Archive of SID

عملکرد مکمل فیتاز بر جایگزینی پودر ماهی با آرد سویا بر شاخص‌های رشد و برخی پارامترهای خونی و بیوشیمیایی سرم خون ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*)

- **محمدرضا ایمانپور**: گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
- **محمود محسنی**: مرکز تحقیقات ماهیان سردآبی، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تنکابن، ایران
- **مصطفی کرمی‌نسب***: گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: آبان ١٣٩٧ تاریخ پذیرش: بهمن ١٣٩٧

چکیده

جهت تعیین اثر آنزیم فیتاز و جایگزینی پودرماهی با آرد سویا بر روند رشد، و برخی پارامترهای خونی و بیوشیمیایی سرم خون ماهی آزاد دریای خزر با میانگین وزن ١٣/٧±١٤٠/٦ گرم، هفت جیره با نیتروژن و انرژی یکسان، حاوی سطوح مختلف آرد سویا (٤٠ و ٨٠ درصد) برای جایگزینی تدریجی با پودرماهی (جیره شاهد بدون آنزیم فیتاز)، هریک با سه سطح آنزیم فیتاز (صفر و ١٠٠٠ و ٢٠٠٠ واحد بین‌المللی بر کیلوگرم) تهیه و مورد تغذیه ماهیان در شرایط یکسان پرورشی قرار گرفت. در پایان دوره ١٢ هفته‌ای تغذیه با جیره‌های آزمایشی، جایگزینی تدریجی پودر ماهی با آرد سویا موجب کاهش معنی‌داری در روند رشد و کارایی غذا ماهیان گردید (P<٠/٠٥). درصورتی‌که افزودن آنزیم فیتاز موجب افزایش معنی‌داری در روند رشد و کارایی غذا شد و بهترین نتیجه در استفاده از ٢٠٠٠ واحد بین‌المللی بر کیلوگرم غذا، به‌دست آمد. از طرف دیگر شاخص‌های خونی و سرم‌شناسی ماهیان نیز تحت تاثیر جیره‌های غذایی قرار گرفت. مقادیر آنزیم‌های کبدی با مقادیر متوسط کنجاله سویای جیره غذایی ارتباط مستقیم داشت، به‌طوری‌که بالاترین مقادیر آنزیم‌های آلکالین فسفاتاز، آلانین آمینوترانسفراز و آسپارتات آمینوترانسفراز در ماهیان تغذیه شده با جیره بالای درصد آرد سویا مشاهده شد. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق پیشنهاد می‌شود که در جیره ماهی آزاد دریای خزر تا سطح ٤٠ درصد پروتئین پودر ماهی با آرد سویا با ٢٠٠٠ واحد بین الملل آنزیم فیتاز بر کیلوگرم غذا جایگزین شود.

کلمات کلیدی: ماهی آزاد دریای خزر، آنزیم فیتاز، شاخص‌های خونی، کارایی غذا، شاخص‌های رشد

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: mostafakaraminasab_shilat@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

مطابق با برآورد سازمان خوار و بار جهانی، میزان تقاضای ماهی برای مصارف انسانی از ۹۰ میلیون تن در سال ۲۰۰۵ به ۱۱۰ میلیون تن در سال ۲۰۱۰ افزایش یافته‌است(FAO، ۲۰۱۰). با توجه به متراکم سازی مزارع پرورش ماهی در آسیا، خصوصاً در چین، رقابت شدیدی در مورد منابع جهانی محدود پودر و روغن ماهی به‌وجود آمده است. تقاضای زیاد قابل پیش‌بینی در آسیا، فشاری قابل ملاحظه را بر بازار جهانی و به تبع آن بر قیمت غذا خواهد داشت (Francis و همکاران، ۲۰۰۱).صنعت آبزی‌پروری حدود ۶۸/۲٪ و ۸۸/۵٪ از تولیدات به‌ترتیب پودر ماهی و روغن ماهی را مصرف می‌کند (FAO، ۲۰۰۸). پودر ماهی به‌علت دارا بودن تعادل اسیدهای آمینه مناسب به‌میزان زیاد صنعت غذای آبزیان را به خود وابسته ساخته است. در عین‌حال، قیمت بالای پودر ماهی به‌علت افزایش تقاضای جهانی (Dalsgaard و همکاران، ۲۰۰۹) وارد آمدن فشار زیاد بر ذخایر ماهیان و اکوسیستم دریا برای تامین پودر ماهی و افزایش میزان فسفر و نیتروژن در پساب‌های حاصل از واحدهای پرورش ماهی و به‌دنبال آن آلودگی منابع آبی (Hardy، ۲۰۰۲) از دیگر معضلات استفاده از پودر ماهی محسوب می‌شوند. مجموعه‌این‌مسائل،لزوم‌استفاده از جایگزین‌های پروتئینی ارزان‌قیمت تر، با قابلیت دسترسی ساده‌تر و سازگاری بیش‌تر با محیط‌زیست را در تهیه غذای آبزیان مطرح کرد.بنابراین استفاده از پروتئین‌های گیاهی مانند آرد سویا جهت توسعه تولید غذای ماهی با قیمت پایین گسترش پیدا خواهد کرد (Burr و همکاران، ۲۰۱۱). آرد سویا با تولید سالیانه حدود ۳۰ میلیون تن یکی از مناسب‌ترین و ثابت‌ترین منابع جایگزینی به‌جای پودر ماهی در جیره غذایی ماهیان تجاری می‌باشد (Zhou و همکاران، ۲۰۱۱).به‌علت میزان پروتئین بالا، قابلیت هضم زیاد، بالانس مناسب پروفیل اسیدهای آمینه، قیمت مناسب و سهولت دستیابی به منابع آن، سویا به‌صورت گسترده‌ای به جیره غذایی آبزیان استفاده می‌شود که به‌طور موثری هزینه تمام شده جیره‌های غذایی را نیز کاهش می‌دهد (Storebakken و همکاران، ۲۰۰۰). ولی از سوی دیگر کنجاله سویا حاوی بعضی از مواد سمی، تحریک‌کننده و بازدارنده از جمله آلرژی‌زا، گواترزا و عوامل ضدانعقاد نیز می‌باشد. از این‌رو، و به‌علت افزایش قابلیت هضم و از بین بردن مواد ضدتغذیه‌ای در کنجاله سویا، امروزه انواع فرآوری‌شده و حرارت دیده آن به بازار عرضه شده‌اند که عموماً فاقد مشکلات فوق می‌باشند.آنزیم آسپارتات آمینو ترانسفراز (AST) و آنزیم آلانین آمینوترانسفراز(ALT)از حساس‌ترین آنزیم‌های ساخته شده توسط کبد هستند که در زمان آسیب به کبد توسط سلول‌های کبدی وارد خون می‌شوند، اما آزاد شدن این آنزیم‌ها الزاماً به‌نکروز سلول‌های کبدی ارتباط نداردوبین آسیب‌دیدگی هپاتوسیت‌ها و سطح آمینو ترانسفرازها ارتباط ضعیفی وجود دارد. آنزیم آسپارات آمینو ترانسفراز در انواع مختلف بافت‌ها مثل کبد، قلب، ماهیچه، کلیه، مغز و گلبول‌های قرمز خون قرار دارد. از این رو بالا رفتن آن منحصراً وجود عارضه نمی‌باشد، ولی چون در مطالعه حاضر کلیه شرایط به‌جز غذا یکسان‌بود بنابراین افزایش آنزیم‌کبدی به‌عنوان شاخص ناهنجاری در مطالعه حاضر می‌توان اشاره نمود. آنزیم فیتاز سبب افزایش کارایی جذب فسفر موجود در جیره می‌شود. در مورد عنصر فسفر دو بحث گران بودن و آلودگی محیط زیست مطرح است که افزودن آنزیم فیتاز در هر دو موضوع مفید می‌باشد. هم‌چنین فیتاز اثرات مهمی بر پروتئین و اسیدآمینه و انرژی جیره دارد. فیتاز با افزایش ضریب جذب نشاسته پروتئین و چربی نقش به‌سزایی‌در افزایش انرژی جیره و اثرات مثبتی در بهبود رشد ماهی دارد. بسیاری از مواد موجود در جیره به علت ترکیب با فیتات برای آبزیان غیرقابل استفاده می‌شوند که آنزیم فیتاز با اثر بر آن‌ها و جلوگیری از دفع آن‌ها عملکردی‌بارزی در افزایش بهبود کارایی ماهی دارد (Papatrypbon و Soares، ۲۰۰۱). فیتاز یک آنزیم ویژه برای هیدرولیز کردن فیتات است. این آنزیم در دستگاه گوارش بسیاری از حیوانات وجود دارد، اما میزان آن به‌طور طبیعی پایین است و یا در حیوانات تک معده‌ای وجود ندارد در نتیجه قابلیت هضم فیتات کاهش می‌یابد و پس از آن دسترسی به مواد معدنی، پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه در جیره‌های غذایی بر پایه پروتئین‌های گیاهی به‌طور معنی‌داری کاهش می یابد (Papatrypbon و Soares، ۲۰۰۱). با استفاده از فیتاز در جیره‌ها می‌توان دسترسی به موادمعدنی و اسیدهای آمینه را افزایش داد. هم‌چنین با این کار فسفر آزاد شده در داخل آب که موجب آلودگی و شکوفایی پلانکتون‌ها می‌شود، کاهش می‌یابد. بنابراین جایگزین کردن پودر ماهی با آرد سویا به همراه افزودن مکمل فیتاز یکی از اهداف اقتصادی در صنعت آبزی پروری است. به اثبات رسیده که افزودن فیتاز در جیرهای غذایی که بر پایه پروتئین‌های گیاهی هستند قابلیت هضم مواد مغذی و مواد معدنی را افزایش می‌دهد (Papatrypbon و Soares، ۲۰۰۱). ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta* caspius) ازجمله ماهیان مهاجر رود کوچ دریای خزر بوده و یکی از ۹ زیرگونه قزل‌آلای قهوه‌ای جهان محسوب می‌شود .این ماهی از گونه‌های مهم اقتصادی و در معرض خطر انقراض دریای خزر است که اهمیت ویژه‌ای دارد و حفاظت و پرورش این ماهی از لحاظ کیفیت گوشت، ارزش اقتصادی و هم‌چنین حفظ ذخیره ژنتیکی برای کشور ارزشمند است. از نکات مهم در پرورش این ماهی اعمال مدیریت صحیح تغذیه و تامین مواد مغذی ضروری برای بالا بردن میزان رشد، درصد بقاء و هم‌چنین افزایش ایمنی است. در گذشته هدف از پرورش ماهیان آزاد پرورشی تولید بچه‌ماهی به‌منظور رهاسازی در دریا و بازسازی ذخایر این گونه

www.SID.ir

Archive of SID

ارزشمند شیلاتی بوده است، اما به تازگی و طی دهه گذشته علاقه فزاینده‌ای برای پرورش این ماهیان جهت تولید گوشت در قفس به‌وجود آمده است. بر این اساس چنین انتظار می‌رود که استفاده از آرد سویا و آنزیم فیتاز می‌تواند به‌عنوان راه‌کاری جهت افزایش ایمنی و مقاومت در برابر شرایط نامناسب و بهبود فراسنجه‌های فیزیولوژیک ماهی آزاد دریای خزر (*Salmo trutta caspius*) مطرح باشد.

مواد و روش‌ها

تهیه ماهیان و نحوه پرورش: تعداد ۳۱۵ عدد بچه ماهی آزاد پرورشی با وزن متوسط ۱۳/۵۶±۱۴۰/۶ گرم به‌طور تصادفی در ۲۱ وان فایبرگلاس ۲۰۰۰ لیتری (۲۰۰ سانتی‌متر ارتفاع و حجم مفید آب ۱۷۰۰ لیتر) در فضای سرپوشیده مجهز به سیستم هوادهی، تخلیه آب مرکزی و شیرهای تنظیم آب (به‌صورت فواره‌ای) با دبی آب ۴/۲۸ لیتر در دقیقه (آب چاه عمیق) به‌مدت ۱۲ هفته پرورش داده شدند. هر جیره به ۳ وان فایبرگلاس داده شد. ماهیان ۳ بار در روز در ساعات ۱۶-۸ و ۲۴ شب تا حد سیرابی به‌صورت دستی غذادهی شدند. منظور کاهش استرس، ۱۲ ساعت قبل و بعد از زیست‌سنجی، غذادهی ماهیان قطع می‌گردید. جهت زیست‌سنجی، ماهیان توسط محلول ۲۰۰ پی‌پی‌ام پودر گل میخک بی‌هوش می‌شدند (Mohseni و همکاران، ۲۰۱۴).

جیره‌های غذایی و نحوه تهیه آن: به‌منظور تهیه جیره‌های غذایی، ابتدا ترکیبات غذایی مورد نیاز جهت آنالیز به آزمایشگاه (آنالیز غذایی مرکز تحقیقات علوم دامی کشور) منتقل گردید تا براساس اطلاعات صحیح از ترکیب مواد اولیه نسبت به تنظیم جیره‌ها اقدام گردد (جدول ۱). با استفاده از پودرماهی عمل‌آوری شده در دمای پائین (به‌عنوان طعم‌دهنده غذا) با میزان پروتئین ۵۰درصد و آردسویا با میزان پروتئین ۵۰درصد به‌عنوان منبع پروتئینی، روغن سویا و روغن ماهی کیلکا به‌عنوان منبع چربی و آردگندم به‌عنوان منبع کربوهیدرات، هفت جیره آزمایشی ایزوکالریک (۱۶/۱٪ چربی خام) و با پروتئین خام یکسان میانگین (۴۰/۲درصد پروتئین، انرژی ۳۸۰۵ کیلوکالری به‌ازای هر کیلوگرم) محتوی سطوح مختلف آرد سویا (۴۰ و ۸۰ درصد) و سه سطح آنزیم فیتاز (۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ واحد بین‌المللی بر کیلوگرم جیره) فرموله و استفاده گردید. مواد خشک قبل از ترکیب با مواد مرطوب با استفاده از آسیاب (Damicor Co, Tehran, Iran) Damico mill به سایز کم‌تر از ۸۰۰ میکرون تبدیل شدند. مواد ریز مغذی از قبیل ویتامین‌ها، مواد معدنی و ال- کارنتین با پودر گندم به‌مدت ۱۵ دقیقه با استفاده از دستگاه هم‌زن کاملاً با یگدیگر مخلوط شدند. سپس مجدداً مخلوط حاصل به سایر ترکیبات اضافه و به‌مدت ۱۰ دقیقه دیگر مخلوط‌کن صنعتی مخلوط شدند. محصول نهایی با استفاده دستگاه پلت‌زن با توجه به اندازه دهان ماهی به قطر ۴ میلی‌متر پلت شدند. سپس پلت‌ها در خشک‌کن در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد تا جایی‌که رطوبت آن‌ها به کم‌تر از ۱۰ درصد برسد، خشک شدند تا پلت‌های شناور تشکیل شود. جیره‌ها پس از خشک‌شدن شماره‌گذاری شده و در محفظه‌های عاری از هوا بسته‌بندی و تا زمان مصرف در دمای منفی ۱۸ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. یک ساعت قبل از مصرف و توزیع غذا، جیره‌ها خارج و پس از متعادل شدن با دمای اتاق با استفاده از ترازوی دیجیتال توزین و در اختیار ماهیان قرار گرفت (Mohseni و همکاران، ۲۰۱۱). پودر ماهی و روغن ماهی مورد استفاده در جیره‌ها، از ماهی کیلکای دریای خزر تهیه شده از شرکت خوراک آبزیان به‌دانه شمال در استان مازندران شهرستان بابلسر تهیه شد. برای متعادل کردن جیره‌ها با منابع غذایی استفاده شده در این پژوهش از نرم‌افزار WUFFDA نسخه ۱/۰ استفاده شد.

آنالیز اجزا، جیره غذایی و ترکیب بدن ماهی: آنالیز تقریبی ترکیبات، مواد اولیه و جیره‌های آزمایشی براساس روش‌های استاندارد جیره AOAC انجام شد. نمونه جیره‌هاو ماهی در ۱۰۵درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۶ ساعت تا رسیدن به یک وزن ثابت، برای اندازه‌گیری رطوبت خشک شدند. پروتئین با برآورد نیتروژن کل (N×۶/۲۵) با استفاده از روش کجلدال استخراج، چربی با روش سوکسله با استفاده از حلال کلروفروم با نقطه جوش ۵۰ تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴ تا ۶ ساعت استخراج، میزان انرژی موجود در ترکیبات غذایی به‌وسیله بمب کالری‌متر وخاکستر با سوزاندن در کوره الکتریکی ۵۵۰درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۹ ساعت اندازه‌گیری شدند. از ۳۰ درصد جمعیت ماهیان پس از گذشت ۱۸ ساعت از زمان قطع تغذیه با استفاده از سرنگ‌های ۲ سی‌سی‌از باله دمی ماهیان به‌منظور بررسی شاخص‌های خونی (CBC)، بیوشیمیایی (پروتئین کل و آلبومین) و آنزیم‌های کبدی شامل آلانین آمینوترانسفراز (ALT)، آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) خونگیری به‌عمل آمد. بعد از گرفتن ۲ سی‌سی خون توسط سرنگ از ورید ساقه دمی این ماهیان، ۰/۵ سی‌سی خون به‌داخل تیوب‌های اپندروف آغشته به ماده ضدانعقادخون (هپارین) شماره‌گذاری شده جهت انجام مطالعات فاکتورهای خونی ریخته و ۱/۵ سی‌سی باقی‌مانده به‌داخل تیوب‌های اپندروف غیرهپارینه شماره‌گذاری شده جهت انجام مطالعات فاکتورهای ایمنی، نمونه‌ها در یک کلمن حاوی یخ خشک و به‌دور از تکان‌های شدید به آزمایشگاه هماتولوژی ارسال گردید. در این مطالعه تعداد گلبول‌های قرمز خون (RBC)، تعداد گلبول‌های سفید خون (WBC)، میزان هماتوکریت (PCV) و هموگلوبین (Hb) با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی متداول اندازه‌گیری شد (Feldman و همکاران، ۲۰۰۰). جهت انجام مطالعات سرولوژی، خون وجود در لوله‌های اپندورف فاقد ماده ضدانعقاد هپارین توسط سانتریفوژ (مدل Labofuge ساخت شرکت

www.SID.ir

Archive of SID

Heraeus sepatch آلمان) با دور ۳۰۰۰ در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ شده، سرم جدا و با سمپلر در اپندورف‌های تازه ریخته و در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند.اندازه‌گیری این شاخص‌ها با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی (شرکت پارس آزمون، تهران) و به‌وسیله دستگاه اتوآنالایزر (Eurolyser, Belgium) صورت گرفت.

آلبومین به‌روش برموکرزول سبز و پروتئین تام به‌روش بیوره (Biuret)، اندازه‌گیری گردید. سنجش آنزیم آلانین آمینوترانسفراز (ALT)، آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) به‌روش رنگ‌سنجی کینتیک صورت گرفت (Borges و همکاران، ۲۰۰۴).

جدول ۱: اجزای غذایی و ترکیب شیمیایی جیره‌های آزمایشی مورد استفاده برای بچه‌ماهی آزاد پرورشی

جیره‌های آزمایشی (درصد ماده خشک)						
ترکیبات غذایی	شاهد	۴۰ ٪ آرد سویا + ۲ ٪ فیتاز	۴۰ ٪ آرد سویا + ۱ ٪ فیتاز	۴۰ ٪ آرد سویا	۸۰ ٪ آرد سویا + ۲ ٪ فیتاز	۸۰ ٪ آرد سویا + ۱ ٪ فیتاز	۸۰ ٪ آرد سویا
پودر ماهی	۶۰	۳۶	۳۶	۳۶	۱۲	۱۲	۱۲
آرد سویا	۰	۲۴	۲۴	۲۴	۴۸	۴۸	۴۸
پودر گوشت	۵	۵	۵	۵	۵	۵	۵
آرد گندم	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
آنزمیت	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲
منوکلسیم فسفات	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲
پودر پروتیئنه حیوانی	۷	۷	۷	۷	۷	۷	۷
مکمل معدنی	۰,۴	۰,۴	۰,۴	۰,۴	۰,۴	۰,۴	۰,۴
مکمل ویتامینه	۰,۴	۰,۴	۰,۴	۰,۴	۰,۴	۰,۴	۰,۴
روغن ماهی	۵,۸	۵,۸	۵,۸	۵,۸	۵,۸	۵,۸	۵,۸
روغن گیاهی	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲
آنتی‌اکسیدان	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰۳
لیزین	۰,۳	۰,۳	۰,۳	۰,۳	۰,۳	۰,۳	۰,۳
میتیونین	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲
الکارنتین	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰۳	۰,۰۳
ویتامین C	۰,۰۲	۰,۰۲	۰,۰۲	۰,۰۲	۰,۰۲	۰,۰۲	۰,۰۲
ضدقارچ	۰,۲۲	۰,۲۲	۰,۲۲	۰,۲۲	۰,۲۲	۰,۲۲	۰,۲۲
جمع کل	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
آنالیز تقریبی جیره‌های آزمایشی (درصد ماده خشک)							
شاخص	شاهد	۴۰ ٪ آرد سویا + ۲ ٪ فیتاز	۴۰ ٪ آرد سویا + ۱ ٪ فیتاز	٪۴۰ آرد سویا	۸۰ ٪ آرد سویا + ۲ ٪ فیتاز	۸۰ ٪ آرد سویا + ۱ ٪ فیتاز	۸۰ ٪ آرد سویا
رطوبت	۹/۸	۹,۸	۹,۸	۹,۸	۹,۸	۹,۸	۹,۸
پروتئین خام	۴۰,۳	۴۰,۲	۴۰,۲	۴۰,۲	۴۰,۱	۴۰,۱	۴۰,۱
چربی خام	۱۶,۱	۱۶	۱۶	۱۶	۱۵,۹	۱۵,۹	۱۵,۹
انرژی خام (کیلوکالری در کیلوگرم)	۳۸۰۵	۳۸۰۰	۳۸۰۰	۳۸۰۰	۳۷۹۳	۳۷۹۳	۳۷۹۳
فیبر	۲,۴	۲,۴	۲,۴	۲,۴	۲,۴	۲,۴	۲,۴

مکمل ویتامینی (برحسب IU یا میلی‌گرم در کیلوگرم): د- ال- آلفا توکوفرول استات ۶۰ IU . یو،د- ال – کولکلسیفرول ۳۰۰۰ IU . تیامین ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، ریبوفلاوین ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، پیرودوکسین ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، ویتامین B12 ۰/۰۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، نیکوتینیک اسید ۱۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، اسیدفولیک ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، اسیدا سکوربیک ۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، اینوسیتول ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، بیوتین ۲/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، کلسیم پنتوتنات ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم.

مکمل معدنی (بر حسب میلی‌گرم یا گرم در کیلوگرم): کربنات کلسیم ۴۰ در صد ۲/۱۵ گرم در کیلوگرم، اکسید منیزیوم ۱/۲۴ گرم در کیلوگرم، سیترات فریک ۰/۲ گرم در کیلوگرم، یدید پتاسیم ۰/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم، سولفات روی ۰/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم، سولفات مس ۰/۳ گرم در کیلوگرم، سولفات منگنز ۰/۳ گرم در کیلوگرم، کلسیم فسفات دو ظرفیتی ۵ گرم در کیلوگرم، سولفات کبالت ۲ میلی‌گرم در کیلوگرم، سلنیت سدیم ۳ میلی‌گرم در کیلوگرم، کلریدپتاسیم ۰/۹ گرم در کیلوگرم، کلریدسدیم ۰/۴ گرم در کیلوگرم.

www.SID.ir

Archive of SID

تعیین شاخص‌های رشد و کبدی: استفاده از اطلاعات زیست سنجی هر وان، فاکتورهای محاسباتی شامل وزن کسب‌شده (WG%)، شاخص رشد ویژه (SGR %/day)،ضریب‌تبدیل غذایی (FCR)، ضریب چاقی (CF)، نسبت بازده پروتئین (PER) و شاخص کبدی (HSI%) محاسبه شد.

وزن ابتدایی - وزن انتهایی = میزان افزایش وزن (WG)

۱۰۰ × دوره پرورش / (لگاریتم وزن ابتدایی– لگاریتم وزن انتهایی)= نرخ رشد ویژه (SGR)

۱۰۰ × (طول)^{۳} / وزن = شاخص وضعیت (CF)

وزن تر تولید شده / وزن غذای خورده شده = ضریب تبدیل غذایی (FCR)

۱۰۰ × وزن بدن / وزن کبد = شاخص کبدی (HSI)

۱۰۰×پروتئین مصرف شده/وزن تر تولید شده= نرخ بازده پروتئین (PER)

آنالیز آماری: تحقیق حاضر در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی متعادل در سه تکرار روی بچه‌ماهیان مورد بررسی قرار گرفت. پس از کنترل همگنی واریانس و نرمال بودن داده‌ها به‌وسیله آزمون Kolmogorov Smirnov، نتایج به‌وسیله آزمون چنددامنه دانکن با سطح اطمینان ٪۹۵ بررسی شد.اختلاف معنی‌دار آماری باسطح P≤۰/۰۵ درنظر گرفته شد. داده‌های این مطالعه به‌صورت Mean ± SD نشان داده شده است.

نتایج

تاثیر سطوح مختلف کنجاله سویا و فیتاز بر برخی از فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب و شاخص‌های رشد: نتایج پارامترهای کیفی آب هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری را در طول دوره پرورش نسبت به یکدیگر نشان نداد (P≥۰/۰۵). در طول دوره پرورش، هیچ‌گونه مرگ و میری مشاهده نشد. تاثیر سطوح مختلف آرد سویا و فیتاز در پایان ۱۲ هفته پرورش بر شاخص‌های وزن نهایی، وزن کسب شده (WG)، شاخص رشد ویژه، نسبت بازده پروتئین، ضریب چاقی و ضریب تبدیل غذایی ماهیان در جدول ۲ آورده شده است. وزن نهایی بدن (گرم)، شاخص‌های وزن نهایی، وزن کسب شده (WG)، شاخص رشد ویژه، نسبت بازده پروتئین، ضریب چاقی ماهیان تغذیه شده با تیمار شاهد و تیمار محتوی ۴۰ درصد آرد سویا و ۲۰۰۰ واحد بین المللی فیتاز بر کیلوگرم جیره به‌طور معنی‌داری (P≤۰/۰۵) از ماهیان تغذیه شده با سایر جیره‌های غذایی بالاتر بود. کم‌ترین میزان مقادیر شاخص فوق‌الذکر در ماهیان تغذیه شده با تیمار ۸۰ درصد آرد سویا ملاحظه گردید، که با سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار آماری بود. با افزایش مقادیر متوسط آرد سویا، متوسط ضریب تبدیل غذایی ماهیان به‌طور معنی‌دار نسبت به تیمار شاهدافزایش یافت، درصورتی‌که با افزودن فیتاز مقادیر عددی ضریب‌تبدیل‌غذایی به‌صورت چشمگیری از روند کاهشی برخوردار بود. کم‌ترین مقادیر ضریب تبدیل غذایی در مطالعه حاضر را ماهیان تغذیه شده با تیمار شاهد و به فاصله کمی از آن، ماهیان تغذیه شده با تیمار محتوی ۴۰ درصد آرد سویا با ۲۰۰۰ واحد بین‌المللی فیتاز بر کیلوگرم جیره به‌خود اختصاص داده بودند.

جدول ۲: مقایسه میانگین شاخص‌های رشد و کارایی تغذیه بچه‌ماهیان آزاد پرورشی تغذیه شده با سطوح مختلف کنجاله سویا و آنزیم فیتاز در پایان دروه پرورش

تیمار	وزن اولیه (گرم)	وزن نهایی (گرم)	بیوماس نهایی (سانتی متر)	وزن کسب شده (درصد)	شاخص رشد ویژه (درصد/روز)	ضریب تبدیل غذایی	کارایی پروتئین
شاهد	۱۴۸/۰۵±۰/۱۸	۴۳۴/۸۲±۷/۸۹ ^{a}	۴۰۷۶/۹۵±۴۷/۲۵^{a}	۱۹۳/۶۹±۴/۹۸^{a}	۱/۵۴±۰/۰۲^{a}	۱/۳۴±۰/۰۰۷ ^{a}	۲/۲۱±۰/۱۴^{a}
تیمار ۱ (۴۰٪ Soy + 2% Fizim)	۱۴۶/۴۳±۱/۴۳	۴۳۲/۸۵±۳/۸۱ ^{a}	۳۸۵۱/۱۰±۱۷/۳۰^{a}	۱۹۵/۶۵±۵/۳۵^{a}	۱/۵۴±۰/۰۳^{a}	۱/۴۵±۰/۰۰۱ ^{a}	۲/۲۰±۰/۰۹^{a}
تیمار ۲ (۴۰٪ Soy + 1% Fizim)	۱۴۴/۵۲±۱/۶۹	۳۸۳/۱۶±۱۱/۴۳ ^{bc}	۳۹۲۳/۶۵±۲۲/۴۵^{bc}	۱۶۵/۲۵±۱۱/۰۱^{b}	۱/۳۹±۰/۰۶^{b}	۱/۵۱± ۰/۰۰۷^{b}	۱/۳۴±۰/۲۴^{b}
تیمار ۳ (۴۰ % Soy)	۱۴۷/۸۷±۲/۷۱	۳۵۹/۰۹±۷/۳۳ ^{cd}	۳۵۰۸/۹۰±۶۷/۶۰^{cd}	۱۴۲/۸۳± ۰/۵۱^{c}	۱/۲۷± ۰/۰۰۳^{c}	۱/۷۱±۰/۰۰۲^{c}	۰/۸۴± ۰/۰۸^{c}
تیمار ۴ (۸۰٪ Soy + 2% Fizim)	۱۴۵/۷۳±۰/۰۴	۳۸۷/۴۱±۹/۴۰ ^{b}	۳۷۵۶/۱۰±۵۰/۱۰^{b}	۱۶۵/۸۴±۶/۳۸^{b}	۱/۳۹±۰/۰۳^{b}	۱/۷۶±۰/۰۷ ^{cd}	۱/۳۹±۰/۱۷^{b}
تیمار ۵ (۸۰٪ Soy + 1% Fizim)	۱۴۷/۲۵±۰/۵۳	۳۴۷/۷۹±۰/۵۹ ^{d}	۳۷۸۲/۹۴±۳۱/۲۴ ^{d}	۱۳۶/۱۹±۰/۴۴^{c}	۱/۲۳±۰/۰۳^{c}	۱/۸۴±۰/۰۳ ^{d}	۰/۶۴±۰/۰۰۱^{c}
تیمار ۶ (۸۰ % Soy)	۱۴۵/۰۲±۰/۱	۲۹۲/۵۸±۱۰/۰۶ ^{e}	۲۸۹۹/۱۰±۶۸/۹۰^{e}	۱۰۷/۴۸±۷/۶۷^{d}	۱/۰۴±۰/۰۵^{d}	۱/۸۵±۰/۰۶ ^{d}	۰/۳۶±۰/۱۹^{d}

میانگین±SD، اعداد در یک ستون با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند (P≤۰/۰۵).

تاثیر سطوح مختلف آرد سویا و فیتاز بر برخی از شاخص‌های خونی و سرم‌شناسی: نتایج حاصل از تأثیر جیره غذایی حاوی سطوح مختلف آرد سویا و فیتاز روی برخی پارامترهای خونی در جدول ۳ ارائه شده است. میانگین تعداد گلبول قرمز خون ماهیانی که از جیره محتوی ۴۰ درصد آرد سویا با ۲۰۰۰ واحد بین‌المللی فیتاز بر کیلوگرم جیره (P≤۰/۰۵) تغذیه کرده بودند به‌طور معنی‌داری بالاتر از ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۸۰ درصد آرد سویا بود. میانگین تعداد گلبول‌های سفید خون ماهیان تغذیه شده با جیره محتوی ۴۰ درصد آرد سویا با ۲۰۰۰ واحد بین‌المللی فیتاز بر کیلوگرم جیره به‌طور معنی‌داری بالاتر از ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۸۰ درصد آرد سویا با سطوح مختلف فیتاز بود (جدول ۳). نتایج حاصل نشان داد که افزودن آرد سویا و فیتاز منجر به تفاوت معنی‌داری در میزان هموگلوبین و هماتوکریت در مقایسه با تیمار شاهد گردید. هیچ‌گونه

www.SID.ir

Archive of SID

اختلاف معنی‌دار آماری در میزان هموگلوبین و هماتوکریت در ماهیان تغذیه شده با سطوح مختلف آرد سویا و فیتاز مشاهده نشد. میزان MCV ، MCH و MCHC خون ماهیان نغذیه شده با سطوح مختلف آرد سویا و فیتاز براساس آزمون چندوجهی دانکن (Duncana)به‌منظور مقایسه دو به دو گروه‌ها با یکدیگر و با شاهد اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نشد. براساس آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (Oneway Anova) به‌منظور مقایسه میانگین نوتروفیل خون بچه‌ماهیان بین تیمارها اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده شد. براساس آزمون دانکن میانگین نوتروفیل خون بچه‌ماهیان جیره محتوی ۸۰ درصد آرد سویا با ۱۰۰۰ واحد بین‌المللی فیتاز بر کیلوگرم جیره و جیره محتوی ۸۰ درصد آردسویا به‌شکل معنی‌داری بیش‌تر ازسایر تیمارها بود، کم‌ترین میزان نوتروفیل در شاهد مشاهده گردید. میانگین لمفوسیت خون بچه‌ماهیان بین تیمارها اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده شد. براساس آزمون دانکن میانگین لمفوسیت خون بچه‌ماهیان در کلیه تیمارها نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری مشاهده شد و بیش‌ترین میزان لمفوسیت درخون بچه‌ماهیان شاهد و کم‌ترین میزان لیمفوسیت در خون بچه‌ماهیان تغذیه شده با ۸۰ درصد آرد سویا مشاهده شد. میزان درصد مونوسیت و میزان ائوزینوفیل خون ماهیان و براساس آزمون دانکن به‌منظور مقایسه گروه‌ها با شاهد و با یکدیگر اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نشد. مقایسه خون ماهیان و براساس آزمون چندوجهی دانکن به‌منظور مقایسه دو به دو گروه‌ها با یکدیگر و با شاهد اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده نشد.

جدول ۳: میانگین مقادیر شاخص‌های خون‌شناختی (میانگین± انحراف معیار) ماهیان جوان پرورشی تغذیه شده با سطوح مختلف کنجاله سویا و فیتاز در پایان دوره پرورش

تیمار	تعداد گلبول های سفید (میلی‌مترمکعب)	تعداد گلبول های قرمز (میلی‌مترمکعب)	هموگلوبین	هماتوکریت (٪)	MCV (FL)	MCH (pg)	MCHC
شاهد	۶۸۵۰ ±۴۹۴/۹۷ ab	۱۰۱۰۰۰۰ ±۴۰۰۰۰ ab	۹/۶۵ ±۰/۱۵ a	۶۱ ±۱ a	۴۸۳ ±۵	۷۶/۵ ±۲/۵	۱۵/۸۰ ±۰
تیمار ۱ (۴۰٪ Soy + 2% Fizim)	۵۹۵۰ ±۳۵۳/۵۳ b	۱۲۶۵۰۰۰ ±۶۵۰۰۰ a	۸/۵ ±۰/۲ ab	۵۷ ±۱ ab	۴۷۶ ±۵	۷۶ ±۱	۱۵/۹۵ ±۰/۰۵
تیمار ۲ (۴۰٪ Soy + 1% Fizim)	۷۲۰۰ ±۴۲۴/۲۶ab	۹۶۸۵۰۰ ±۲۶۵۰۰ab	۷/۶ ±۰/۱ b	۴۷ ±۱ b	۵۶۵/۵ ±۳/۵	۷۵ ±۲	۱۶/۱۵ ±۰/۱۵
تیمار ۳ (۴۰ % Soy)	۷۰۰۰ ±۱۴۱/۴۲ab	۹۴۷۵۰۰ ±۳۷۵۰۰ ab	۷/۳ ±۰/۲ b	۴۵/۵ ±۱/۵ b	۴۷۴ ±۲	۷۵ ±۰	۱۶ ±۰/۱
تیمار ۴ (۸۰٪ Soy + 2% Fizim)	۷۸۰۰ ±۸۴۸/۵۲ a	۹۸۶۵۰۰ ±۱۱۵۰۰ ab	۶/۹۵ ±۰/۱۵b	۴۳/۵۰ ±۱/۵b	۴۶۸ ±۳	۷۵ ±۱	۱۵/۸۵ ±۰/۱۵
تیمار ۵ (۸۰٪ Soy + 1% Fizim)	۷۹۰۰ ±۱۴۱/۴۲ a	۹۷۹۰۰۰ ±۱۴۰۰۰ab	۷/۴ ±۰/۱ b	۴۶/۵ ±۰/۵ b	۴۷۰/۵ ±۱/۵	۷۵ ±۱	۱۵/۷۵ ±۰/۳۵
تیمار ۶ (۸۰ % Soy)	۷۹۵۰ ±۶۳۵/۳۹a	۵۱۹۰۰۰ ±۲۳۰۰۰b	۶/۸ ±۰/۶ b	۴۴/۵۰ ±۱/۵ b	۴۶۹/۵ ±۲/۵۰	۷۵/۵ ±۰/۵۰	۱۶ ±۰

میانگین±SD، اعداد در یک ستون با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند (P≤۰/۰۵).

فعالیت آنزیم های کبدی: نتایج حاصله، اختلاف معنی‌داری را در میزان فعالیت آنزیم‌های کبدی خون (آلانین آمینوترانسفراز، آسپارتات آمینوترانسفراز و آلکالین فسفاتاز) در تیمارهای آزمایشی که با سطوح متفاوت آرد سویا و فیتاز تغذیه نموده بودند در مقایسه با تیمارشاهد نشان دادند. هیچ تفاوت معنی‌داری در مقادیر متوسط آنزیم آلکالین فسفاتاز ماهیان تغذیه شده با تیمارهای تغذیه شده با ۸۰درصدآرد سویا با سطوح مختلف فیتاز مشاهده نشد، درصورتی‌که این تیمارها با ماهیان تغذیه شده با تیمار شاهد، ماهیان تغذیه‌شده با ۴۰درصدآرد سویا با ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ واحد بین‌المللی فیتاز بر کیلوگرم جیره دارای اختلاف معنی‌دار آماری بودند. مقادیرآنزیم‌های آلانین آمینوترانسفرازوآسپارتات آمینوترانسفراز، با مقادیر متوسط آرد سویای جیره غذایی ارتباط مستقیم داشتند. بالاترین آنزیم‌های آلانین آمینو ترانسفراز و آسپارتات آمینوترانسفراز در ماهیان تغذیه شده با جیره ۸۰ درصد آرد سویا مشاهده شد، که با سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار آماری بود (جدول ۴).

جدول ۴: میانگین مقادیر شاخص‌های کبدی خون (میانگین±انحراف معیار) ماهیان جوان پرورشی تغذیه شده با سطوح مختلف آرد سویا و فیتاز در پایان دوره پرورش

تیمار	آلکالین فسفاتاز (ALP; U/L)	آلانین آمینوترانسفراز (ALT; U/L)	آسپارتات آمینوترانسفراز (AST;U/L)
شاهد	۱۰۵/۵ ±۳/۵c	۴/۳ ±۰/۵d	۲۸۳ ±۱۸c
تیمار ۱ (۴۰٪ Soy + 2 Fizim)	۱۰۳/۵ ±۰/۵c	۳/۵ ±۰/۲۹d	۳۰۲ ±۱۳c
تیمار ۲ (۴۰٪ Soy + 1% Fizim)	۱۰۴ ± ۴ c	۴/۵ ± ۱/۴ cd	۲۹۹ ± ۱۱ c
تیمار ۳ (۴۰ % Soy)	۱۰۲/۵ ±۰/۵c	۷/۴ ±۱/۳bc	۲۷۸/۵ ±۱۹/۵c
تیمار ۴ (۸۰٪ Soy + 2% Fizim)	۱۱۸ ±۱b	۸/۷ ±۰/۵bc	۳۱۵ ±۱۲c
تیمار ۵ (۸۰٪ Soy + 1% Fizim)	۱۱۳/۹ ±۱/۴ b	۹/۵ ±۲/۴b	۵۱۱/۵ ±۱۰/۵b
تیمار ۶ (۸۰ % Soy)	۱۳۱ ±۴a	۱۳/۵ ±۳/۵a	۵۸۴ ±۲۱a

میانگین±SD، اعداد در یک ستون با حروف متفاوت دارای اختلاف معنی‌دار هستند (P≤۰/۰۵).

www.SID.ir

Archive of SID

بحث

در مطالعه حاضر، جایگزینی آرد سویا به‌میزان تا ۴۰ درصد به‌عنوان منبع پروتئین گیاهی با پودر ماهی در جیره غذایی ماهی آزاد دریای خزر با ۲۰۰۰ واحد بین‌المللی فیتاز هیچ‌گونه اختلاف معنی‌دار آماری در شاخص‌های رشد و تغذیه ازجمله وزن نهایی بدن (WF)، وزن کسب شده (WG)، شاخص رشد ویژه (SGR)، ضریب تبدیل غذا (FCR) و میزان کارایی پروتئین (PER) نسبت به تیمار شاهد مشاهده نشد، این خود بیانگر استفاده بیش‌تر از پروتئین جیره غذایی بر روند رشد است. در صورتی‌که جایگزینی بیش از ۴۰ درصد آرد سویا حتی با اضافه نمودن سطوح مختلف فیتاز، میزان غذای مصرفی به‌دلیل محدودیت‌های ناشی از وجود عوامل مختلف ضدتغذیه‌ایی و احتمالاً کاهش خوش‌خوراکی جیره، روند رشد و کارایی غذا کاهش یافت. تاکنون در پژوهش‌های زیادی سطح قابل جایگزینی پودر ماهی جیره با منابع پروتئین گیاهی در گونه‌های مختلف ماهی بررسی شده است، چنان‌که Hardy (۲۰۰۲)، جایگزینی آرد سویا را فقط تا سطح ۲۰ درصدی جیره قزل‌آلای رنگین‌کمان توصیه کرد. گزارش‌هایی مبنی بر جایگزینی کنجاله سویا تا سطح کم‌تر از ۲۵ (بین ۱۰ تا ۱۵) درصد منابع پروتئینی جیره قزل‌آلا، بدون تاثیر منفی در کارایی رشد ماهی در دسترس است (Barrows و همکاران، ۲۰۰۷).

طبق گزارش Kraugerud و همکاران (۲۰۰۷) جیره غذایی حاوی ۴۲ درصد کنجاله سویا باعث کاهش رشد چشمگیر در ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) شد. مطالعه Jalili و همکاران (۲۰۱۲) نیز یافته‌های پژوهش حاضر را تایید می‌کند. طبق نتایج آنان امکان جایگزینی منابع پروتئین گیاهی در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تا سطح ۳۰ درصد پودر ماهی جیره امکان‌پذیر بود. جیره حاوی ۳۰ درصد پودر ماهی و ۷۰ درصد پروتئین گیاهی (مخلوط آرد سویا، گلوتن ذرت و آرد گندم) و جیره عاری از آرد ماهی کاهش معنی‌داری را در عملکرد SGR، FCR و افزایش رشد ماهی‌ها نسبت به تیمار شاهد (۱۰۰ درصد پودر ماهی) نشان دادند. محققان دیگری نیز چنین کاهش معنی‌داری در نرخ رشد گونه‌های مختلف ماهیان در سطوح جایگزینی ۷۰ و ۱۰۰ درصدی پودر ماهی جیره با منابع پروتین گیاهی را گزارش کرده‌اند (Palmegiano و همکاران، ۲۰۰۷). البته برخی از مطالعات اخیر نشان دادند که امکان جایگزینی ۱۰۰ درصدی پودر ماهی با منابع پروتین گیاهی، در جیره غذایی قزل‌آلای رنگین‌کمان بدون تاثیر منفی یا تاثیر بسیار ناچیز در عمکرد رشد ماهی وجود دارد (Hernandez و همکاران، ۲۰۱۲) که با نتایج مطالعه اخیر مغایرت دارند. به‌علاوه Barnes و همکاران (۲۰۱۲) افزایش میزان FCR و کاهش معنی‌دار رشد در سطح جایگزینی بیش از ۳۰ درصد پودر ماهی جیره با کنجاله سویای تخمیر شده را گزارش کردند.

نسبت بازده پروتئین معیاری است که نشان می‌دهد منبع پروتئینی موجود در جیره تا چه حد قادر بوده است اسیدهای آمینه مورد نیاز حیوان را تأمین نماید، هم‌چنین نشان‌دهنده چگونگی تعادل انرژی و پروتئین است (Lovell، ۱۹۸۸). Day و همکاران (۲۰۰۶) کاهش نسبت بازده پروتئین در کفشک ماهی *Scophtalmus maximus* را در سطوح بالای ۲۵ درصد جایگزینی کنسانتره پروتئین سویا به‌جای پودر ماهی به کاهش رشد ماهی و افزایش نسبت جذب پروتئین جهت فعالیت‌های حیاتی ماهی نسبت به جذب پروتئین برای رشد می‌دانند و معتقدند که افزودن متیونین و لایزین منجر به افزایش کاتابولیسم پروتئین در ماهی و افزایش میزان نسبت بازده پروتئین خواهد شد. در این آزمایش به‌دلیل استفاده از فیتاز در جیره محتوی ۴۰ درصد آرد سویا به‌جای پودر ماهی، ملاحظه گردید که ماهی آزاد دریای خزر به‌خوبی می‌تواند از ۴۰ درصد آرد سویا به‌جای پودر ماهی جهت تامین پروتئین مورد نیاز، رشد و فعالیت‌های کاتابولیک خود همانند پودر ماهی در صورت مکمل نمودن با ۲۰۰۰ واحد بین‌المللی فیتاز بهره‌برداری نماید. در مطالعه حاضر، کم‌ترین میزان مقادیر روند رشد و کارایی غذا در ماهیان تغذیه شده با تیمار ۸۰ درصد آرد سویا ملاحظه گردید، که با سایر تیمارها نیز دارای اختلاف معنی‌دار آماری بود. میزان متعادل اسیدهای آمیه ضروری در جیره غذایی برای نرخ رشد بهینه و عمکرد بهتر آبزیان ضروری است (Haard و García، ۱۹۹۳). در مطالعه حاضر، مشخص گردید جیره محتوی ۴۰ درصد آرد سویا به‌جای پودر ماهی، اسیدهای آمینه ضروری همانند متیونین برای پاسخ گویی به نیازهای تغذیه‌ای ماهی قزل‌آلا کافی نیستند. برخی مشکلات در زمینه استفاده از پروتئین‌های گیاهی نامتناسب بودن پروفیل آمینواسیدی آن‌ها و برخی فاکتورهای ضدتغذیه‌ای نظیر فیبر (Storebakken و همکاران، ۲۰۰۷؛ Gatelin و همکاران، ۲۰۰۷) است که میزان هضم‌پذیری غذا و رشد ماهی را کاهش می‌دهد (Krogdahl و همکاران، ۲۰۱۰؛ Gatelin و همکاران، ۲۰۰۷) است که میزان هضم‌پذیری غذا و رشد ماهی را کاهش می‌دهد.

در بررسی اثر سطوح آنزیم فیتاز بر شاخص‌های رشد مشخص گردید که بین شاخص‌های رشد در سطوح صفر و ۱۰۰۰ هیچ تفاوت معنی‌داری وجود نداشت اما با افزایش میزان آنزیم فیتاز تا ۲۰۰۰ واحد بین‌المللی بر کیلوگرم غذا به‌جز شاخص‌های افزایش طول، مقدار خوراک مصرفی و میزان ذخیره پروتئین در بقیه شاخص‌ها وضعیت رشد بهبود می‌یابد بنابراین به‌طورکلی اثر آنزیم فیتاز بر شاخص‌های رشد مثبت بوده و در سطح ۲۰۰۰ واحد بهترین نتیجه حاصل شد. در مقایسه با نتایج فوق، Sajjadi و همکاران (۲۰۰۴) اعلام کردند که پروتئین سویای فیتین‌زدایی شده با ۵۰۰۰ واحد آنزیم فیتاز در ماهی قزل‌آلای رنگین کمان راندمان غذایی و رشد بهتری نسبت به جیره بدون فیتاز داشت. هم‌چنین Iwashita و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که جیره حاوی

www.SID.ir

Archive of SID

۳۳ درصد آرد سویا با ۱۰۰۰ واحد آنزیم فیتاز نسبت به جیره بدون فیتاز باعث افزایش وزن و بهبود FCR در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان شده است.

Robinson و Jackson (۱۹۹۶) بیان کردند که استفاده از آنزیم فیتاز همراه با آرد سویا منجر به بهبود عملکرد روند رشد و کارایی غذا گربه‌ماهی کانالی (*Ictalurus punctatus*) خواهد شد. مطالعات Biswas وهمکاران(۲۰۰۷)درماهی سیم دریایی قرمز (*Pagrus major*) و Jidan و همکاران (۲۰۱۱) در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان *Oncorhynchus mykiss*، نشان داد که جایگزینی پودر ماهی با آرد سویا موجب کاهش معنی‌داری در قابلیت هضم پروتئین شد، اگرچه افزودن فیتاز تا سطح ۲۰۰۰ به‌طور معنی‌داری قابلیت هضم پروتئین را افزایش داد، هم‌چنین آن‌ها گزارش نمودند که افزودن آنزیم فیتاز تاثیری در قابلیت هضم انرژی ندارد. میزان متعادل اسیدهای آمیه ضروری در جیره غذایی برای نرخ رشد بهینه و عمکرد بهتر آبزیان ضروری است (García و haard، ۱۹۹۳).

برخی اسیدهای آمینه ضروری سویا همانند متیونین برای پاسخ گویی به نیازهای تغذیه‌ای ماهی قزل‌آلا کافی نیستند (Storebakken و همکاران، ۲۰۰۰؛ Gatelin و همکاران، ۲۰۰۷). بنابراین کاهش عملکرد رشد ماهیان در سطوح بالای ۴۰ درصد را می‌توان به کمبود این آمینو اسیددر جیره نسبت داد. واضح است که رشد ماهی به‌میزان هضم‌پذیری غذا، به‌ویژه تجزیه پروتئین‌ها به واحدهای سازنده‌شان نیز وابسته است (Cruz و همکاران، ۲۰۱۱). این درحالی است که فیتیک اسید در سویا، با کاهش میزان دسترسی زیستی به پروتئین‌ها، منجر به دفع پروتئین از طریق ادرار و مدفوع ماهی می‌شود (Coloso و همکاران، ۲۰۰۳). از سوی دیگر، فیتیک اسید با اتصال به تریپسن یا تشکیل کمپلکس فیتات پروتئین و فیتات-موادمعدنی-پروتئین مانع از تجزیه پروتئین‌هامی‌شود (Cheryan، ۱۹۸۰).

بنابراین، محققان برای رفع این مشکل از آنزیم‌فیتازدر جیره غذایی ماهیان استفاده کردند و کاهش میزان فیتات و در نتیجه عملکرد بهتر رشد در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان را گزارش کردند (Hard و همکاران، ۲۰۰۹؛ Wang و همکاران، ۲۰۱۱). در مطالعه حاضر، ارزیابی شاخص‌های ایمنی نشان‌گر این بود که فاکتورهای هموگلوبین، هماتوکریت و تعداد گلبول‌های قرمز و ... در بین تیمارهای مورد آزمایش دارای اختلاف معنی‌دار بودند. ماهیان تغذیه شده با میزان بالای ۴۰ درصد آرد سویا با سطوح ۰ و ۱۰۰۰ واحد بین‌المللی فیتاز بر کیلوگرم جیره موجب ایجاد تأثیرات منفی بر سیستم ایمنی بدن ماهی آزاد دریای خزر گردید.

کاهش میزان هموگلوبین و هماتوکریت می‌تواند به‌دلیل اتصال فیتیک اسید و مواد ضدتغذیه‌ای سویا به مواد معدنی (آهن) و گروه‌های آمینواسیدی پروتئین‌ها باشد که افزایش میزان لیزشدن گلبول‌های قرمز شده است (Soltan، ۲۰۰۸). به‌اثبات رسیده که کیفیت غذا به‌طور موثری بر پارامترهای خون‌شناسی، کیفیت و کمیت فاکتورهای خونی ماهی تاثیرگذار است (Domezain و همکاران، ۲۰۰۲).

این نتایج را می‌توان به‌وسیله تاثیرات زیان بار مواد ضدتغذیه‌ای موجود در منابع پروتئین گیاهی توجیه نمود. به‌هرحال نتایج کلی، حاصل از تحقیقات محققین اثر مثبت آنزیم فیتاز را در افزایش عملکرد پروتئین‌های گیاهی به‌خصوص سویا نشان می‌دهد که با تحقیق حاضر مشابه بوده است. اختلافات جزیی موجود هم می‌تواند به‌دلیل سطوح مختلف به‌کارگیری آنزیم فیتاز، نوع گونه و نوع مواد اولیه به‌کار گرفته شده باشد. با توجه به نتایج مطالعه حاضر می‌توان اذعان نمود، گونه ماهی آزاد دریای خزر به‌دلیل رژیم غذایی گوشت‌خواری و نیاز بالا به منابع پروتئین حیوانی در مراحل ابتدایی زندگی خود، توانایی پذیرش منابع پروتئین گیاهی را در سطوح بالای ۸۰ درصد جیره ندارد.

به‌طورکلی با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق پیشنهاد می‌شود که در جیره ماهی قزل‌آلا تا سطح ۴۰ درصد پروتئین پودر ماهی با آرد سویا جایگزین شود، به‌منظور کمبود شاخص‌های رشد و افزایش قابلیت هضم ماده خشک، آنزیم فیتاز به‌میزان ۲۰۰۰ واحد بر کیلوگرم غذا استفاده شود.

منابع

۱. **Barnes, E.; Michael, B.L.; Michael, K.A. and Rosentrater, J.R.S., 2012.** An initial investigation replacing fish meal with a commercial fermented soybean meal product in the diets of juvenile rainbow trout. Open Journal of Animal Sciences. Vol. 2, No. 4, pp: 234-243.

۲. **Burr, G.S.; William, R.W.; Frederic, T.B. and Ronald, W.H., 2012.** Replacing fishmeal with blends of alternative proteins on growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), and early or late stage juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). Journal of aquaculture. Vol. 334, pp: 110-116.

۳. **Barrows, F.T.; Gaylord, T.G.; Sealey, W.M.; Haas, M.J. and Stroup, R.L., 2008**. Processing soybean meal for biodiesel production: effect of a new processing method on growth performance of rainbow trout, Oncorhynchus mykiss. Aquaculture. Vol. 283, pp: 141-147. doi:10.1016/j. aquaculture. 2008.06.041.

۴. **Biswas, M.D.; Borgeson, T.L. and Thiessen, D.L., 2007.** A review of processing of feed ingredients to enhance diet digestibility in finfish. Animal Feed Science Technology. Vol. 138, pp: 118-136.

۵. **Cheryan, M., 1980.** Phytic acid interactions in food systems. Critical Reviews on Food Science and Nutrition. Vol. 13, pp: 297-335.

www.SID.ir

Archive of SID

۶. **Coloso, R.M.K.; King, J.W.; Fletcher, M.A.; hendrix, M.; Subramanyam, P.W. and Ferraris, R.P., 2003.** Phosphorus utilization in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed practical diets and its consequences on effluent phosphorus levels. Aquaculture. Vol. 220, pp: 801-820.

۷. **Cruz Castro, C.A.; Hernández, L.H.; Fernández Araiza, M.A.; Ramírez Pérez, T. and Ángeles López, O., 2011.** Effects of diets with soybean meal on the growth, digestibility, Phosphorus and Nitrogen excretion of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Hidrobiológica. Vol. 21, No. 2, pp: 118-125.

۸. **Day, O.J. and Plasencia Gonzaalez, H.G., 2006.** Soybean protein concentrate as a protein sourcefor turbot *Scophthalmus maximus* L. Aquaculture Nutrition 2000. Vol. 6, pp: 221-228.

۹. **Dalsgaard, J.; Ekman K.S.; Pedersen, P.B. and Verlhac, V., 2009.** Effect of supplemented fungal phytase on performance and phosphorus availability by phosphorus-depleted juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), and on the magnitude and composition of phosphorus waste output. Aquaculture. Vol. 286, pp: 105-112.

۱۰. **Domezain, A.E.; Martínez-Álvarez, R.M.; Hidalgo, M.C.; Morales, A.; García Gallego, M. and Sanz, A., 2002.** Physiological changes of sturgeon *Acipenser naccarii* caused by increasing environmental salinity. J Exp Biol. Vol. 205, pp: 3699-3706.

۱۱. **Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2008.** Cultured Aquatic Species Information Programmed. *Oncorhynchus mykiss*. Cultured Aquatic Species Information Programmed. Text by Cowx, I. G. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 15 June 2005. [Cited 1 August 2013]. http://www.fao.org/fishery/ culturedspecies/ *Oncorhynchus mykiss*/en.

۱۲. **Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2010.** World Agriculture Towards 2030/2050: The 2012 revision. ESA E Working Paper No. 12-03. http://www. fao.org/economic/esa/esag/en/.

۱۳. **Francis, H.; Adem, H.; Tressel, R.P.; Wysujack, K., Koops, U. and Schulz, C., 2001.** Replacement of fish meal with rapeseed protein concentrate in diets fed to common carp (*Cyprinus carpio* L.). Israeli Journal Aquaculture Bamidgeh. Vol. 63, No. 6. IIC: 63.2011.605.

۱۴. **García-Carreño, FL., Haard NF., 1993.** Characterization of proteinase classes in Langostilla Pleuroncodes planipes and Crayfish Pacifastacus astacus extracts. Journal of Food Biochemistry 17, 97-113.

۱۵. **Gatlin, D.M.; Barrows, F.T.; Brown, P.; Dabrowski, K.; Gaylord, T.G.; Hardy, R.W.; Herman, E., Hu, G.; Krogdahl, Å.; Nelson, R.; Overturf, K.; Rust, M.; Sealey, W.; Skonberg, D.; Souza, E.J.; Stone, D., Wilson, R. and Wurtele, E., 2007.** Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. Aquaculture Research. Vol. 38, pp: 551-579.

۱۶. **Hard, B.F.; Zinkl, J.G. and Jane, N.C., 2009.** Schalm's Veterinary Hematology.5th ed. Lippincott Williams and Wilkins. pp: 1120-1124.

۱۷. **Hernandez, A.; Alex, H.G. and Bari, R.W., 2012.** Rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss*). In: Webster, C.D. & C. E. Lim (Eds.).Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture. CABI Publishing, New York, New York, USA. pp: 184-202.

۱۸. **Iwashita, Y.; Yamamoto, T.; Furuita, H., Sugita, T. and Suzuki, N., 2008.** Influence of certain soybean anti nutritional factors supplemented toa casein-based semi purified diet on intestinal and liver morphology in fingerling rainbow trout Oncorhynchus mykiss. Fisheries Science. Vol. 74, pp: 1075-1082. doi:10.1111/j.1444-2906.2008. x 01627.

۱۹. **Jalili, R.; Noori, F. and Agh, N., 2012.** Effects of Dietary Protein Source on Growth Performance, Feed Utilization and Digestive Enzyme Activity in Rainbow Trout (*Oncorhynchus Mykiss*). Journal of Applied Biological Sciences. Vol. 6, No. 3, pp: 61-68.

۲۰. **Jidan, Y.; Xianghe, L.; Zijia, W. and Kun, W., 2011.** Effect of partial fish meal replacement by soybean meal on the growth performance and biochemical indices of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. Vol. 1, pp: 143-153.

۲۱. **Krogdahl, Å.; Penn, M.; Thorsen, J.; Refstie, S. and Bakke, A.M., 2010.** Important anti-nutrients in plant feedstuffs for aquaculture: an update on recent finding regarding responses in salmonids. Aquaculture Research. Vol. 41, pp: 333-344.

۲۲. **Kraugerud, O.F.; Penn, M.; Storebakken, T.; Refstie, S.; Krogdahl, Å. and Svihus, B., 2007.** Nutrient digestibilities and gut function in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with cellulose or non-starch polysaccharides from soy. Aquaculture. Vol. 273, pp: 96-107.

۲۳. **Lovell, R.T., 1988.** Use of soybean products in diets for aquaculture species: revised. Soybean Utilisation Alternatives, February 16±18. The Centre for Alternative Crops and Products, University of 14 Minnesota. pp: 335-361.

۲۴. **Mohseni, M.; Hassani, M.H.; Pourali, M.; Pourkazemi, M. and Bai, S.C., 2011.** The optimum dietary carbohydrate lipid ratio can spare protein in growing beluga, Huso huso. Applied Ichthyology. Vol. 27, pp: 775-780.

۲۵. **Mohseni, M.; Pourali, H.R., Kazemi, R. and Bai, S.C., 2014.** Evaluation of the optimum dietary protein level for the maximum growth of juvenile beluga (*Huso huso* L. 1758). Aquaculture Research. Vol. 45, pp: 1832-1841.

۲۶. **Palmegiano, G.B.; Dapra, F.; Forneris, G., Gai, F.; Gasco, L.; Guo, K.; Peiretti, P.G.; Sicuro, B. and Zoccarato, I., 2006.** Rice proteins concentrate meal as a potential ingredient in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture. Vol. 258, pp: 357-367.

www.SID.ir

Archive of SID

۲۷. **Papatrypbon, E. and Soares Jr, J.H., 2001.** The effect of phytase on apparent digestibility of four practical plant feedstuffs fed to stripped bass, Marone sexatilis. Aquaculture. Vol. 14, pp: 120-129.

۲۸. **Sajjadi, M. and Carter, C.G., 2004.** Effect of phytic acid and phytase on feed intake, growth, digestibility and trypsin activity in Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture Nutrition. Vol. 10, pp: 135-142.

۲۹. **Soltan, M.A.; Hanafy, M.A. and Wafa, M.I.A., 2008.** Effect of Replacing Fish Meal by a Mixture of Different Plant Protein Sourcesin Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) Diets. Global Veterinaria. Vol. 2, No. 4, pp: 157-164.

۳۰. **Storebakken, T.; Shearer, K.D.; Baeverfjord, G.; Nielsen, B.G.; Asgard, T.; Scott, T.M. and De Laporte, A., 2000.** Digestibility of macronutrients, energy and amino acids, absorption of elements and absence of intestinal enteritis in Atlantic salmon, *Salmo salar*, fed diets with wheat gluten. Aquaculture. Vol. 184, pp: 115-132.

۳۱. **Wang, F.; Yang, Y.H.; Han, Z.Z.; Dong, H.W.; yang, C.H. and Zou, Z.Y., 2011.** Effects of phytase pretreatment of soybean meal and phytase-sprayed in diets on growth, apparent digestibility coefficient and nutrient excretion of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss Walbaum*). Aquaculture International. Vol. 17, pp: 143-157.

۳۲. **Zhou, F.; Song, W.; Shao, Q.; Peng, X.; Xiao, J.; Hua, Y. and Owari, B.N., 2011.** Partial replacement of fish meal by fermented soybean meal in diets for Black Sea bream, *Acanthopagrus schlegelii*, juveniles. Journal of World Aquaculture Society. Vol. 42, pp: 184-197.

www.SID.ir