تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۵/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۸/۲۳
نشریه شیلات، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۶۶، شماره ٤، زمستان ۱۳۹۲

تأثیرات جانشینی پودر ماهی با کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج در رشد، زنده‌مانی و ترکیب اسیدهای آمینهٔ بدن آلوین ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

❖ **نصراله احمدی فرد:** استادیارگروه شیلات دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
❖ **عبدالمحمد عابدیان کناری*:** دانشیارگروه شیلات دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران
❖ **علی معتمدزادگان:** دانشیارگروه صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

چکیده

استفاده از منابع پروتئین حیوانی در جیرهٔ ماهیان پرورشی، به علت افزایش قیمت و مشکلات محیطی و بهداشتی، به‌طور درخور توجهی کاهش خواهد یافت. تحقیقات اخیر در مورد تغذیهٔ ماهیان به سمت توسعهٔ غذاهای تجارتی با سطوح پایین پودر ماهی و جانشین‌هایی با ارزش اقتصادی کمتر سوق پیدا کرده است. در این تحقیق نخست، کنسانترهٔ پروتئینی از سبوس برنج به روش قلیایی تولید شد و سپس در جیرهٔ غذایی آلوین ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با نسبت‌های ۱۰، ۲۵ و ۳۵ درصد جانشینی استفاده شد. لارو ماهیان از ابتدای تغذیهٔ فعال به مدت ۳۰ روز با جیره‌های تهیه‌شده تغذیه شدند. میزان بازماندگی در تیمار شاهد بیشتر از سایر تیمارها بود، ولی بین سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. بیشترین میزان SGR، وزن نهایی و درصد افزایش وزن در تیمار RBPC10 به دست آمد که به‌طور معنی‌داری ($P<0.05$) بیشتر از دیگر تیمارها و حتی بیشتر از تیمار شاهد بود. بیشترین و کمترین نرخ بازده پروتئین (PER) و نرخ بازده چربی (LER) به ترتیب در تیمار شاهد و تیمار RBPC35 مشاهده شد ($P<0.05$)، ولی بین تیمارهای RBPC25 و RBPC10 تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($P>0.05$). آنالیز تقریبی لاشهٔ آلوین ماهیان بیشترین میزان لیپید و کمترین میزان پروتئین را در تیمار ۳۵ درصد جانشینی نشان داد ($P<0.05$). لاشهٔ آلوین ماهیان قزل‌آلای تغذیه‌شده با تیمارهای جانشینی تغییرات جزئی را در بعضی از اسیدهای آمینه نشان داد. اسید آمینهٔ گلایسین در سطوح بالای جانشینی با RBPC بیشتر از بقیهٔ تیمارها بود. هیستدین از اسیدهای آمینهٔ ضروری در سطوح بالای جانشینی نسبت به گروه شاهد کاهش نشان داد. اسید آمینهٔ لیزین در تیمار RBPC-35 نسبت به گروه شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش نشان داد ($P<0.05$). بر اساس نتایج رشد و ترکیب بدنی تیمار، جانشینی کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج تا سطح ۲۵ درصد برای لارو ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان مناسب است.

واژگان کلیدی: آلوین، اسیدهای آمینه، رشد، ، سبوس برنج، قزل‌آلای رنگین‌کمان، کنسانترهٔ پروتئینی.

* نویسندهٔ مسئول: تلفن: ۰۱۲۲۶۲۵۳۱۰۱ فاکس: ۰۱۲۲۶۲۵۳۴۹۹ Email:aabedian@modares.ac.ir

۱. مقدمه

صنعت آبزی‌پروری سریع‌ترین بخش تولید غذا در جهان با سرعت متوسط سالیانه ۸/۸ درصد است (Jackson, 2009). در پرورش ماهیان سردابی، هزینهٔ غذا بیش از ۵۰ درصد هزینهٔ جاری را به خود اختصاص داده و ۶۷ درصد هزینهٔ غذا مربوط به منابع پروتئینی جیره است (Forster *et al.*, 1999). از این‌رو، یکی از اهداف صنعت آبزی‌پروری شناسایی منابع جدید پروتئینی ارزان قیمت، ولی با ارزش غذایی بالاست.

قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) با تولید سالانهٔ ۶۲۶۳۰ تن در ایران از مهم ترین ماهیان سردابی و ششمین ماهی پرورشی سردابی در جهان محسوب می‌شود (Golchinfar *et al.*, 2011). از آنجا که این ماهی می‌تواند بلافاصله پس از جذب کیسهٔ زرده به تغذیهٔ فعال از جیرهٔ مصنوعی بپردازد، بنابراین، مطالعهٔ بهینه‌سازی جیرهٔ غذایی این ماهی به منظور رشد و بازماندگی آلوین‌های این گونهٔ ارزشمند ضروری به نظر می‌رسد. به علت نرخ رشد سریع، آلوین ماهی نیاز بالایی به اسیدهای آمینه برای سنتز بلوک‌های پروتئینی دارد؛ همچنین، از اسیدهای آمینه به‌منزلهٔ منبع انرژی استفاده می‌کند (Conceição *et al.*, 2003). بر این اساس، توجه به منبع پروتئینی مورد استفاده در ساخت جیرهٔ مصنوعی ماهیان از اهمیت بالایی برخوردار است.

به‌طور کلی، منابع پروتئین گیاهی ارزان‌قیمت و در دسترس‌اند (Palmegiano *et al.*, 2006) که بسته به خصوصیات هر یک از آنها می‌توانند به نسبت‌های متفاوت در ترکیب جیرهٔ غذایی استفاده شوند. از جمله مهم‌ترین منابع پروتئین‌های گیاهی می‌توان به کنجالهٔ سویا، کنجالهٔ پنبه‌دانه، کنجالهٔ بذرک، کنجالهٔ کلزا، کنجالهٔ گلرنگ، کنجالهٔ کنجد، دانهٔ باقلا و... اشاره کرد. از میان آن دسته از پروتئین‌های گیاهی که به‌طور معمول استفاده می‌شوند کنجالهٔ سویا به علت فراوانی و ارزش غذایی اهمیت بیشتری دارد (Gatlin *et al.*, 2007). به‌طور کلی، در استفاده از پروتئین‌های گیاهی میزان و نوع اسیدهای آمینه (Watanabe *et al.*, 1995) و نیز مواد ضد مغذی (Francis *et al.*, 2001) موجود در آنها حائز اهمیت‌اند، اما مشکل اصلی منابع گیاهی در تغذیهٔ ماهی مقادیر بالای کربوهیدرات آنهاست. به‌طور معمول برای ماهیان سردابی و دریایی میزان کربوهیدرات نباید بیشتر از ۲۰ درصد باشد (Gomes *et al.*, 1995; Hemre *et al.*, 1995; Kaushik *et al.*, 1995). با توجه به نیازمندی‌های غذایی ماهیان گوشت‌خوار، مانند ماهی‌های آزاد آتلانتیک و قزل‌آلای رنگین‌کمان، پروفیل اسیدهای آمینهٔ کنسانترهٔ برنج به جزء لیزین نیازهای تغذیه ای آبزیان را تأمین می‌کند (NRC, 1993). طبق تعریف، بازده کارایی پروتئین (PER) به صورت نسبت اضافه وزن حاصل به کل پروتئین مصرف‌شده بیان می‌شود که به‌منزلهٔ شاخص کیفیت پروتئین به کار می‌رود؛ به ترتیب مقادیر زیر ۱/۵، ۱/۵–۲ و بالای ۲ بیانگر کیفیت پروتئینی ضعیف، متوسط و خوب تعریف شده است (Friedman, 1996). میزان بازده کارایی پروتئین (PER) برای کنسانترهٔ سبوس برنج بین ۲ تا ۲/۵ در مقایسه با ۲/۵ برای کازئین متغیر است. قابلیت هضم کنسانترهٔ سبوس برنج بالاتر از ۹۰ درصد است (Helm and Burks, 1996). برنج از خانوادهٔ غلات است که دانهٔ آن حاوی ۰/۴ درصد روغن، ۸/۱ درصد پروتئین و ۸۰/۹ درصد کربوهیدرات است. سبوس برنج که حدوداً ۶ درصد دانهٔ برنج را تشکیل می‌دهد حاوی ۱۲/۶ درصد پروتئین، ۴۰ درصد کربوهیدرات، ۱۲/۸ درصد روغن، ۱۴/۵ درصد خاکستر و ۷/۸ درصد

فیبر است (Shih, 2003). سبوس برنج محصول جانبی فرایند عمل‌آوری برنج (با تبدیل برنج قهوه‌ای به برنج سفید) است و منبع مناسبی از ویتامین‌ها (ویتامین‌های گروه B)، مواد معدنی و آنتی‌اکسیدان است که سبب بهبود سلامت می‌شود و میزان پروتئین خام آن در مقایسه با دانهٔ اصلی بیشتر است. یکی از مشکلات سبوس برنج میزان فیبر موجود در آن است که، ضمن کاهش میزان قابلیت هضم غذا، سبب جذب آب و ناپایداری پلت در آب می‌شود (Barber and De Barber, 1991). برای مصرف سبوس برنج می‌توان از روش حذف ترکیبات چربی، ترکیبات غیر پروتئینی و محلول در آب و در نهایت، تولید محصولی با نام کنسانترهٔ پروتئینی استفاده کرد که در این مطالعه به آن پرداخته شده است.

پروتئین سبوس برنج به علت داشتن ۳-۴ درصد لیزین که در مقایسه با دیگر پروتئین‌های گیاهی بیشترین است و همچنین، به علت داشتن ترکیبات پلی‌پپتیدی ضدآلرژی از ارزش غذایی درخور توجهی برخوردار است (Juliano, 1985). میزان اسیدهای آمینهٔ سبوس برنج بالاست و پروتئین محلول آن ۶ درصد وزن کل سبوس را تشکیل می‌دهد که استخراج‌شدنی است (Barber and De Barber, 1991). تولید کنسانترهٔ پروتئینی از سبوس برنج به دو روش شیمیایی و آنزیمی انجام می‌شود که روش شیمیایی به علت آسانی و ارزان قیمت‌بودن بیشتر کاربرد دارد (Gnanasambandam and Heitiarachy, 1995). در روش شیمیایی با استفاده از شرایط قلیایی پروتئین‌ها به صورت محلول درمی‌آیند و سپس، با استفاده از اسید نرمال در نقطهٔ ایزوالکتریک رسوب داده می‌شوند. گروهی از محققان (Bera and Mukherjee, 1989; Gnanasambandam and Heitiarachy, 1995; Wang *et al.*, 1999) توانستند کنسانترهٔ پروتئینی از سبوس برنج تولید کنند و با بررسی خصوصیات کاربردی آن را به‌منزلهٔ یک منبع غذایی پروتئینی مطرح و پیشنهاد کنند. کنسانتره‌های پروتئینی گیاهی به‌طور معمول ارزان قیمت‌اند و به‌راحتی می‌توان آنها را با پودر ماهی در جیرهٔ غذایی ماهیان آب شیرین و آب شور جانشین کرد (Oliva-Teles *et al.*, 1994; Robaina *et al.*, 1995). از کنسانترهٔ پروتئینی پودر برنج اخیراً در جیرهٔ غذایی قزل‌آلای رنگین‌کمان (Palmegiano *et al.*, 2006)، سی بریم سر طلایی (Sánchez-Lozano *et al.*, 2009) و سی بریم لکه سیاه (Daprà *et al.*, 2009) استفاده شده و نتایج خوبی حاصل شده است، اما دربارهٔ کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج در آبزی‌پروری مطالعه‌ای انجام نشده است. به سبب قابلیت تولید کنسانترهٔ پروتئینی از سبوس برنج، در این مطالعه سعی شده است با تولید کنسانترهٔ پروتئینی از سبوس برنج میزان جانشینی آن به جای پودر ماهی در جیرهٔ غذایی آلوین ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) بررسی شود.

۲. مواد و روش کار

۱.۲. تهیهٔ کنسانترهٔ پروتئین از سبوس برنج

سبوس برنج رقم هاشمی از کارخانهٔ شالیکوبی شهرستان نور خریداری و به آزمایشگاه دانشکدهٔ منابع طبیعی و علوم دریایی دانشگاه تربیت مدرس انتقال داده شد و در سردخانه با دمای ۱۸- درجهٔ سانتی‌گراد نگهداری شد. برای چربی‌زدایی سبوس برنج از هگزان با نسبت ۱:۳ استفاده شد؛ سپس، در دور ۴۰۰۰g سانتریفوژ (Beck man USA) و در دمای اتاق (حدود ۲۳ درجهٔ سانتی‌گراد) چربی‌زدایی انجام شد (Wang *et al.*, 1999). محصول چربی‌زدایی‌شده به مدت یک شب زیر هود معمولی با استفاده از هوا خشک شد. سبوس خشک‌شده با استفاده از الک با چشمهٔ ۸۰ میکرون الک

شد و داخل کیسه‌های پلی‌اتیلنی بسته‌بندی شد. کنسانترهٔ پروتئین با استفاده از روش قلیایی تهیه شد (Gnanasambandam and Heitiarachy, 1995). در این روش سبوس برنج چربی‌زدایی شد و با آب دی‌یونیزه با نسبت ۱:۱۰ با هم مخلوط شدند و با رساندن pH مخلوط به ۱۱ با استفاده از سود ۱ نرمال به مدت ۳۰ دقیقه در دمای اتاق هم زده شدند. سپس، محصول حاصل با سانتریفوژ دور g ۳۰۰۰ به مدت ۳۰ دقیقه تخلیص شد. PH قسمت رویی با استفاده از اسید کلریدریک ۱ نرمال به ۴/۵ رسانده شد و پروتئین رسوب داده شد. قسمت رسوب‌کرده با استفاده از سانتریفوژ با دور g ۳۰۰۰ به مدت ۳۰ دقیقه جداسازی و با آب مقطر دی‌یونیزه شسته شد و pH آن با استفاده از سود ۱ نرمال به ۷ رسید و سپس، فریزدرایر شد. محصول نهایی به‌منزلهٔ کنسانترهٔ پروتئین سبوس برنج در جیرهٔ غذایی استفاده و آنالیزهای مورد نیاز برای تأیید انجام شد.

۲.۲. تهیهٔ جیرهٔ غذایی قزل‌آلای رنگین‌کمان

در این مرحله از فرآوردهٔ تهیه‌شده (کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج) برای ساخت جیره‌های غذایی استفاده شد. سه تیمار جانشین پودر ماهی شامل ۱۰، ۲۵ و ۳۵ درصد جانشینی به همراه یک تیمار شاهد (۱۰۰ درصد پودر ماهی) استفاده شدند (جدول ۱). جیرهٔ شاهد حاوی ۵۲ درصد پروتئین با استفاده از نرم‌افزار جیره‌نویسی لیندو فرموله شد. اجزای جیره‌ها با افزودن مقدار آب مناسب

جدول ۱. ترکیب جیرهٔ غذایی لارو ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه‌شده با تیمارهای جانشینی کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج

	*تیمار غذایی			
اجزای غذایی (٪)	**شاهد**	**RBC10**	**RBC25**	**RBC35**
پودر ماهی	۶۴/۸۷	۵۸/۳۷	۴۸/۶۳	۴۲/۱۱
آرد گندم	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج	–	۶/۴۸	۱۶/۲	۲۲/۷
گلوتن گندم	۵	۵	۵	۵
روغن ماهی	۴/۷۸	۴/۷۹	۴/۸	۴/۸۱
روغن سویا	۴/۷۸	۴/۷۹	۴/۸	۴/۸۱
مکمل معدنی	۳	۳	۳	۳
مکمل ویتامینی	۲	۲	۲	۲
آنتی‌اکسیدان	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۵
بایندر	۱/۵	۱/۵	۱/۵	۱/۵
سلولز	۴	۴	۴	۴
پروتئین (نیتروژن × ۶/۲۵) (بر اساس وزن خشک)	۵۲/۸۶	۵۱/۶۹	۵۲/۴	۵۳/۳
چربی (بر اساس وزن خشک)	۱۷/۰۱	۱۶/۵۷	۱۶	۱۶/۴
خاکستر (بر اساس وزن خشک)	۱۶/۲	۱۷/۸	۱۸/۱	۱۶/۹
میزان انرژی (کیلو ژول بر گرم)	۱۹/۷۸	۱۹/۵	۱۹/۱۴	۱۸/۹

*** تیمارهای غذایی شامل ۳ تیمار: RBPC10: تیمار جانشینی ۱۰ درصد پودر ماهی با کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج، RBPC25: تیمار جانشینی ۲۵ درصد پودر ماهی با کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج و RBPC35: تیمار جانشینی ۳۵ درصد پودر ماهی با کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج.**

به شکل خمیری یکنواخت تبدیل شدند. سپس، خمیر حاصل از دستگاه چرخ‌گوشت با قطر چشمهٔ ۲ میلی‌متر (Hardy and Barrows, 2002) عبور داده شد. در نهایت پلت‌های مرطوب در دمای ۳۰ °C به مدت ۲۴ ساعت خشک (Farhangi and Carter, 2001)، بسته‌بندی و در دمای ۲۰ °C- نگهداری شدند. قبل از مصرف پلت‌های تولیدشده خرد و با استفاده از الک با اندازه‌های چشمه‌های مختلف دسته‌بندی شدند.

۳.۲. نحوهٔ تهیهٔ ماهیان و شرایط انجام‌دادن آزمایش

این تحقیق در کارگاه تکثیر و پرورش ماهیان واقع در دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. از ۱۲۰۰ قطعه آلوین ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با وزن متوسط ۱۳۰ میلی‌گرم برای آزمایش (۱۰۰ قطعه در هر واحد آزمایش) استفاده شد. در این آزمایش از طرح کاملاً تصادفی به علت شرایط یکنواخت آزمایشگاهی استفاده شد. این آزمایش با ۳ تکرار برای هر تیمار طراحی شد که مجموعاً از ۱۲ تانک ۱۵۰ لیتری مدور استفاده شد. شرایط روشنایی به صورت ۱۲: ۱۲ (روشنایی: تاریکی) بود. شاخص فیزیکوشیمیایی آب واحدهای آزمایشی بررسی و با تعویض آب به صورت ۱۰۰ درصد روزانه در دامنهٔ مطلوب حفظ شد (Tarazona and Muñoz, 1995). در ابتدا، تغذیه به میزان ۲/۵ درصد وزن بدن و سپس، ۶ بار در روز تا مرحلهٔ سیری (نخوردن غذا) (NRC, 1993) در دورهٔ ۳۰ روزه انجام شد.

۴.۲. نحوهٔ ارزیابی شاخص‌های رشد

با استفاده از معیارهایی نظیر ضریب رشد ویژه (SGR)، مقدار مصرف غذا، ضریب تبدیل غذایی (FCR)، ضریب کارایی پروتئین (PER)، ضریب کارایی چربی (LER)، فاکتور وضعیت (CF) و درصد رشد وزن (W_{gain}%) جیره‌های آزمایشی مقایسه شدند که نحوهٔ محاسبهٔ آنها در ذیل آورده شده است (Farhangi and Carter, 2001).

$$\text{Specific Growth Rate (SGR)} = [(\ln W_f\,(g) - \ln W_i\,(g)) \times 100] \times (t)^{-1}$$
$$\text{Feed conversion Ratio (FCR)} = \text{Feed}_{\text{consumed}}\,(g) \times W_{\text{mean}}\,(g)^{-1}$$
$$\text{Protein Efficiency Ratio (PER)} = W_{gain} \times \text{Crude protein}_{\text{consumed}}\,(g)\text{-}1$$
$$\text{Lipid Efficiency Ratio (LER)} = W_{gain} \times \text{Crude Lipid}_{\text{consumed}}\,(g)\text{-}1$$
$$CF = [BW\,(g)/BL\,(cm3)] \times 100$$
$$W_{gain} = W_f - W_i$$
$$\text{Percentage of Weight gain (WG \%)} = \text{final weight-initial weight} \times \text{initial weight}\,(g)\text{-}1$$

در معادلات بالا W_i ، W_f ، W_{mean} و W_{gain} به ترتیب حاکی از وزن اولیه، وزن نهایی، وزن متوسط و اضافه وزن (به گرم)، t دورهٔ زمانی (به روز) و $Feed_{consumed}$ میزان مصرف غذا (به گرم) است. همچنین، مقدار غذا به صورت تجمعی در یک دورهٔ زمانی مشخص گزارش شده است.

۵.۲. آنالیزهای شیمیایی

نیتروژن کل بر اساس روش کجلدال اندازه‌گیری و سپس، پروتئین خام با استفاده از فاکتور ۶/۲۵ محاسبه شد. چربی کل با استفاده از روش فولچ (Folch *et al.*, 1957) و رطوبت و خاکستر با استفاده از روش استاندارد (AOAC, 1995) تعیین شدند. مقدار اسیدهای آمینهٔ کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج و لاشهٔ آلوین ماهیان با استفاده از دستگاه HPLC اندازه‌گیری شدند (Lindroth and Mopper, 1979). برای اندازه‌گیری انرژی از بمب کالریمتر استفاده شد.

۶.۲. روش‌های تجزیه و تحلیل آماری

پس از بررسی نرمال‌بودن، داده‌های خام با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف و همگنی واریانس داده‌ها با استفاده از آزمون Leven بررسی شدند. از روش آنالیز واریانس یکطرفه برای بررسی داده‌ها و از آزمون دانکن (برای داده‌های نرمال) برای بررسی تفاوت بین میانگین داده‌ها استفاده شد. داده‌ها با استفاده از نسخهٔ ۱۵ نرم‌افزار SPSS بررسی شدند.

۳. نتایج

۱.۳. ترکیب کنسانتره و فاکتورهای رشد

نتایج مربوط به آنالیز تقریبی سبوس برنج حاوی چربی، سبوس برنج چربی‌زدایی‌شده و کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج در جدول ۲ آورده شده است. کنسانترهٔ تولیدشده حاوی ۷۵ درصد پروتئین، ۷/۱۱ درصد چربی و ۶ درصد خاکستر است. نتایج فاکتورهای رشد در آلوین ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه‌شده با تیمارهای جانشینی کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج در جدول ۳ آورده شده است. میزان بازماندگی از ۹۴ درصد تا ۸۹ درصد متغیر بود که بالاترین آن در تیمار شاهد به دست آمد و به‌طور معنی‌داری ($P<0.05$) بیشتر از دیگر تیمارها بود. با افزایش درصد جانشینی کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج درصد بازماندگی کاهش یافت، ولی بین آنها تفاوت معنی‌داری یافت نشد ($P>0.05$). بر اساس نتایج، بیشترین میزان SGR در تیمار RBPC10 به دست آمد که به‌طور معنی‌داری ($P<0.05$) بیشتر از دیگر تیمارها و حتی بیشتر از تیمار شاهد بود. با افزایش درصد کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج از میزان SGR کاسته شد. بیشترین میزان FCR در تیمار RBPC35 بود که به‌طور معنی‌داری ($P<0.05$) بیشتر از دیگر تیمارها بود. فاکتور وضعیت (CF) در تیمار RBPC10 و RBPC25 کمتر از تیمار شاهد و در تیمار RBPC35 بیشتر از شاهد بود، اما تفاوت آنها معنی‌دار نبود ($P>0.05$). بیشترین و کمترین نرخ بازده پروتئین (PER) و نرخ بازده چربی (LER) به ترتیب در تیمار شاهد و تیمار RBPC35 مشاهده شد ($P<0.05$)، ولی بین تیمارهای RBPC25 و RBPC10 تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($P>0.05$).

۲.۳. آنالیز تقریبی لاشهٔ آلوین ماهیان

جدول ۴ نتایج مربوط به مقایسهٔ تغییرات کیفیت لاشهٔ آلوین ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در تیمارهای مختلف را نشان می‌دهد. تغییرات میزان چربی کل و میزان پروتئین روندی معکوس یکدیگر را نشان دادند. بالاترین میزان چربی کل در ماهیان تغذیه‌شده با تیمار RBPC35 و کمترین آن در ماهیان تغذیه‌شده با تیمار RBPC10 مشاهده شد که این روند دقیقاً برعکس روند تغییرات میزان پروتئین لاشه است. بالاترین میزان پروتئین لاشه در ماهیان تغذیه‌شده با تیمار RBPC10 مشاهده شد که حتی نسبت به تیمار شاهد هم بیشتر است، ولی با افزایش جانشینی میزان آن کاهش یافت. میزان خاکستر در تیمار ۳۵ درصد جانشینی کمترین میزان را نشان داد، ولی با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری را نشان نداد.

جدول ۲. نتایج آنالیز تقریبی کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج

ترکیبات کنسانتره	کنسانترهٔ پروتئینی	سبوس برنج چربی‌زدایی‌شده	سبوس برنج حاوی چربی
پروتئین	۷۵±۲	۱۳/۸۹±۱/۵	۱۲/۶±۱/۱
چربی	۷/۱۱±۰/۲	۱/۹۲±۰/۱	۱۲/۱۳±۰/۴
خاکستر	۶±۰/۳	۱۱/۱۳±۰/۲	۸/۹۷±۰/۶
کربوهیدرات+فیبر	۱۱/۹±۰/۴	۶۱/۲±۲/۱	۶۳/۲±۱/۹

جدول ۳. فاکتورهای رشد در آلوین ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه‌شده با تیمارهای جانشینی کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج

	تیمار غذایی*			
پارامترهای رشد	**شاهد**	**RBPC10**	**RBPC25**	**RBPC35**
وزن اولیه (میلی‌گرم)	۱۳۱±۰/۵۸	۱۳۱±۰/۵۸	۱۳۳±۰/۸۸	۱۳۳±۰/۶
وزن نهایی (میلی‌گرم)	۱۲۱۰±۳۰ab	۱۲۳۰±۱۱a	۱۲۲۰±۴۲ab	۱۱۸۳±۳۳bc
میزان مصرف غذا (گرم)	۱۱۰±۱/۴d	۱۱۷±۱/۴۵bc	۱۱۴±۴/۶cd	۱۲۳±۱a
درصد افزایش وزن	۸۲۰/۷۸±۱۹ab	۸۳۸±۴/۵ ab	۸۱۴± ۲۷ ab	۸۰۴±۱۸ b
ضریب تبدیل غذایی	۱/۰۹±۰/۰۳b	۱/۱۶±۰/۰۲ab	۱/۱۶±۰/۰۵ab	a۱/۲۹±۰/ ۰۴
کارایی تبدیل غذایی	۷/۴±۰/۰۷ab	۷/۴۷±۰/۰۲a	۷/۳۸±۰/۱ab	bv/۳۴±۰/ ۰۷
فاکتور وضعیت	۱/۲۲±۰/۰۲	۱/۱۹±۰/۰۵	۱/۲۱±۰/۰۵	۱/۲۷±۰/۰۳
کارایی تبدیل پروتئین	۱/۷۴±۰/۰۵a	۱/۶۴±۰/۰۳ab	۱/۶۴±۰/۰۱ab	۱/۴۹±۰/۰۷b
کارایی تبدیل چربی	۵/۴±۰/۱۵a	۴/۹۹±۰/۰۵ab	۵/۰۹±۰/۲۱ab	۴/۵۵±۰/۱۶b
درصد بازماندگی	۹۴±۱a	۹۱/۶±۰/۳۳b	۹۰/۳±۰/۳b	۸۹/۶±۰/۳b

*** تیمارهای غذایی شامل ۳ تیمار: RBPC10: تیمار جانشینی ۱۰ درصد پودر ماهی با کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج، RBPC25: تیمار جانشینی ۲۵ درصد پودر ماهی با کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج و RBPC35: تیمار جانشینی ۳۵ درصد پودر ماهی با کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج.**

جدول ۴. آنالیز تقریبی لاشهٔ آلوین ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه‌شده با تیمارهای جانشینی

	تیمار غذایی*			
ترکیبات (٪)	**شاهد**	**RBPC10**	**RBPC25**	**RBPC35**
پروتئین (نیتروژن × ۶/۲۵) (بر اساس وزن خشک)	۶۸±۰/۳۴ab	۶۹±۰/۰۳a	۶۷/۶±۰/۰۵bc	۶۷±۰/۲bc
چربی (بر اساس وزن خشک)	۱۲/۵±۰/۵b	۱۲/۴۵±۰/۴۵b	۱۳±۰/۰۵ab	۱۴/۶±۰/۴a
خاکستر (بر اساس وزن خشک)	۱۲/۲۸±۰/۱a	۱۲/۱۸±۰/۳۷a	۱۲/۴±۰/۴a	۱۱/۵۵±۰/۸a
کربوهیدرات +فیبر	۷/۱۵±۰/۲۵a	۶/۳±۰/۰۵ab	۶/۹۵±۰/۳۵ab	۶/۷۹±۰/۲۵ab
نسبت چربی به پروتئین	۱۸/۱۹	۱۷/۸۷	۱۹/۲۱	۲۱/۷۷

*** تیمارهای غذایی شامل ۳ تیمار: RBPC10: تیمار جانشینی ۱۰ درصد پودر ماهی با کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج، RBPC25: تیمار جانشینی ۲۵ درصد پودر ماهی با کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج و RBPC35: تیمار جانشینی ۳۵ درصد پودر ماهی با کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج.**

۳.۳. ترکیب اسیدهای آمینهٔ جیره و لاشهٔ آلوین ماهیان

ترکیب اسیدهای آمینهٔ جیره‌های غذایی تیمارهای جانشینی کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج در جدول ۵ آورده شده است. با بررسی ترکیب اسیدهای آمینهٔ جیره‌های مختلف مورد استفاده در این تحقیق مشخص می‌شود که میزان اسیدهای آمینهٔ گلایسن از اسیدهای آمینهٔ غیرضروری در تیمارهای RBPC-25 و RBPC- 35 نسبت به تیمار شاهد افزایشی جزئی نشان داد، اگرچه تفاوت معنی‌داری بین آنها مشاهده نشد. همچنین، اسید آمینهٔ هیستدین از اسیدهای آمینهٔ ضروری در تیمارهای جانشین نسبت به تیمار شاهد کاهش اندکی نشان داد، اگرچه تفاوت معنی‌دار نبود. نتایج داده‌های مربوط به پروفیل اسیدهای آمینه نشان داد که با جانشینی کنسانترهٔ پروتئینی تغییر زیادی در ترکیب اسیدهای آمینهٔ جیرهٔ غذایی ایجاد نمی‌شود. در جدول ۶ ترکیب اسیدهای آمینهٔ لاشهٔ بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه‌شده با سطوح مختلف کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج آمده است. در بررسی این جدول مشخص شد که میزان اسید آمینهٔ آلانین از اسیدهای آمینهٔ غیر ضروری در تیمار ۳۵ درصد جانشینی با RBPC کمتر از شاهد بود. همچنین، مقدار اسید آمینهٔ گلایسین در سطوح بالای جانشینی RBPC و بیشتر از بقیهٔ تیمارها بود. هیستدین از اسیدهای آمینهٔ ضروری در سطوح بالای جانشینی نسبت به گروه شاهد کاهش نشان داد. اسید آمینهٔ لایزین در تیمار RBPC-35 نسبت به گروه شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش نشان داد ($P<0.05$).

۴. بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه از روش قلیایی برای تولید ایزولهٔ پروتئینی سبوس برنج استفاده شد که نتیجهٔ آن تولید محصولی با ۷۵ درصد پروتئین است. Tang و همکاران (۲۰۰۳) با استفاده از فرایندهای فیزیکی به همراه تیمار آنزیمی توانستند از سبوس برنج پروتئین استخراج کنند (Tang *et al.*, 2003). آنها گزارش کردند که فرایندهای فیزیکی (فشار بالا، صوت‌دهی و Blending) در ترکیب با تیمار آنزیمی آمیلاز قادر به تولید ایزوله‌ایی با حدود ۶۶ درصد پروتئین‌اند. محققان با استفاده از آنزیم‌های آلفا آمیلاز، گلوکوآمیلاز و مخلوطی از سلولاز و زیلاناز ایزوله‌ای پروتئینی از سبوس برنج تولید کردند و به این نتیجه رسیدند که آلفا آمیلاز به همراه گلوکوآمیلاز مؤثرتر واقع شدند و محصولاتی با ۸۵ درصد پروتئین تولید کردند (Shih and Daigle, 2000). در این مطالعه با جانشینی کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج یک موفقیت نسبی تا سطح ۲۵ درصد جانشینی در میزان رشد حاصل شد. Gaber (۲۰۰۶) از پودر باقلا در جیرهٔ غذای آلوین ماهی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) با ۲۵ تا ۱۰۰ درصد جانشینی به همراه مکمل‌های متیونین و لیزین استفاده کرد (Gaber, 2006). ماهیان تغذیه‌شده با تیمارهای جانشین تا سطح ۵۰ درصد رشد درخور مقایسه‌ای با شاهد نشان دادند، ولی با افزایش سطح جانشینی به‌طور معنی‌داری رشد کاهش یافت. همچنین، جانشینی به‌طور معنی‌داری در رطوبت، چربی و انرژی کل بدن تأثیر معنی‌داری داشت (ibid). از کنسانترهٔ پروتئینی آزولا و پودر خشک اسپرولینا در جیرهٔ غذایی آلوین ماهی Labeo rohita به‌منزلهٔ جانشین پودر ماهی استفاده شد (Sahu, 2006). در این مطالعه نیز مشابه مطالعهٔ قبلی ماهیان تغذیه‌شده با تیمارهای جانشین تا سطح ۵۰ درصد رشد مشابهی با شاهد نشان دادند، ولی با افزایش سطح جانشینی رشد کاهش معنی‌داری نشان داد.

Palmegiano و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند در جیرهٔ غذایی قزل‌آلای رنگین‌کمان امکان جانشینی

پودر ماهی با کنسانترهٔ پروتئینی برنج تا سطح ۲۰ درصد وجود دارد بدون اینکه در میزان رشد تأثیر منفی معنی‌داری داشته باشد. نتایج حاکی از آن است که ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نسبت به ماهیان گیاه‌خوار از پروتئین‌های گیاهی کمتری استفاده می‌کند. مطالعات موفقیت‌آمیزی در جانشینی نسبی (۴۰–۷۵ درصد) یا جانشینی کامل پودر ماهی با ایزولهٔ پروتئینی سویا از جمله در ماهی آتلانتیک هالیبوت (Berge *et al.*, 1999)، سالمون آتلانتیک (Refstie *et al.*, 1998)، کپور معمولی (Escaffre *et al.*, 1997) و قزل‌آلای رنگین‌کمان (Kaushik *et al.*, 1995; Mambrini *et al.*, 1999) و جانشینی نسبی یا کامل پودر ماهی با منابع گیاهی خام {پودر نخود (Hardy, 1996)، پودر لوبیا (Glencross *et al.*, 2004)، و دیگرپودرهای گیاهی (Mente *et al.*, 2003; Palmegiano *et al.*, 2005)} انجام شده است. در سال‌های اخیر از ایزولهٔ پروتئینی برنج در ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان، سی بریم سر طلایی و سی بریم لکه سیاه (Palmegiano *et al.*, 2006; Daprà *et al.*, 2009; Sánchez-Lozano *et al.*, 2009) برای بررسی رشد استفاده شده است.

جدول ۵. ترکیب اسیدهای آمینهٔ جیرهٔ غذایی تیمارهای جانشینی کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج

	تیمار غذایی*			
اسیدهای آمینه (گرم بر ۱۰۰ گرم پروتئین)	**شاهد**	**RBPC10**	**RBPC25**	**RBPC35**
اسیدهای آمینهٔ غیر ضروری				
آسپارتیک اسید	۶/۹۴	۶/۷۹	۶/۷۷	۶/۶۶
گلوتامیک اسید	۱۱/۴۳	۱۱/۵	۱۱/۶	۱۱/۸
سرین	۹/۶۳	۹/۶۲	۹/۵۸	۹/۴۹
آلانین	۹/۵	۹/۴۲	۹/۳۱	۹/۲۵
گلایسین	۱۲/۲۷	۱۱/۶	۱۲/۵۸	۱۲/۵۸
مجموع اسیدهای آمینهٔ غیر ضروری	۴۹/۷۷	۴۹	۴۹/۸۴	۴۹/۷۸
اسیدهای آمینهٔ ضروری				
تروئونین	۴/۹۱	۵	۵/۲۵	۵/۳۵
هیستیدین	۱/۶۶	۱/۵۵	۱/۴۴	۱/۵۶
آرجنین	۹/۳۸	۹/۸۵	۸/۷۴	۹/۱۳
تیروزین	۳/۴۸	۳/۴۴	۳/۵۲	۳/۰۲
متیونین	۰/۸۱	۰/۷۵	۰/۸۸	۰/۸۱
والین	۶/۹۳	۷/۴۶	۷/۴۹	۷/۵۸
فنیل آلانین	۴/۴۳	۴/۲۵	۴/۱۶	۴/۱۳
ایزولوسین	۵/۱۱	۴/۹۳	۴/۸۶	۴/۷۵
لوسین	۷/۱۹	۷/۴۸	۷/۵۲	۷/۶۶
لیزین	۲/۸۸	۲/۷۲	۲/۶۶	۲/۱۲
مجموع اسیدهای آمینهٔ ضروری	۴۶/۷۸	۴۷/۴	۴۶/۵۲	۴۶/۱

*** تیمارهای غذایی شامل ۳ تیمار: RBPC10: تیمار جانشینی ۱۰ درصد پودر ماهی با کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج، RBPC25: تیمار جانشینی ۲۵ درصد پودر ماهی با کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج و RBPC35: تیمار جانشینی ۳۵ درصد پودر ماهی با کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج.**

جدول ۶. ترکیب اسیدهای آمینهٔ لاشهٔ آلوین ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه‌شده با تیمارهای جانشینی کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج

	تیمار غذایی*			
اسیدهای آمینه (گرم بر ۱۰۰ گرم پروتئین)	**شاهد**	**RBPC10**	**RBPC25**	**RBPC35**
اسیدهای آمینهٔ غیر ضروری				
آسپارتیک اسید	۴/۹۵±۰/۰۶	۴/۹±۰/۳۱	۴/۸۹±۰/۰۴	۵/۴۵±۰/۱۶
گلوتامیک اسید	۷/۵۷±۰/۱	۸/۱۸±۰/۴	۸/۲±۰/۰۷	۸/۷۲±۰/۳۱
سرین	۹/۸±۰/۲۵	۹/۳±۰/۷۴	۹/۲۷±۰/۰۷	۹/۲۶±۰/۰۲
آلانین	۷/۲۱±۰/۱۴	۷/۱۱±۰/۲۵	۷/۰۸±۰/۰۴	۶/۸۶±۰/۲
گلایسین	۱۲/۹۵±۰/۱۱	۱۳/۰۲±۰/۲۵	۱۳/۲۸±۰/۲۱	۱۲/۷۶±۰/۷۱
مجموع اسیدهای آمینهٔ غیر ضروری	۴۲/۴۸	۴۲/۵	۴۲/۷۱	۴۳/۰۳
اسیدهای آمینهٔ ضروری				
تروئونین	۷/۲۳±۰/۲	۷/۳±۰/۶۸	۷/۴۳±۰/۴۱	۷/۴±۰/۱۴
هیستیدین	۲/۱۷±۰/۱۱	۲/۲۱±۰/۱۲	۲/۴۲±۰/۱۴	۱/۹۸±۰/۱۱
آرجنین	۸/۴۴±۰/۰۲	۸/۴۲±۰/۰۹	۸/۷۸±۰/۰۲	۸/۶±۰/۰۳
تیروزین	۳/۹±۰/۰۴	۳/۸۶±۰/۱۸	۳/۶۱±۰/۰۴	۳/۶±۰/۵
متیونین	۳/۷۹±۰/۰۴	۳/۸±۰/۰۱	۳/۸۲±۰/۷۱	۳/۸۶±۰/۰۲
والین	۴/۹۹±۰/۰۷	۵/۱۶±۰/۱۶	۴/۹۳±۰/۰۲	۵±۰/۰۲
فنیل آلانین	۳/۸۹±۰/۰۵	۳/۸۶±۰/۰۶	۳/۶۹±۰/۰۱	۳/۳۳±۰/۰۳
ایزولوسین	۴/۸۱±۰/۰۶	۴/۷۹±۰/۰۹	۴/۷۷±۰/۰۱	۴/۶۴±۰/۰۹
لوسین	۵/۳۶±۰/۱۲	۵/۵۹±۰/۲۶	۵/۶۱±۰/۰۲	۵/۷۵±۰/۰۹
لیزین	۴/۵۲±۰/۱۱	۴/۴۸±۰/۱۵	۴/۳۲±۰/۰۱	۳/۸۲±۰/۵۴
مجموع اسیدهای آمینهٔ ضروری	۴۹/۱۲	۴۸/۸	۴۸/۴۳	۴۷/۹۵

*** تیمارهای غذایی شامل ۳ تیمار: RBPC10: تیمار جانشینی ۱۰ درصد پودر ماهی با کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج، RBPC25: تیمار جانشینی ۲۵ درصد پودر ماهی با کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج و RBPC35: تیمار جانشینی ۳۵ درصد پودر ماهی با کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج.**

بر اساس نتایج، در جیرهٔ غذایی قزل‌آلای رنگین‌کمان جانشینی پودر ماهی با ایزولهٔ پروتئینی برنج تا سطح ۲۰ درصد مفید است و جانشینی بیش از ۲۰ درصد سبب کاهش قابلیت هضم خواهد شد. قابلیت هضم مادهٔ خشک، پروتئین و انرژی ایزولهٔ برنج در تیمارهای۲۰، ۳۵ و ۵۵ درصد در ماهی قزل‌آلا به ترتیب ۵۴-۶۲ درصد، ۷۶-۸۵ درصد و ۶۴-۷۴ درصد برآورد شده است و با افزایش درصد ایزولهٔ برنج قابلیت هضم هر سه فاکتور در ماهی قزل‌آلا کاهش یافته است (Palmegiano *et al.*, 2006). به هر حال، Sánchez-Lozano و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از ترکیب ایزولهٔ پروتئین برنج با ایزولهٔ پروتئین نخود و مکمل‌های متیونین و لیزین به درصدهای بالای جایگزینی در ماهی gilthead seabream دست یافتند. در مطالعهٔ انجام‌شده تا ۹۰ درصد جانشینی پودر ماهی تفاوت معنی‌داری در فاکتورهای رشد ماهی سی بریم سر طلایی مشاهده نشد.

تفاوت در میزان جانشینی در تحقیق‌های مختلف شاید به چند علت باشد: ۱. در بیشتر تحقیق‌ها از مکمل‌های اسیدهای آمینه (به خصوص متیونین) استفاده شده است؛ ۲. تفاوت‌هایی در ترکیب جیره‌های غذایی مطالعات مختلف وجود دارد؛ ۳. گونه‌های مورد مطالعه در جانشینی تأثیرگذارند.

قابلیت هضمی پروتئین‌های گیاهی پایین‌تر از پروتئین‌های حیوانی است. کاهش قابلیت هضم جیرهٔ غذایی با افزایش جانشینی پروتئین گیاهی منجر به کاهش رشد خواهد شد (Kissil *et al.*, 2000; Aragao *et al.*, 2003). عامل دیگر کاهش رشد با افزایش جانشینی کنسانترهٔ سبوس برنج شاید به علت قابلیت هضم پایین جیره‌های حاوی RBPC در مقایسه با جیرهٔ شاهد باشد. علاوه بر مطالب بالا، کاربرد زیاد پروتئین‌های گیاهی در جیرهٔ غذایی ممکن است سبب به‌هم‌خوردن تعادل اسیدهای آمینه شود (Palmegiano *et al.*, 2006) و با تجمع در فیلهٔ ماهی سبب حرکت اسیدهای آمینهٔ باقی‌مانده به مسیرهای متابولیکی مختلف گلوکونئوژنز[1] و کتوژنز[2] شود. Palmegiano و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که میزان بالاتر از ۲۰ درصد ایزولهٔ برنج، به علت کاهش میزان لیزین و به‌هم‌خوردن تعادل اسیدهای آمینه در جیره، سبب محدودکردن استفاده از ایزولهٔ برنج شده است. به‌طور معمول در دسترس‌بودن اسیدهای آمینه قابلیت هضم‌پذیری پروتئین‌ها را نشان می‌دهد. Masumoto و همکاران (۱۹۹۶) میزان اسیدهای آمینهٔ ضروری پایین‌تری را در ماهی دم زرد ژاپنی (*Seriola quinqueradiata*) تغذیه‌شده با ایزولهٔ پروتئینی سویا مشاهده کردند (Masumoto *et al.*, 1996).

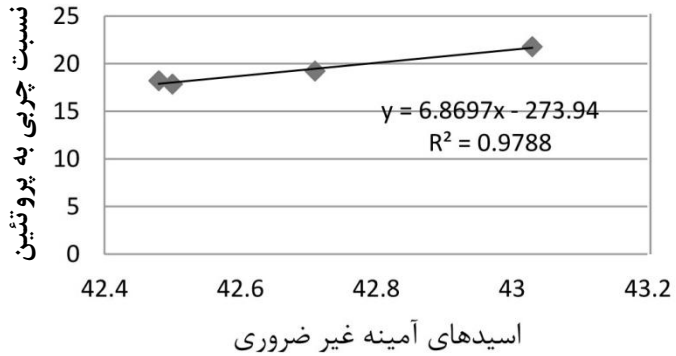
Yamamoto و همکاران (۱۹۹۸) دریافتند که قابلیت هضم‌پذیری ظاهری پروتئین و میانگین اسیدهای آمینهٔ ضروری منابع پروتئین گیاهی (سویای چربی‌زدایی‌شده، پودر پروتئینی جو، گلوتن ذرت) پایین‌تر از پودر ماهی است و بیان کردند که کفشک ماهی ژاپنی نمی‌تواند از پروتئین و اسیدهای آمینهٔ منابع گیاهی همانند پودر ماهی استفاده کند (Yamamoto *et al.*, 1998). با جانشینی پروتئین سبوس برنج در سطح ۳۵ درصد جانشینی، کاهش ۱۵ درصدی در غلظت اسید آمینهٔ لیزین لاشهٔ آلوین ماهیان مشاهده شد. احتمالاً اسیدهای آمینهٔ آزاد کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج نسبت به پودر ماهی کمتر بوده که خود منجر به کاهش قابلیت هضم‌پذیری پروتئین‌ها برای ماهی شده است. Aragao و همکاران (۲۰۰۳) نشان دادند که محتوای اسیدهای آمینهٔ آزاد کنسانترهٔ پروتئین سویا کمتر از پودر ماهی است و ماهی کفشک کمتر آن را مصرف می‌کند. به‌طور کلی، باید نسبتی مشخص از هر اسید آمینه با شکل و ترکیب خاص خود در جیره وجود داشته باشد تا به حداکثر رشد بینجامد. رشد ضعیف بدن ممکن است به علت نبود تعادل در میزان اسیدهای آمینهٔ جذب‌شده، سطح متابولیک یا هر دو باشد (Berge *et al.*, 1999). همچنین، غلظت بالای یک اسید آمینه ممکن است در نرخ جذب یک اسید آمینهٔ اختصاصی دیگر تأثیر گذارد. برخی از تفاوت‌ها در نرخ جذب نیز می‌توانند از یک خاصیت رقابتی بین اسید آمینهٔ خاص نسبت به اسیدهای آمینهٔ دیگر در اتصال به جایگاه ویژهٔ یک انتقال‌دهندهٔ اسید آمینه ناشی شوند.

بر اساس جدول ۴ با افزایش جانشینی سبوس برنج، نسبت چربی به پروتئین افزایش یافته است؛ همچنین، با توجه به جدول ۶ میزان اسیدهای آمینهٔ

1. Gluconeogenesis
2. Ketogenesis

غیر ضروری در بدن آلوین ماهیان تغذیه‌شده با تیمارها با افزایش جانشینی سبوس برنج افزایش یافته است. نمودار ۱ میزان هم‌بستگی مثبتی را بین دو فاکتور اسیدهای آمینهٔ غیر ضروری و درصد چربی به پروتئین نشان می‌دهد. جیره‌های با رشد کمتر و میزان اسیدهای آمینهٔ غیر ضروریِ بیشتر نسبت چربی به پروتئین بیشتری داشتند. امروزه مشخص شده است که جیرهٔ غذایی با کمبود یا نبود تعادل اسیدهای آمینه باعث تغییر شکل پروتئین جذب می‌شود و اضافه انرژی به شکل چربی در کبد یا فیله جمع می‌شود (Cheng *et al.*, 2003). در جیره‌های با نبود تعادل اسید آمینه کاتابولیسم اسیدهای آمینه و تبدیل ثانویهٔ آن به چربی با جذب ناکارامد پروتئین و کاهش رشد افزایش می‌یابد (Watanabe *et al.*, 1997).

برای نتیجه‌گیری کلی می‌توان گفت که کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج می‌تواند تا سطح ۲۵ درصد جانشین پودر ماهی در جیرهٔ غذایی آلوین قزل‌آلای رنگین‌کمان شود. از آنجا که همیشه پودر ماهی باکیفیت در دسترس نیست می‌توان از مقدار ۲۵ درصد کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج برای بهبود رشد همچنین، بالانس میزان پروتئین جیره استفاده کرد.



نمودار ۱. میزان هم‌بستگی بین مجموع اسیدهای آمینهٔ غیر ضروری و درصد چربی به پروتئین در آلوین ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه‌شده با تیمارهای جانشینی کنسانترهٔ پروتئینی سبوس برنج

تقدیر و تشکر

نگارندگان مقاله از حمایت‌های مالی دانشگاه تربیت مدرس برای اجرای این پروژه کمال تشکر را دارند.

References

[1]. AOAC, 1995. Association of Official Analytical Chemists. 16th (end), Procedure, 984.

[2]. Aragao, C., Conceicao, L.E.C., Dias, J., Marques, A.C., Gomes, E., Dinis, M.T., 2003. Soy protein concentrate as a protein source for Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup 1858) diets: effects on growth and amino acid metabolism of postlarvae. Aquaculture Research 34, 1443-1452.

[3]. Barber, S., De Barber, C.B., 1991. Rice bran: chemistry and technology. Rice: Utilization 2, 313.

[4]. Bera, M., Mukherjee, R., 1989. Solubility, emulsifying, and foaming properties of rice bran protein concentrates. Journal of food science 54, 142-145.

[5]. Berge, G., Grisdale-Helland, B., Helland, S., 1999. Soy protein concentrate in diets for Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). Aquaculture 178, 139-148.

[6]. Cheng, Z.J., Hardy, R.W., Usry, J.L., 2003. Effects of lysine supplementation in plant protein-based diets on the performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and apparent digestibility coefficients of nutrients. Aquaculture 215, 255-265.

[7]. Conceição, L., Grasdalen, H., Rønnestad, I., 2003. Amino acid requirements of fish larvae and post-larvae: new tools and recent findings. Aquaculture 227, 221-232.

[8]. Daprà, F., Gai, F., Costanzo, M., Maricchiolo, G., Micale, V., Sicuro, B., Caruso, G., Genovese, L., Palmegiano, G., 2009. Rice protein-concentrate meal as a potential dietary ingredient in practical diets for blackspot seabream *Pagellus bogaraveo*: a histological and enzymatic investigation. Journal of fish biology 74, 773-789.

[9]. Escaffre, A.M., Zambonino Infante, J.È.L., Cahu, C.L., Mambrini, M., Bergot, P., Kaushik, S.J., 1997. Nutritional value of soy protein concentrate for larvae of common carp (*Cyprinus carpio*) based on growth performance and digestive enzyme activities. Aquaculture 153, 63-80.

[10]. Farhangi, M., Carter, C., 2001. Growth, physiological and immunological responses of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to different dietary inclusion levels of dehulled lupin (*Lupinus angustifolius*). Aquaculture Research 32, 329-340.

[11]. Folch, J., Lees, M., Sloane-Stanley, G., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. biol. Chem 226, 497-509.

[12]. Forster, I., Higgs, D.A., Dosanjh, B.S., Rowshandeli, M., Parr, J., 1999. Potential for dietary phytase to improve the nutritive value of canola protein concentrate and decrease phosphorus output in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) held in 11 fresh water. Aquaculture 179, 109-125.

[13]. Francis, G., Makkar, H.P.S., Becker, K., 2001. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. Aquaculture 199, 197-227.

[14]. Friedman, M., 1996. Nutritional value of proteins from different food sources. A review. Journal of Agricultural and Food Chemistry 44, 6-29.

[15]. Gaber, M.M., 2006. The Effects of Plant-protein-based Diets Supplemented with Yucca on Growth, Digestibility, and Chemical Composition of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*, L) Fingerlings. Journal of the World Aquaculture Society 37, 74-81.

[16]. Gatlin, D.M., Barrows, F.T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T.G., Hardy, R.W., Herman, E., Hu, G., Krogdahl, Å., Nelson, R., 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. Aquaculture Research 38, 551-579.

[17]. Glencross, B., Evans, D., Hawkins, W., Jones, B., 2004. Evaluation of dietary inclusion of yellow lupin (*Lupinus luteus*) kernel meal on the growth, feed utilisation and tissue histology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 235, 411-422.

[18]. Gnanasambandam, R., Heitiarachy, N., 1995. Protein concentrates from unstabilized and stabilized rice bran: Preparation and properties. Journal of food science 60, 1066-1069.

[19]. Golchinfar, F., Zamani, A., Hajimoradloo, A., Madani, R., 2011. Assessment of digestive enzymes activity during the fry development of Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*: from hatching to primary stages after yolk sac absorption. Iranian Journal of Fisheries Sciences 10, 403-414.

[20]. Gomes, E.F., Rema, P., Kaushik, S.J., 1995. Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): digestibility and growth performance. Aquaculture 130, 177-186.

[21]. Hardy, R.W., 1996. Alternate protein sources for salmon and trout diets. Animal Feed Science and Technology 59, 71-80.

[22]. Hardy, R.W., Barrows, F.T., 2002. Diet formulation and manufacture. Fish nutrition 3, 505-600.

[23]. Helm, R., Burks, A., 1996. Hypoallergenicity of rice protein. Cereal foods world 41, 839-843.

[24]. Hemre, G., Sandnes, K., Lie, Ø., Torrissen, O., Waagbø, R., 1995. Carbohydrate nutrition in Atlantic salmon, *Salmo salar* L.: growth and feed utilization. Aquaculture Research 26, 149-154.

[25]. Jackson, A., 2009. Fish In-Fish Out (FIFO) Ratios explained. International Fishemeal and Fish Oil Organisation.

[26]. Juliano, B.O., 1985. Rice properties and processing. Food Reviews International 1, 423-445.

[27]. Kaushik, S., Cravedi, J., Lalles, J., Sumpter, J., Fauconneau, B., Laroche, M., 1995. Partial or total replacement of fish meal by soybean protein on growth, protein utilization, potential estrogenic or antigenic effects, cholesterolemia and flesh quality in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture 133, 257-274.

[28]. Kissil, G.W., Lupatsch, I., Higgs, D., Hardy, R., 2000. Dietary substitution of soy and rapeseed protein concentrates for fish meal, and their effects on growth and nutrient utilization in gilthead seabream *Sparus aurata* L. Aquaculture Research 31, 595-601.

[29]. Lindroth, P., Mopper, K., 1979. High performance liquid chromatographic determination of subpicomole amounts of amino acids by precolumn fluorescence derivatization with O-phthaldialdehyde. Analytical Chemistry 51, 1667-1674.

[30]. Mambrini, M., Roem, A.J., Carvedi, J., Lalles, J., Kaushik, S., 1999. Effects of replacing fish meal with soy protein concentrate and of DL-methionine supplementation in high-energy, extruded diets on the growth and nutrient utilization of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Journal of Animal Science 77, 2990.

[31]. Masumoto, T., Ruchimat, T., Ito, Y., Hosokawa, H., Shimeno, S., 1996. Amino acid availability values for several protein sources for yellowtail (*Seriola quinqueradiata*). Aquaculture 146, 109-119.

[32]. Mente, E., Deguara, S., Santos, M.B., Houlihan, D., 2003. White muscle free amino acid concentrations following feeding a maize gluten dietary protein in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Aquaculture 225, 133-147.

[33]. NRC, 1993. (National Research Council)Nutrient Requirements of Fish. National Academy Press,Washington, DC.

[34]. Oliva-Teles, A., Gouveia, A., Gomes, E., Rema, P., 1994. The effect of different processing treatments on soybean meal utilization by rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture 124, 343-349.

[35]. Palmegiano, G., Dapra, F., Forneris, G., Gai, F., Gasco, L., Guo, K., Peiretti, P., Sicuro, B., Zoccarato, I., 2006. Rice protein concentrate meal as a potential ingredient in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 258, 357-367.

[36]. Palmegiano, G.B., Agradi, E., Forneris, G., Gai, F., Gasco, L., Rigamonti, E., Sicuro, B., Zoccarato, I., 2005. Spirulina as a nutrient source in diets for growing sturgeon (*Acipenser baeri*). Aquaculture Research 36, 188-195.

[37]. Refstie, S., Storebakken, T., Roem, A.J., 1998. Feed consumption and conversion in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with fish meal, extracted soybean meal or soybean meal with reduced content of oligosaccharides, trypsin inhibitors, lectins and soya antigens. Aquaculture 162, 301-312.

[38]. Robaina, L., Izquierdo, M., Moyano, F., Socorro, J., Vergara, J., Montero, D., Fernandez-Palacios, H., 1995. Soybean and lupin seed meals as protein sources in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*): nutritional and histological implications. Aquaculture 130, 219-233.

[39]. Sahu, T.S.P., 2006. Use of freshwater aquatic plants as a substitute of fishmeal in the diet of *Labeo rohita* fry. Journal of Fisheries and Aquatic Science 1, 126-135.

[40]. Sánchez-Lozano, N.B., Martínez-Llorens, S., Tomás-Vidal, A., Cerdá, M.J., 2009. Effect of high-level fish meal replacement by pea and rice concentrate protein on growth, nutrient utilization and fillet quality in gilthead seabream (*Sparus aurata*, L.). Aquaculture 298, 83-89.

[41]. Shih, F.F., 2003. An update on the processing of high-protein rice products. Food/Nahrung 47, 420-424.

[42]. Shih, F.F., Daigle, K.W., 2000. Preparation and characterization of rice protein isolates. Journal of the American Oil Chemists' Society 77, 885-889.

[43]. Tang, S., Hettiarachchy, N., Horax, R., Eswaranandam, S., 2003. Physicochemical Properties and Functionality of Rice Bran Protein Hydrolyzate Prepared from Heat-stabilized Defatted Rice Bran with the Aid of Enzymes. Journal of food science 68, 152-157.

[44]. Tarazona, J.V., Muñoz, M.J., 1995. Water quality in salmonid culture. Reviews in Fisheries Science 3, 109-139.

[45]. Wang, M., Hettiarachchy, N., Qi, M., Burks, W., Siebenmorgen, T., 1999. Preparation and functional properties of rice bran protein isolate. Journal of Agricultural and Food Chemistry 47, 411-416.

[46]. Watanabe, T., Aoki, H., Viyakarn, V., Maita, M., Yamagata, Y., Satoh, S., Takeuchi, T., 1995. Combined use of alternative protein sources as a partial replacement for fish meal in a newly developed soft-dry pellet for yellowtail [Seriola quinqueradiata]. Suisanzoshoku 43.

[47]. Watanabe, T., Verakunpiriya, V., Watanabe, K., Kiron, V., Satoh, S., 1997. Feeding of rainbow trout with non-fish meal diets. Fisheries Science 63, 258-266.

[48]. Yamamoto, T., Unuma, T., Akiyama, T., 1998. Apparent availabilities of amino acids from several protein sources for fingerling Japanese flounder [*Paralichthys olivaceus*]. Bulletin of National Research Institute of Aquaculture.