذیرد (Dobson and Holmes, 1984; Hayward *et al*., 1997; Tianand Qin, 2003 ; Nikki *et al*., 2004 Eroldoğan *et al*., 2006). شرایط بحرانی ممکن است در اثر کمبود مواد غذایی، کاهش یا افزایش شدید حرارتی، کمبود اکسیژن، شوری و تراکم بالا بوجود آید، که می تواند محرک رشد جبرانی باشد. رشد جبرانی در ماهی تنها از نظر تئوریک مورد توجه نیست بلکه در آبزی پروری نیز کاربرد دارد. بهره برداری مناسب از این پدیده در افزایش ضریب رشد و کارایی غذایی موثر است. پاسخ رشد جبرانی معمولا با افزایش جذب غذا، افزایش کارآیی غذا و تغیر در ترکیب بافت جدید می باشد (Nicieza and Metcalfe ,1997). در خصوص اثر دوره های محدودیت پروتئینی مطالعات اندکی صورت گرفته است، بنابراین مطالعه حاضر به منظور تاثیر دوره های بلند مدت محدودیت پروتئینی بر روی عملکرد رشد و ترکیب بدن ماهی قزل آلای رنگین کمان طراحی و اجرا شد.

مواد و روش کار

تحقیق حاضر در ایستگاه تحقیقات تخصصی تغذیه و غذای زنده آبزیان وابسته به پژوهشکده آبزی پروری آب های داخلی کشور واقع در شهرستان بندرانزلی از تاریخ ۹۲/۱۰/۲۸ به مدت هشت هفته به اجرا در آمد. برای انجام این تحقیق ۳ تیمار آزمایشی و برای هر تیمار سه تکرار در نظر گرفته شد. تیمار یک (کنترل) با پروتئین ۴۵ درصد در کل دوره با محدودیت پروتئینی ، تیمار دو با پروتئین های ۳۰ و ۴۵ درصد با تناوب محدودیت پروتئینی یک هفته ای و تیمار سه با پروتئین های ۳۰ و ۴۵ درصد با تناوب محدودیت پروتئینی دو هفته ای تغذیه شدند. در طی دوره آداپتاسیون (۱۴روز) با یک جیره تجاری (شرکت فرادانه) (حاوی ۴۵٪ پروتئین و ۲۰ درصد چربی) تغذیه شدند (Webster and Lim.,2002). تراکم ذخیره سازی 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، اکسیژن و پی اچ (با دستگاه مولتی متر مدل 3040i) بصورت هفتگی اندازه گیری و ثبت شد. دمای

آب بین ۱۲ تا ۱۴ درجه سانتیگراد و اکسیژن محلول بین ۷/۵ تا ۸/۱ میلی گرم در لیتر بود. غذادهی به ماهیان دو بار در روز (۹ صبح و ۱۵ بعد از ظهر) تا حد سیری ظاهری انجام شد. دو جیره آزمایشی برای انجام این تحقیق در نظر گرفته شد. برای تهیه جیره ها، مواد اولیه جامد شامل آرد ماهی، آرد سویا و آرد گندم با آسیاب برقی کاملا آسیاب شده (جدول ۱) و هرکدام بطور جداگانه از الک ۵۰۰ میکرون عبور داده شدند تا نمونه ای یکدست حاصل شود. سپس هر کدام از مواد غذایی مورد نظر بر اساس فرمولاسیون، با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱گرم وزن شده و این مواد در حدود ۱۵ دقیقه با استفاده از دستگاه مخلوط کن برقی جهت یکدست شدن، مخلوط شدند. سپس روغن و مکمل ویتامینی بر اساس وزن محاسبه شده و در جیره غذایی نهایی به منظور ایجاد حالت خمیری، آب اضافه گردید و تا تهیه به خمیر یکدست مخلوط گردید. خمیر حاصل را در درون دستگاه چرخ گوشت ریخته تا پلیت های غذایی ساخته شوند. برای این منظور از صفحه مشبک با قطر ۳ میلیمتر که متناسب با اندازه سایز دهانی ماهی پرورشی می باشد، استفاده شد. رشته های غذایی به داخل چند سینی منتقل و پس از خشک شدن به کیسه های پلاستیکی انتقال و در فریزر با دمای ۲۰- درجه سانتیگراد ذخیره شدند تا در زمان آزمایش مورد استفاده قرار گیرند.

جدول۱: اجزای غذایی و آنالیز تقریبی جیر ه های غذایی در آزمایش (براساس درصد وزن خشک)

اجزاء جیره	تیمار ٪۴۵	تیمار ٪۳۰
پودر ماهی	۵۸	۳۴
کنجاله سویا	۱۰	۱۰
آرد گندم	۲۰	۳۸
روغن ماهی	۹	۱۵
مکمل معدنی	۱/۵	۱/۵
مکمل ویتامینی	۱/۵	۱/۵
جمع	**۱۰۰**	**۱۰۰**
آنالیز تقریبی		
پروتئین	۴۴/۶	۳۰/۱
چربی	۱۴/۵	۱۸/۲
خاکستر	۹/۱	۸/۵
انرژی خام	۲۱/۸	۲۱/۷

۱. مکمل ویتامین ها برای هر کیلوگرم غذای تولید شده به شرح زیر است:

vitA=4200 IU, vitD3=420 IU, vitE=0/462 mg, vitK=1/5 mg, B2=1 mg, B6=0/21 mg, B1=0/42 mg, Niacin amide=1/26 mg , B12=8mg

۲. مکمل مواد معدنی برای هر کیلوگرم غذای تولید شده به شرح زیر است:

آهن: ۱۰ میلی گرم، روی: ۰/۰۶۷۹ میلی گرم، منیزیوم: 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 ترکیبات و مواد اولیه برای تهیه جیره های آزمایشی و لاشه ماهیان قبل و بعد از آزمایش بر اساس روش کار استاندارد جیره AOAC (1997) انجام گردید. میزان رطوبت، پروتئین خام، چربی و خاکستر غذاها اندازه گیری گردید. برای اندازه گیری رطوبت، نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد قرار داده شدند و کاملا خشک گردیدند. پروتئین خام با اندازه گیری نیتروژن کل(N× 6/25) با استفاده از روش کجلدال تعیین شد. اندازه گیری 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 و خاکستر با سوزاندن لاشه در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد به مدت ۹ ساعت اندازه گیری شد (AOAC., 1997).

در پایان دوره پرورش و ثبت داده های بدست آمده، شاخص های رشد، بازماندگی و شاخص های تغذیه ای با استفاده از روابط زیر محاسبه گردید.

افزایش نسبی وزن بدن(W.G)

{100×وزن اولیه / (وزن اولیه– وزن نهایی)} = درصد افزایش وزن بدن

ضریب رشد ویژه(S.G.R)

$SGR=100\times[(Log_nW_2-Log_nW_1)/T$

Log_nW_2: لگاریتم طبیعی وزن نهایی(g)، Log_nW_1: لگاریتم طبیعی وزن اولیه(g)، T : تعداد روزهای پرورش

ضریب تبدیل غذایی(F.C.R)

$FCR=TF/WG$

TF: غذای مصرفی(g)، WG: افزایش وزن(g)

نسبت بازده پروتئین(P.E.R)

$PER=WG(g)/PC(g)$

WG: افزایش وزن، PC: پروتئین مصرفی

دریافت غذای روزانه(DFI)

$DFI=TF\times[(IW+FW)/2\times Days\ fed]\times100$

IW: وزن اولیه، FW: وزن نهایی

کارایی تبدیل غذا(FCE)

$FCE=WG/TF$

WG: افزایش وزن(g)، TF: مقدار غذای مصرف شده(g)

شاخص قیمت

قیمت غذا× ضریب تبدیل غذا(FCR)

درصد بازماندگی(.SV)

۱۰۰× تعداد ماهیان در پایان آزمایش /تعداد ماهیان در آغاز آزمایش= درصد بازماندگی

تمام داده ها با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه (One way /ANOWA) برای مقایسه تیمارها و معنی دار بودن یا نبودن میانگین های تیمارهای مختلف به کمک آزمون دانکن صورت گرفت. آزمون ها در محیط نرم افزار SPSS 18 انجام شد. برای رسم کلیه نمودارهای این آزمایش از نرم افزار Excel استفاده شد.

نتایج

در بین تیمارهای اولیه برای شروع آزمایش اختلاف معنی داری در مورد دو متغیر وزن و طول مشاهده نشد. در پایان ۸ هفته آزمایش بیشترین میزان میانگین رشد در بین تیمارهای محدودیتی مربوط به تیمار۲ به مقدار ۶/۵۸±۴۲/۰۹ گرم و کمترین میزان رشد هم مربوط به تیمار ۳ به میزان ۹/۳۳± ۲۹/۵۲ گرم بدست آمد (جدول ۲). بر اساس تجزیه و تحلیل آماری و اطلاعات جمع آوری شده در جدول ۲، دوره محدودیت پروتئینی برای رسیدن به رشد جبرانی در ماهی قزل آلای رنگین کمان موثر بود و در تیمار ۲ به رشد جبرانی دست پیدا کرد و اختلاف معنی داری بین تیمارهای کنترل (۱) و ۲ مشاهده نشد ($P \geq$ ۰/۰۵). در مورد طول هم تغییرات کمی مشاهده گردید، اختلاف معنی داری بین تیمارهای ۱ و ۲ مشاهده نشد (جدول ۲) ، بنابر این دوره محدودیت پروتئین بر روی شاخص طول و وزن موثر بود.

جدول۲: شاخص های رشد ماهی قزل آلای رنگین کمان در تیمارهای غذایی مختلف (میانگین±انحراف معیار)

شاخص	تیمار۱ (کنترل)	تیمار۲	تیمار۳
وزن اولیه	[a]۰/۸±۱۲/۷	[a]۰/۵۵±۱۲/۱۷	[a]٦۳±۱۲/٥٤
طول اولیه	[a]۰/۰۳±۱۰/۷	[a]٤۷±۱۰/۹٤	[a]۹۱±۱۰/۹٤
وزن نهایی(گرم)	[a]۱/۷۹± ٥۰/٦۱	[ab]٦/۸٥±٤۲/۰۹	[b]۹/۳۳±۲۹/٥۲
طول نهایی(سانتیمتر)	[a]۰/۰۱± ۱٦/۷۲	[a]۰/۷۷±۱٥/۷۸	[b]۰,۷۱±۱٤,۲٥
افزایش وزن	[a]۱۲/۸٦±۲۹۸/۹۱	[a] ٥۳/۷۹±۲٤٥/۸	[b]۲۳/٦۲±۱٥٤/٤
ضریب رشد ویژه	[a]۰/۰٤± ۲/٤۷	[a]۰/۲۸± ۲/۱۹	[b]۰/۳۷± ۱/٦٤
ضریب تبدیل غذا	[a]۰/۱۱± ۱/۲	[a]۰/۳٦± ۱/۲۲	[a]۰/٥۲± ۱/٦۷
نرخ کارایی پروتئین	[a]۰/۱۷± ۱/۸٤	[a]۰/٦± ۲/۲۳	[a]٤٥± ۱/٦۱
کارایی تبدیل غذا	[a]۰/۰۷± ۰/۸۲	[a]۰/۲۲±۰/۸۳	[a]۰/۲۱±۰/٦۳
دریاف غذای روزانه	[a]۰/۰۹± ۲/۰۳	[a]۰/۳۳± ۱/۹٦	[a]۰/۳٤± ۱/۸۸
شاخص قیمت	[a]۱۳۸/٥±۲٤٤۸/۳۳	[b]٤۰٥/۱۷±۱۷۰۲/٦٦	[ab]۱۱٦/٦±۲۰۹٥/٦٦

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده ی عدم اختلاف معنی دار می باشند($p \geq ۰/۰٥$)

بیشترین درصد افزایش نسبی وزن بدن در بین تیمار های محدودیتی در تیمار ۲ به مقدار ۵۳/۷۹± ۲۴۵/۸ درصد و کمترین میزان آن در تیمار ۳ به میزان ۲۳/۶۲± ۱۵۴/۴ درصد محاسبه شد. بر اساس آنالیز داده های آماری تیمار ۲ با تیمار ۱ (کنترل) اختلاف معنی داری نداشت ($p \geq ۰/۰۵$). بنابراین دوره محدودیت پروتئینی بر روی شاخص افزایش نسبی وزن بدن موثر بوده است. بیشترین مقدار ضریب رشد ویژه در بین تیمارهای محدودیت مربوط به تیمار ۲ بود که با تیمار کنترل(۱) اختلاف معنی داری نداشت ($p \geq ۰/۰۵$). همچنین در مقادیر ضریب تبدیل غذایی، نرخ کارایی پروتئین، کارایی تبدیل غذا و دریافت غذای روزانه در بین تیمارهای محدودیتی و تیمار کنترل (۱) تفاوت معنی داری مشاهده نشد ($p \geq ۰/۰۵$). بالاترین مقدار شاخص قیمت غذا در تیمار کنترل(۱) به مقدار ۱۳۸,۵±۲۴۴۸,۳۳ وکمترین در تیمار ۲ به مقدار ۳۰,۶۶±۱۸۱۰,۳۳ مشاهده شد. در بین تیمارهای محدودیتی ۲ و ۳ اختلاف معنی داری از نظر شاخص قیمت غذا مشاهده نشد ($p \geq ۰/۰۵$). این نتایج در شاخص قیمت بدین معنی است که دوره های محدودیت پروتئینی این توانایی را دارند که هزینه غذای تولید شده را کاهش دهند (جدول ۲). در مقدار درصد بازماندگی اختلاف معنی داری در بین تیمارها مشاهده نشد ($p \geq ۰/۰۵$) و حداقل بازماندگی مربوط به تیمار ۱(کنترل) با ۹۶/۶۶ درصد بود و در سایر تیمارها حداکثر درصد بازماندگی با مقدار ۱۰۰ درصد مشاهده شد. همچنین بالاترین میزان پروتئین لاشه در تیمار ۲ به مقدار ۰/۴۹± ۷۶/۲۱ درصد مشاهده شد که با تیمار کنترل(۱) اختلاف معنی داری نداشت ($p \geq ۰/۰۵$). پائین ترین مقدار پروتئین لاشه در تیمار ۳ با مقدار ۰/۳۱± ۷۲/۸۴ درصد مشاهده شد که با تیمار ۱ و ۲ اختلاف معنی دار داشت ($p \leq ۰/۰۵$). همچنین بیشترین میزان چربی در تیمار۱ مشاهده گردید که با تیمار ۲ و ۳ اختلاف معنی داری داشت ($p \leq ۰/۰۵$). در مقدار رطوبت لاشه اختلاف معنی داری بین تیمار کنترل و تیمار ۲ مشاهده نشد ($p \leq ۰/۰۵$). این نتایج بیانگر این است که دوره های کوتاه مدت محدودیت پروتئینی در ترکیب لاشه تاثیر گذارند (جدول ۳) .

جدول۳: مقایسه ترکیب شیمیایی لاشه ماهیان در پایان آزمایش

	پروتئین خام	چربی خام	خاکستر	رطوبت
تیمار۱	^{a}۱/۱۳±۷٤/۰۱	^{a}۰/۲۸±۲۲/۷	^{a}۰/۳۹±۸/۸٤	^{a}۳/۳۳±۸۳/۰٤
تیمار۲	^{a} ۰/٤۹± ۷٦/۲۱	^{b}۰/۸۹± ۱۸/۲۳	^{a}۰/۰٤± ۹/۲٥	^{ab}۰/٥± ۷۹/۱٤
تیمار۳	^{b}۰/۳۱± ۷۲/۸٤	^{b}۰/۸۸± ۱۷/۲٥	^{a}۰/۰٤± ۹/٥۲	^{b}۳/۹٦± ۷۲/٥٤

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده ی عدم اختلاف معنی دار می باشند ($p \geq$۰/۰٥)

بحث

بر اساس جدول ۲ ، دوره های مختلف محدودیت پروتئین بر روی وزن و طول نهایی و نرخ رشد ویژه و درصد افزایش وزن موثر بود. با توجه به آنالیز داده های آماری در بین تیمارهای محدودیتی و تیمار کنترل می توان نتیجه گرفت که این ماهیان توانایی سازگاری با شرایط محدودیت پروتئینی و ایجاد رشد جبرانی را در خود دارند، این نتایج با یافته های Sevgili و همکاران (۲۰۱۲) و Wue و Dong (۲۰۰۲) همخوانی دارد. سطح متعادل محدودیتی در پروتئین جیره (۳۰٪) نسبت به پروتئین استفاده شده در جیره های تجاری قزل آلا در این مطالعه پائین تر هست (۴۲ و ۴۸ درصد: Hardy, 2002). ضریب رشد ویژه در بین تیمارهای کنترل (۱) و ۲ اختلاف معنی داری را از خود نشان نداد ($p \geq$۰/۰٥). علت این عدم اختلاف در نرخ رشد ویژه را شاید بتوان به سلسله مراتب تناوب غذایی ماهیان در مخازن نسبت داد، زیرا ماهیان بعد از برطرف شدن گرسنگی رفتارهای مخاطره جویانه از خود نشان می دهند و غالبا تلاش بیشتری برای بدست آوردن غذا از خود نشان می دهند (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 اثرگذارند. این بیانگر این است که پس از یک دوره محدودیت پروتئین با تناوب یک هفته ای تیمار ۲ به خوبی توانست رشد جبرانی را در خود بوجود آورد. در تحقیق حاضر پاسخ رشد جبرانی در قزل آلای رنگین کمان در پایان دوره مشاهده شد. همچنین یک دوره محدودیت پروتئینی متعادل توانست سبب رشد جبرانی در میگوی چینی (Wu and Dong, 2002) و لاک پشت (Xie *et al.*, 2012) شود، اما در کپور معمولی رشد جبرانی مشاهده نشد (Schwarz *et al.*, 1985). در پایان دوره فقط تیمار ۲ توانست به وزنی مشابه وزن ماهیان تیمار کنترل برسد، نتایج تحقیق حاضر با نتایج Schwarz و همکاران در سال ۱۹۸۵ که با القا محدودیت پروتئینی به کپور معمولی پاسخ رشد جبرانی را مشاهده نکردند متناقض است. در تغذیه میگوی چینی با دو هفته محدودیت پروتئینی رشد جبرانی مشاهده شد و میگو یک بازیافت رشد کامل را از خود نشان داد. wu و همکاران در سال ۲۰۰۶ در تغذیه ماهی *Japanese flounder* با جیره های 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 بازیافت رشد را بدست آوردند. مطالعه حاضر در باره پاسخ رشد محدودیت پروتئینی داده شده به قزل آلای رنگین کمان کاملا با سایر محققین در داخل گروه های بالا همخوانی دارد. در مطالعه حاضر ماهیان در تیمار ۲ توانستند کاهش طول و وزن خود را در پایان یک دوره ۸ هفته ای دوباره بدست آورند. محرومیت غذایی در قزل آلای قهوه ای و سیم دریایی سرطلایی توانست کاهش وزن را ترمیم نماید، اما پس از برداشتن محدودیت در ساختار طولی این امر محقق نشد (Álvarez,2011 and Bavčević *et al.*,2010). ماهیان در طی دوره محدودیت دریافت غذای پائین و رشد کمتری را از خود نشان دادند ولی به محض برداشتن محدودیت ماهیان دریافت غذای بالاتر و رشد سریعتری را از خود نشان دادند. در پایان دوره اختلاف

معنی داری در دریافت غذای روزانه مشاهده نشد ($p>0.05$). این نتایج با نتایجی که از میگوی چینی(Wu and Dong, 2002) و قزل آلای رنگین کمان(Sevgili *et al.*,2012) بدست آمد همخوانی دارد. محدودیت داده شده به قزل آلای رنگین کمان یک پیشرفت را در کارایی تبدیل غذا در پایان دوره با مقدار محدودیت نشان داد. همچنین نتایج تحقیق حاضر با نتایج Schwarz و همکاران(۱۹۸۵) و Wu و همکاران (۲۰۰۶) در تضاد است، که اثر محدودیت پروتئینی بر روی کارایی مصرف غذا را مشاهده نکردند. در مقدار ضریب کارایی پروتئین بدست آمده در بین تیمارها در پایان آزمایش اختلاف معنی داری مشاهده نشد ($p \geq ۰/۰۵$). این نتایج با نتایجی که بر روی میگوی چینی(Wu and Dong, 2002) و قزل آلای رنگین کمان (Sevgili *et al.*,2012) انجام شد همخوانی دارد. بازماندگی یکی از پارامترهای مهم در آبزی پروری است و می تواند تحت تأثیر دوره های گرسنگی قرار گیرد. در اغلب موارد، ماهیانی که برای مدت کوتاه تحت تاثیر دوره های گرسنگی قرار می گیرند، بازماندگی بالایی دارند اما اگر دوره گرسنگی طولانی شود، مرگ و میر افزایش می یابد (Bilton and Robins., 1973; Dabrowski *et al.*, 1986; Sheng *et al.*, 2006). در تحقیق حاضر، هیچ اختلاف معنی داری در نرخ بازماندگی بین گروه کنترل و تیمارهای مختلف مشاهده نشد و کلیه تیمارها از بازماندگی بالایی برخوردار بودند که می تواند به دلیل کوتاه بودن دوره های محدودیتی باشد. طبق جدول ۲ درصد بازماندگی در بین تیمارهای محدودیتی و تیمار کنترل دارای اختلاف معنی داری نبود، که این موضوع نشان دهنده بی تاثیر بودن جیره های غذایی بر روی مرگ و میر گونه مورد مطالعه می باشد (Kim *et al.*,2004). در مطالعه ای که به مدت هشت هفته روی ماهی قزل آلای رنگین کمان انجام گرفت، ترکیب لاشه در پایان دوره محرومیت غذایی، تفاوت معنی داری نشان نداد (Imani *et al.*, 2009) ، همچنین در تحقیقی که روی ماهی هالیبوت اقیانوس اطلس (Heide *et al.*, 2006) و قزل آلای رنگین کمان (Teskeredzic *et al.*, 1995)انجام شد نیز اختلاف معنی داری در آنالیز لاشه مشاهده نشد که نتایج تحقیق حاضر با آنها مطابقت ندارد. در مطالعه ای که توسط آقای Sevgili و همکاران در سال ۲۰۱۲ بر روی ماهی قزل آلای رنگین کمان انجام گرفت در پایان دوره در مقدار پروتئین لاشه ترمیمی مشاهده نشد. همچنین محدودیت پروتئینی در ماهی *Japanese flounder* روی کل ترکیب بدن اثری نداشت (Wu *et al.*,2006) ، این نتایج با نتایج تحقیق حاضر در تضاد است. تحقیق حاضر یک افزایش را در مقدار پروتئین لاشه در پایان آزمایش در تیمار ۱ از خود نشان داد. نتایج آنالیز لاشه در تحقیق حاضر نشان داد که دوره های محدودیت پروتئینی کوتاه مدت تأثیر معنی داری بر روی درصد پروتئین لاشه دارد. تحقیق حاضر نشان داد که دوره های محدودیت پروتئینی با تناوب یک هفته ای باعث افزایش مقدار پروتئین لاشه خواهد شد و این بیانگر این است که از نظر کیفیت لاشه تیمار ۲ بهترین تیمار محسوب می شود چرا که بیشترین پروتئین را نسبت به تیمار های دیگر در لاشه خود دارد. همچنین Schwarz و همکاران (۱۹۸۵)، Wu و Dong (۲۰۰۲) و Wu و همکاران (۲۰۰۶) ترمیمی را در مقدار پروتئین بدن کپورهای محدودیت داده شده و میگوی چینی در پایان فاز تغذیه مجدد مشاهده کردند که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. در پایان آزمایش کل چربی بدن در بین تیمارهای کنترل و محدودیتی اختلاف معنی داری را از خود نشان داد ($p \leq ۰/۰۵$) که 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 نمی تواند ممکن باشد.

توصیه ترویجی

از آنجایی که هزینه غذا در تولید تمام شده محصول، نقش به سزایی داشته و بیش از ۶۰ درصد هزینه تولید را شامل می شود، از اینرو می توان با بالانس پروتئین در جیره غذایی هزینه تمام شده را مدیریت کرد. جیره غذایی با سطوح مختلف پروتئین روی ماهیان مورد آزمایش قرار

گرفت و در نهایت تیمار با پروتئین ۳۰ درصد بالاترین مقدار وزن بدن و نرخ رشد را در بین تیمارهای محدودیتی بدست آورد. بنابر نتایج این تحقیق در پروش ماهی قزل آلای رنگین کمان با اعمال محدودیت پروتئینی در سطح پروتئین ۳۰ درصد می توان رشد بهینه تری را شاهد بود.

منابع

Abdalla, H.O., Fox, D.G., Thonney, M.L., 1988. Compensatory gain by Holstein calves after underfeeding protein. Journal of Animal Science 66, 2687–2695.

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

AOAC, 1997. Official methods of analysis of association of official analytical chemists, 16th ed. AOAC, Arlington, VA, 1298P.

Ashworth, A., Millward, D.J., 1986. Catch-up growth in children. Nutr. Rev. 44, 157–163.

Álvarez, D. 2011. Effects of compensatory growth on fish behavior. In: Encyclopedia of fish physiology, Vol 1. 1st edn. (Ed. by A. P. Farrell), pp. 752–757.

Bavčević, L., Klanjšček, T., Karamarko, V., Aničić, I., Legović, T., 2010. Compensatory growth in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) compensates weight, but not length. Aquaculture 301, 57–63.

Bejda, A.J., Phelan, B.A., Studholme,A.L., 1992. The effect of dissolved-oxygen on the growth of young of the year winter flounder, *Pseudopleuronectes americanus*. Environment Biology Fisches 34, 321 327.

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*) fry. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 30:1–5.

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.

Dabrowski, K., Takashima, F. and Strussmann, C. 1986. Does recovery growth occur in larval fish. Bulletin of the Japanese Society of Science, 52, 1869 p.

Damsgard, B., Arnesen, A.M., 1998. Feeding, growth and social interactions during smolting and seawater acclimation in Atlanticsalmon, *Salmo salar*. Acuaculture 168, 716.

Dobson, S.H., and Holmes, R.M., 1984. Compensatory growth in the rainbow trout, *Salmo gairdneri richardson*. Journal of Fish Biology 25, 649–656.

Eroldoğan, O.T., Kumlu, M., Sezer, B., 2006. Effects of starvation and re-alimentation periods on growth performance and hyperphagic response of *Sparus aurata*. Aquaculture Research 37,535-537.

Hardy, R.W., 2002. Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. In: Webster, C.D., Lim, C.E. (Eds.), Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. CABI Publishing, NewYork, pp. 184–2002.

Hayward, R.S., Noltiem, D.B., Wang, N., 1997. Use of compensatory growth to double hybrid sunfish growth rates. Trans. Am. Fish. Soc. 126, 316– 322.

Heide, A., Foss, A., Stefansson, S.O., Mayer, I., Norberg, B., Roth, B., Jenssen, M.D., Nortvdt, R. and 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.

Imani, A., Farhangi, M., Yazdanparast, R., Bakhtiari, M., Saljoughi, Z. and Mojazi Amiri, B. 2009. Growth and feeding indices in rainbow trout during various periods of feed deprivation and re-feeding. Iran Journal of Fisheries. 67: 1-12.

Kim, K.W., Wang, X. Chio, S.M., Park, G.J. and Bai S.C.,2004. Evaluation of optimum dietary protein –to- energy ration Juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus*, (Temminck et Schlegel). Aquaculture Research., 35,250-255.

Marais, P.G., Van Der Merwe, H.J., Dutoit, J.E.J., 1991. The effect of compensatory growth on food intake, growth rate, body composition and efficiency of feed utilization in Dorper sheep. S. Afr. Jornal of Animal Science. 21, 80–88.

Mersmann, H.J., MacNeil, M.D., Seideman, S.C., Pond,W.G., 1987. Compensatory growth in finishing pigs after feed restriction. Jornal of Animal Science. 64, 752– 764.

Nicieza, A.G., and Metcalfe, N.B., 1997. Growth compensation in juvenile Atlantic salmon: responses to depressed temperature and food availability. Ecology 2385 -2400.

Nikki, J., Pirhonen, J., Jobling, M., Karjalainen, J., 2004. Compensatory growth in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), held individually. Aquaculture235, 285–296.

Sevgili, H., Hossu, B., Emre, Y., Kanylmaz, M., 2012. Compensatory growth after various levels of dietary protein restriction in rainbow trout, *Oncorhynchus Mykiss*. Aquaculture 126-134.

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.

Sheng, J., Lin, Q., Chen, Q., Shen, L. and 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.

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.

Summers, J.D., Spratt, D., Atkinson, J.L., 1990. Restricted feeding and compensatory growth for broilers. Poult. Sci. 69, 1855–1861.

Teskeredzic, Z., Teskeredzic, E., Tomec, M., Hacmanjek, M. and 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.

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

Webster,C., Lim,C., 2002. Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. CABI, 2002 - Nature - 418 pages.

Whang,K.Y., Kim, S.W., Donovan, SM., Mckeith, F.K., Easter, RA.,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.

Wu,L., Dong,S.,2002. Effects of Protein restriction with subsequent relimentation on growth performance of juvenile Chines shrimp (*fennero penaeus chinensis*). Aquaculture 2010,343-358.

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.

Xie, Q.-S., Yang, Z.-C., Li, J.-V., Li, Y.-V., 2012. Effect of protein restriction with subsequent re-alimentation on compensatory growth of juvenile soft-shelled turtles (*Pelodiscus sinensis*). Aquaculture International 20, 19–27.

Yang, Y.X., Jin, Z., Yoon, S.Y., Choi, J.Y., Shinde, P.L., Piao, X.S., Kim, B.W., Ohh, S.J., Chae,B.J., 2008. Lysine restriction during grower phase on growth performance, blood metabolites, *carcass traits* and pork quality in grower finisher pigs. Acta Agriculturae Scandinavica, Section A 58, 14–22.

Feed and growth efficiency indices of rainbow trout *(Oncorhynchus mykiss)* during short periods of protein restriction

Bakhtiari Agmasjed Sh.[1] ;Salavatian S.M.[2*] ;Oraji H.[3];Gorbani S.A.[2]

[1]Faculty of Natural Resources, University of Guilan - Soomehsara
[1]Inland Waters Aquaculture Research center, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI),
[2]Agriculture research Education and Extension Organization (AREEO), Bandar-e Anzali, Iran
[3]Department of Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University , 9 th Km. Sea Road, Sari, Iran

Received : January 2020 Accepted: February 2020

Abstract

This study was conducted to determine the effects of different period of protein restriction during short periods of limitation period of one week and two week on growth performance and body composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in during of eight weeks. Experimental diets were formulated to contain protein restriction 30% and control diet of 45% protein levels. The experiment was a completely randomized design consisted of three treatments in triplicates and fish with initial weight of 12.73 g were randomly assigned and distributed at a density 10 fish per tank (80 L). The control treatment fed with 45% protein during the period, Treatment of 2 with 30% protein and 45% protein, with weekly alternation and treatment three with 30% and 45% protein with 2 weeks protein alternation during the experiment. At the end of experiment, treatment 2 obtained the highest body weight and the most specific grows rate among of the protein restriction treatments. Statistical analysis indicated that there was not significant difference ($P \geq 0.05$) between amounts of FCR, PER, FCE, FI and SV in protein restriction treatments and control treatment. The highest carcass protein content was observed in treatment 2 . Thus at the end of experiment compensatory growth obtained in treatment 2.

Keywords: Compensatory growth, protein restriction, body composition, *Oncorhynchus mykiss*

*Corresponding author: salavatian_2002@yahoo.com