مجله شیلات
سال سوم، شماره دوم، تابستان ۸۸

عملکرد مکمل آنزیمی آویزایم بر جایگزینی آرد ماهی با آرد سویا و تأثیر آن بر رشد و بازماندگی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

***شایان قبادی[۱]، عباس متین‌فر[۲]، شعبان‌علی نظامی[۲] و مهدی سلطانی[۳]**

[۱]دانش‌آموخته دوره دکتری تخصصی گروه شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران،

[۲] استادیار پژوهشی مؤسسه تحقیقات شیلات ایران، [۳]استاد گروه شیلات دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

چکیده

پژوهش حاضر به‌منظور ارزیابی تأثیر آویزایم به‌عنوان یک مکمل آنزیمی بر رشد و بازماندگی ماهی‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با جیره‌های غذایی حاوی آرد سویا انجام شد. اساس تنظیم جیره‌های آزمایشی در این تحقیق، جایگزینی به‌ترتیب ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد پروتئین آرد ماهی با پروتئین آرد سویا و استفاده از مقادیر متفاوت مولتی‌آنزیم آویزایم با دوزهای صفر، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام در جیره‌ها بود. لازم به ذکر است از جیره حاوی آرد ماهی، به‌عنوان تنها منبع پروتئینی جیره که فاقد مکمل آنزیمی بود نیز به‌عنوان جیره شاهد آزمون استفاده شد. این پژوهش شامل ۱۳ تیمار و با احتساب ۳ تکرار برای هر تیمار، دارای ۳۹ تکرار بوده است. بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزن ٤/۰۱±۸۹/٤۰ گرم و تراکم ۳۰ عدد در هر حوضچه ونیرو به‌مدت ۸ هفته با جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که مولتی‌آنزیم آویزایم حاوی پروتئاز، زایلاناز و آمیلاز، کارایی مثبتی در برطرف نمودن اثرات منفی استفاده از آرد سویا در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان دارد و به‌تبع آن موجب بهبود شاخص‌های رشد و بقا این ماهی‌ها می‌گردد. نتایج این پژوهش نشان داد که می‌توان با اضافه نمودن ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام مولتی‌آنزیم آویزایم به جیره‌های غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، میزان آرد سویای موجود درجیره را می‌توان تا ۳۹ درصد افزایش داد، بدون این‌که روی شاخص‌های رشد و بقای ماهی تأثیری منفی داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: آرد سویا، بازماندگی، شاخص‌های رشد، قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)، مولتی‌آنزیم آویزایم

مقدمه

یکی از بزرگترین مشکلات پیش روی آبزی‌پروری، به‌خصوص در مورد ماهیان گوشت‌خوار مانند آزادماهیان قیمت بالا و دسترسی کم به آرد ماهی است که دلیل آن افزایش تقاضا و کاهش میزان تولید این ماده می‌باشد (٤، ١٦).

این منبع پروتئینی در پرورش آزادماهیان حدود ۵۱ درصد هزینه تولید را به خود اختصاص می‌دهد (۱۰). با توجه به این مطالب یافتن جایگزین مناسب پروتئینی به‌جای آرد ماهی ضروری به نظر می‌رسد. ازجمله مواد غذایی که به‌عنوان جایگزین این ماده مطرح هستند عبارتند از:

۱- ضایعات کشتارگاهی

۲- ضایعات صید و صیدهای ضمنی

۳- غلات و دانه‌های روغنی

در این میان ضایعات کشتارگاهی به‌علت کیفیت متغیر و دارا بودن خاکستر زیاد در ترکیب بافت خود و همچنین قابلیت هضم کم که ناشی از وجود کلاژن زیاد در ترکیبشان می‌باشد به تنهایی قادر به جایگزینی نیستند،

*- مسئول مکاتبه: shgh_science@yahoo.com

هرچند به‌علت پروفایل مناسب آمینواسیدی می‌توانند مکمل خوبی در کنار سایر منابع پروتئینی خصوصاً از نوع گیاهی باشند. ضایعات صید و صیدهای ضمنی هم به خاطر وجود موانع زیاد در امر جمع‌آوری و فرآوری پتانسیل بالایی برای جایگزینی ندارند. در این میان محصولات جانبی دانه‌های روغنی و غلات یکی از گزینه‌های مناسب برای تأمین پروتئین و انرژی غذای آبزیان می‌باشند (۱٤).

در همین راستا از سوی بسیاری از محققان سویا به خاطر دارا بودن مواد مغذی وتعادل آمینواسیدی مناسب و همین‌طور ذخایر رو به رشد برای این امر پیشنهاد شده است (۱۳ و ۱٦). درضمن آرد سویا نسبت به آرد ماهی دارای پایداری بیشتری نسبت به فساد و اکسایش می‌باشد و عاری از قارچ‌ها و باکتری‌های مضر برای ماهی‌هاست (۲۷).

آزمون‌های مختلفی نیز قابلیت جایگزینی آرد سویای پر کیفیت به‌جای بخشی از پروتئین جیره غذایی آزادماهیان را تأیید نموده‌اند (۱۳ و ۳۱)، اما بنا به دلایل مختلف نسبت استفاده از این ماده در جیره غذایی آزادماهیان تاکنون چندان زیاد نیست. وجود عناصر ضدمغذی، خصوصاً بازدارنده‌های تریپسین و لکتین در سویا می‌توانند باعث بروز اثرات کاهنده بر میزان هضم غذا و همین‌طور بروز تغییرات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در دستگاه گوارش این ماهی‌ها شوند(۱۲ و ۳۰). همچنین عناصر ضدمغذی دیگری مثل urease، اسیدفیتیک و آنتی‌ژن‌ها هم در سویا موجودند که می‌توانند روند هضم را دچار اختلال نمایند (۷، ۲۰، ۲۲، ۲٤، ۲٦).

آرد سویا در عین حال حاوی حدود ۳۰ درصد کربوهیدرات‌های غیرقابل هضم می‌باشد که این ترکیبات هم می‌توانند بر پروسه هضم تأثیرات منفی بگذارند (۲۰، ۲٦ و ۲۸). برای رفع مشکلات مذکور و بهبود هضم‌پذیری سویای خام روش‌های حرارتی مختلفی پیشنهاد شده و نتایج مثبتی نیز در پی داشته است، اما باید توجه داشت که افزایش حرارت امکان تخریب اسیدهای آمینه را افزایش می‌دهد (۵، ۲٦).

از بعضی آنزیم‌های منفرد هم برای بهبود کیفیت این ماده غذایی استفاده شده است که نتایج مثبتی را در پی نداشته‌اند (۸ و ۲۳). اما در یک تحقیق که از ترکیب آنزیمی پروتئاز و کربوهیدراتاز در جیره غذایی ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) که حاوی آرد سویا بود استفاده شد، نتایج موفقیت‌آمیزی به‌دست آمد (۹).

با توجه به این سوابق، در تحقیق حاضر امکان استفاده از مولتی‌آنزیم آویزایم در جیره غذایی حاوی آرد سویا در تغذیه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) مورد بررسی قرار می‌گیرد. آویزایم مولتی‌آنزیمی حاوی پروتئاز و آمیلاز و زایلاناز است که پروتئاز موجود در آن به‌عنوان نیرویی کمکی سطح آنزیم‌های پروتئاز دستگاه گوارش ماهی قزل‌آلا را افزایش می‌دهد. همچنین این ماده، بازدارنده‌های تریپسین، کموتریپسین، ساپونین و لکتین موجود در سویا که جزو مواد ضدتغذیه‌ای هستند و با اتصال به آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتئین از هضم پروتئین جلوگیری می‌نمایند را غیرفعال کرده و با کمک به سیستم گوارشی ماهی، قابلیت هضم پروتئین سویا را افزایش می‌دهد. از طرفی آنزیم آمیلاز موجود در این مولتی‌آنزیم هضم‌پذیری کربوهیدرات‌های موجود در سویا را بالا برده و در نتیجه تولید انرژی برای انجام فعالیت‌ها را بیشتر خواهد نمود. همچنین در سویا موادی مانند آربینوزایلان وجود دارد که جزو پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای هستند و وجود آنها مانع هضم نشاسته می‌شود. این مواد نیز به‌واسطه استفاده از آنزیم زایلاناز می‌تواند از بین برود و توان هضم نشاسته سویا را افزایش دهد. البته بخش نشاسته‌ای آرد سویا ترکیب یکنواختی ندارد و بخشی از آن غیرقابل هضم می‌باشد. نشاسته غیرقابل هضم هم خود به سه دسته تقسیم می‌شود:

نشاسته مقاوم به هضم شماره یک- از نظر فیزیکی در یک پوشش غیرقابل دسترسی قرار گرفته که حتی پس از آسیاب کردن از بین نمی‌رود.

نشاسته مقاوم به هضم شماره دو- به‌صورت دانه‌های کریستاله یافت می‌شوند و ترکیب آن به نسبت بین آمیلوز و آمیلوپکتین وابسته است، هرچه نسبت بین آمیلوز و آمیلوپکتین بالاتر باشد قابلیت هضم این بخش کمتر می‌شود.

نشاسته مقاوم به هضم شماره سه- در حین فرآیند غذاسازی و ژلاتینه شدن سویا این نوع نشاسته به‌صورت خود به خود و با شکلی پیچیده تشکیل می‌شود. این بخش ژلاتینه به خاطر تشکیل پیوند با ترکیبات دیگر نظیر پروتئین‌ها و... نسبت به آمیلاز بسیار مقاوم است.

به این ترتیب برای شکستن نشاسته مقاوم به هضم شماره یک به آنزیم زایلاناز، برای شکستن نشاسته مقاوم به هضم شماره دو به آنزیم آمیلاز و برای شکستن نشاسته مقاوم به هضم شماره سه به ترکیب آنزیم‌های پروتئاز، زایلاناز و آمیلاز نیاز می‌باشد که استفاده از مولتی‌آنزیم آویزایم تمامی این آنزیم‌ها را در اختیار قرار می‌دهد. علاوه‌بر محاسن فوق آنزیم‌های تشکیل‌دهنده این مولتی‌آنزیم می‌توانند با شکستن ساختار پوششی و ترکیبی ترکیبات ضدمغذی باعث غیرفعال شدن آنها شوند. در ضمن محتویات این مولتی‌آنزیم می‌تواند با شکستن پیوندهایی که ترکیبات ضدمغذی با مواد غذایی تشکیل می‌دهند و مانع هضم‌پذیری آنها می‌شوند را در دسترس آنزیم‌های گوارشی قرار داده و میزان هضم و جذب آنها را افزایش دهد (۱).

هدف از پژوهش حاضر، بررسی کاربرد مولتی‌آنزیم آویزایم حاوی آنزیم‌های پروتئاز و کربوهیدراتاز در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) و تأثیرات آن بر قابلیت بهره‌گیری بیشتر از مقادیر مختلف آرد سویا به‌جای پودر ماهی در جیره غذایی ماهی قزل‌آلا و همین‌طور تعیین سطح مطلوب مولتی آنزیم آویزایم در جیره غذایی ماهی قزل‌آلا بوده است.

مواد و روش‌ها

در آذر ماه ۱۳۸۷ تعداد ۱٤۰۰ قطعه ماهی قزل‌آلای جوان با میانگین وزن ٤/۰۱±۸۹/٤۰ گرم تهیه شد و به کارگاه تکثیر و پرورش ماهی شهید رجایی ساری منتقل گردید. این ماهی‌ها برحسب طرح آزمون فاکتوریل ۳×٤ مورد استفاده در ۳۹ حوضچه فایبرگلاس ۲ مترمکعبی تقسیم شدند، به‌طوری‌که به‌ازای هر تانک ۳۰ قطعه ماهی ذخیره‌سازی گردید. طی هفته اول و همراه با سازگار شدن ماهی‌ها به محیط جدید، از غذای تجاری معمول استفاده شد، سپس طی سه روز و به مرور جیره مورد نظر برای هر تیمار جایگزین غذای تجاری گردید. اساس تنظیم جیره‌های مورد آزمایش جایگزینی به‌ترتیب صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد از پروتئین آرد ماهی با پروتئین آرد سویا و همین‌طور استفاده از مقادیر متفاوتی از مولتی‌آنزیم حاوی پروتئاز، آمیلاز و زایلاناز، شامل دوزهای ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام در جیره‌ها بود. برای این منظور پس از انجام آزمایشات مربوط به تجزیه تقریبی مواد اولیه، جیره‌نویسی برای تهیه هریک از جیره‌های آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار UFFDA انجام شد (جدول ۱).

نکته: داده‌های جدول فوق در مقادیر مختلف جایگزینی پروتئین آرد سویا با آرد ماهی برای جیره‌های فاقد آنزیم بیان شده است. لازم به ذکر است به‌جز جیره شاهد (با جایگزینی صفر) سایر جیره‌ها با کمی تفاوت در مقدار پرکننده، به‌طور مشابه برای جیره‌های حاوی ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام مولتی‌آنزیم نیز تکرار شدند.

برای ساخت غذا ابتدا ترکیبات جیره‌های فوق وزن‌کشی شدند، سپس توسط دست و همزن برقی مخلوط شدند و پس از افزودن آب به آنها خمیر حاصل توسط چرخ گوشت به پلت‌هایی با قطر ٤ میلی‌متر تبدیل

شد. این پلت‌ها در دمای ۵۰-۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس بسته‌بندی شدند.

طول دوره پرورش و غذادهی با جیره‌های مورد نظر ۸ هفته بود و طی این مدت فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب مورد سنجش قرار گرفت. میانگین دمای آب حوضچه‌ها در طول دوره پرورش معادل ۱۵/۷۶ درجه سانتی‌گراد، میانگین اکسیژن محلول معادل ۹/۴۵±۰/۲۵ میلی‌گرم بر لیتر و میانگین میزان pH آب معادل ۸/۴۷±۰/۰۵ بوده است. همچنین سختی آب معادل ۳۴۲ میلی‌گرم بر لیتر اندازه‌گیری شد. در طول دوره پرورش غذادهی به‌صورت روزانه به‌میزان ۲ درصد وزن بدن ماهی‌ها و در سه نوبت (ساعات ۸، ۱۲و ۱۶) انجام شد (۳۲). در طول این مدت برای تعیین وضعیت رشد و محاسبه غذای مورد نیاز ماهی‌ها، هر دو هفته یک مرتبه عملیات زیست‌سنجی انجام گردید. برای این کار ماهی‌های هر ونیرو پس از بیهوشی توسط ppm ۲۰۰ پودر میخک (۲)، به‌وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم توزین می‌شدند و طول آنها نیز توسط تخته بیومتری اندازه‌گیری شده، سپس ماهی‌ها به سرعت به حوضچه‌ها انتقال داده می‌شدند. در ضمن میزان تلفات حوضچه‌ها به‌طور روزانه محاسبه و ثبت می‌شد.

جدول ۱- اجزاء غذایی و ترکیب هر یک از جیره‌های آزمایشی

درصد جایگزینی پروتئین سویا / اجزاء جیره	ترکیب جیره‌های آزمایشی (درصد)				
	صفر[۱]	۲۵[۲]	۵۰[۳]	۷۵[۴]	۱۰۰[۵]
*آرد ماهی کیلکا	۵۲	۳۹	۲۷	۱۳	۰
**آرد سویا	۰	۱۹	۳۹	۵۸	۷۹
آرد گندم	۱۷	۱۳	۷	۹	۳
روغن ماهی	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰	۱۱
***مخلوط ویتامین	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
****مخلوط مواد معدنی	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
ویتامین ث	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
بتائین	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
همبند	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۲
پرکننده	۲۰/۰۹	۱۸/۰۹	۱۶/۰۹	۹/۰۹	۶/۰۹

*پروتئین= ۶۸/۲۵±۰/۱۳ درصد، چربی= ۹/۴±۰/۴۱ درصد، خاکستر= ۸/۷±۰/۳۸ درصد.

**پروتئین= ۴۷/۲۵±۰/۸۷ درصد، چربی= ۰/۰۱±۰/۰۶ درصد، خاکستر= ۹/۳۵±۰/۱۹ درصد.

***ویتامین A= ۴۰۰۰ IU/kg، ویتامین D= ۱۵۰۰IU/kg، ویتامین B_{12}= ۰/۰۲ mg/kg، ویتامین K= ۰/۰۵ g/kg، تیامین= ۰/۰۱ gr/kg، ریبوفلاوین= ۰/۰۱۵ gr/kg، پیریدوکسین= ۰/۰۱ gr/kg، پنتوتنات= ۰/۰۴۵ gr/kg، نیاسین= ۰/۰۶ gr/kg، فولات= ۳ mg/kg، کولین= ۵/۵ mg/kg.

****منیزیوم= ۲۰۰ mg/kg، سدیم= ۵۰۰ mg/kg، آهن= ۲۰ mg/kg، مس= ۳ mg/kg، روی= ۱۵ mg/kg، منگنز= ۱۵ mg/kg، سلنیوم= ۰/۵ mg/kg، آلومینیوم= ۰/۰۳ mg/kg، کبالت= ۲/۵ mg/kg.

[۱]پروتئین= ۳۶/۸۸±۰/۳۱ درصد، چربی= ۱۴/۵۸±۰/۲۹ درصد، انرژی= ۴۰۷۶± ۹۳/۷۶ kcal/kg.

[۲]پروتئین= ۳۶/۳۰±۰/۴۳ درصد، چربی= ۱۳/۷۶±۰/۵۱ درصد، انرژی= ۴۰۰۰± ۱۰۶/۶۴ kcal/kg.

[۳]پروتئین= ۳۶/۸۳±۱/۰۲ درصد، چربی= ۱۳/۵۰±۰/۳۴ درصد، انرژی= ۴۰۰۰±۹۸/۳۷ kcal/kg.

[۴]پروتئین= ۳۶/۰۰±۰/۹۱ درصد، چربی= ۱۲/۰۸±۰/۴۹ درصد، انرژی= ۴۰۶۶±۱۰۳/۵۲ kcal/kg.

[۵]پروتئین= ۳۶/۱۲±۰/۸۵ درصد، چربی= ۱۲/۳۱±۰/۶۷ درصد، انرژی= ۴۰۷۹±۹۷/۷۲ kcal/kg.

محاسبه شاخص‌های رشد: در پایان دوره برای بررسی وضعیت رشد ماهی‌ها و مقایسه عملکرد تیمارهای مختلف، از شاخص‌های رشد استفاده شد که روش محاسبه هر یک به شرح زیر می‌باشد:

- افزایش وزن[1]، (۲۹):

$$BWI = \text{وزن اولیه} - \text{وزن نهایی}$$

- درصد افزایش وزن (۲۹):

$$\%BWI = \frac{\text{وزن اولیه(گرم)} - \text{وزن نهایی(گرم)}}{\text{وزن اولیه (گرم)}} \times ۱۰۰$$

- افزایش طول[2]، (۲۹):

$$LG = \text{میانگین طول اولیه} - \text{میانگین طول ثانویه}$$

- فاکتور وضعیت[3]، (۳):

$$CF = (W/ L^{۳}) \times ۱۰۰$$

- ضریب رشد ویژه[4]، (۲۹):

$$SGR = \frac{\text{Ln (وزن اولیه} - \text{وزن ثانویه)}}{\text{دوره پرورش به روز}} \times ۱۰۰$$

تجزیه و تحلیل داده‌ها: برای مقایسه آماری شدت تأثیر هر یک از متغیرها (سطوح پروتئین و سطوح آنزیم) در نتایج نهایی این پژوهش از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (one-way ANOVA) و برای مقایسه میانگین بین تیمارها، براساس آزمون چند دامنه‌ای از تست جداساز دانکن استفاده شد. وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد با استفاده از نرم‌افزار SPSS (ویرایش شانزدهم) مقایسه شد و نمودارهای مرتبط توسط نرم‌افزار Excel در محیط ویندوز ترسیم گردید.

نتایج

میانگین نتایج فاکتورهای مورد مطالعه در جدول‌های ۲ و ۳ ذکر شده‌اند.

- **میزان بازماندگی:** مطابق با نتایج ذکر شده در جدول شماره ۲، تیمار شاهد با میانگین بازماندگی ۰/۵۷±۲۹/۶۶، به‌همراه تیمار حاوی ۲۵ درصد پروتئین آرد سویا (بدون مکمل آنزیمی) و تیمار حاوی ۵۰ درصد پروتئین آرد سویا و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام آنزیم (با میانگین بازماندگی ۰/۵۷±۲۹/۳۳) دارای بیشترین میزان بازماندگی برحسب تعداد بوده‌اند و با هم تفاوت معنی‌داری نشان ندادند ($P>۰/۰۵$)، هرچند به‌طورکلی با افزایش میزان آرد سویا در جیره غذایی میزان بازماندگی کاهش یافت، به‌طوری‌که سایر تیمارها در مقایسه با تیمار شاهد دارای میزان بقای کمتری بوده‌اند. کمترین میزان بازماندگی هم متعلق به تیمار تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰۰ درصد پروتئین آرد سویا و بدون مکمل آنزیمی به‌میزان ۰/۶۶±۹/۸۹ عدد بوده است.

- **افزایش وزن:** چنان‌که در جدول شماره ۲ مشاهده می‌شود بیشترین میزان افزایش وزن در تیمار حاوی ۲۵ درصد پروتئین آرد سویا به همراه ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام مکمل آنزیمی مشاهده شد که معادل ۱/۵۸±۵۸/۵۱ گرم بوده است و حتی از تیمار شاهد که افزایش وزنی معادل ۰/۶۶±۵۱/۸۸ گرم داشته است به‌طور معنی‌داری بیشتر بوده است ($P<۰/۰۵$).

در ضمن تیمار حاوی ۲۵ درصد پروتئین آرد سویا به همراه ۵۰۰ پی‌پی‌ام مکمل آنزیمی با میانگین افزایش وزن ۰/۷۷±۵۱/۰۸ گرم و تیمار حاوی ۵۰ درصد پروتئین آرد سویا به همراه ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام مکمل آنزیمی با افزایش وزنی معادل ۲/۸۹±۴۹/۹۰ گرم با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نشان ندادند ($P>۰/۰۵$). البته به‌طور کلی با افزایش میزان آرد سویای جیره میزان افزایش وزن کاهش یافت، اما به‌صورت درون گروهی در تیمارهای دارای سطوح جایگزینی یکسان آرد سویا، با افزایش میزان مکمل آنزیمی جیره میزان افزایش وزن رو به بهبود گذاشت.

1- Body Weight Increase
2- Length Gain
3- Condition Factor
4- SGR

جدول ۲- نتایج شاخص‌های بقا، افزایش وزن و درصد افزایش وزن در تیمارهای مختلف

شماره تیمار	سطح جایگزینی پروتئین آرد سویا در جیره غذایی	میزان آنزیم در جیره غذایی	بازماندگی	افزایش وزن	درصد افزایش وزن
۱ (شاهد)	صفر	صفر	۲۹/۶۶±۰/۵۷^{e}	۵۱/۸۸±۰/۶۶^{g}	۵۹/۷۰±۰/۸۸^{gh}
۲	۲۵ درصد	صفر	۲۹/۳۳±۰/۵۷^{e}	۴۶/۴۲±۴/۶۱^{f}	۵۰/۲۱±۳/۰۹^{e}
۳	۲۵ درصد	۵۰۰ پی‌پی‌ام	۲۸/۶۶±۰/۵۷^{de}	۵۱/۰۸±۰/۷۷^{g}	۵۴/۶۴±۲/۲۵^{f}
۴	۲۵ درصد	۱۰۰۰ پی‌پی‌ام	۲۸/۶۶±۰/۵۷^{de}	۵۸/۵۱±۱/۵۸^{f}	۶۲/۶۶±۲/۰۷^{h}
۵	۵۰ درصد	صفر	۲۸/۳۳±۰/۵۷^{cde}	۳۶/۰۵±۱/۶۵^{d}	۴۱/۵۲±۲/۹۹^{d}
۶	۵۰ درصد	۵۰۰ پی‌پی‌ام	۲۸/۶۶±۰/۵۷^{de}	۴۲/۱۴±۰/۲۵^{e}	۴۷/۰۴±۱/۱۰^{e}
۷	۵۰ درصد	۱۰۰۰ پی‌پی‌ام	۹۸/۳۳±۰/۵۷^{e}	۴۲/۹۰±۲/۸۹^{g}	۵۷/۴±۴/۲۲^{fg}
۸	۷۵ درصد	صفر	۲۶/۶۶±۰/۵۷^{bc}	۲۹/۹۲±۱/۳۴^{c}	۳۱/۸۴±۲/۷۱^{c}
۹	۷۵ درصد	۵۰۰ پی‌پی‌ام	۲۸/۶۶±۰/۵۷^{de}	۴۲/۱۴±۰/۲۵^{e}	۳۴/۶۸±۳/۹۱^{c}
۱۰	۷۵ درصد	۱۰۰۰ پی‌پی‌ام	۲۸/۳۳±۰/۵۷^{cde}	۳۰/۱۷±۰/۶۸^{c}	۳۴/۱۹±۰/۸۱^{c}
۱۱	۱۰۰ درصد	صفر	۲/۵۱^{a}±۲۱/۳۳	۸/۵۲±۱/۱۷^{a}	۹/۸۹±۰/۶۶^{a}
۱۲	۱۰۰ درصد	۵۰۰ پی‌پی‌ام	۲۷/۳۳±۰/۵۷^{bcd}	۳۰/۹۲±۲/۲۵^{c}	۳۳/۵۱±۱/۳۸^{b}
۱۳	۱۰۰ درصد	۱۰۰۰ پی‌پی‌ام	۰/۲۶±۱/۰۰^{b}	۲۲/۸۳±۱/۵۸^{b}	۲۶/۷۵±۱/۴۲^{b}

کمترین میزان افزایش وزن هم در تیمار حاوی ۱۰۰ درصد پروتئین آرد سویا بدون مکمل آنزیمی و معادل ۸/۵۲±۱/۱۷ گرم دیده شد.

- **درصد افزایش وزن:** نتایج میزان درصد افزایش وزن در جدول شماره ۲ آورده شده است. مطابق با این نتایج تیمار حاوی ۲۵ درصد پروتئین آرد سویا به همراه ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام مکمل آنزیمی از نظر کمی دارای بیشترین درصد افزایش وزن معادل ۶۲/۶۶±۲/۰۷ درصد بود، هرچند با تیمار شاهد که تمام پروتئین آن توسط آرد ماهی تأمین شده بود و درصد افزایش وزنی معادل ۵۹/۷۰±۰/۸۸ داشت تفاوت معنی‌داری در این فاکتور نداشت ($P>0/05$). تیمار حاوی ۵۰ درصد پروتئین آرد سویا به همراه ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام مکمل آنزیمی هم با درصد افزایش وزنی معادل ۵۷/۴۲±۴/۲۲ از این نظر با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۵ نداشت، اما سایر تیمارها در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری دارای درصد افزایش وزن کمتری بوده‌اند ($P<0/05$).

به‌طورکلی با افزایش میزان آرد سویای جیره غذایی درصد افزایش وزن کاهش یافت هرچند به‌صورت درون گروهی در تیمارهای دارای سطوح یکسان جایگزینی آرد سویا با افزایش میزان مکمل آنزیمی درصد افزایش وزن بیشتر شد و بهبود یافت.

کمترین میزان درصد افزایش وزن هم در تیمار حاوی ۱۰۰ درصد پروتئین آرد سویا بدون مکمل آنزیمی مشاهده شد که معادل ۹/۸۹±۰/۶۶ درصد بوده است.

- **فاکتور وضعیت:** مطابق با جدول شماره ۳ بیشترین میزان فاکتور وضعیت در تیمار شاهد دیده شد که معادل ۱/۲۶±۰/۰۹ بود و کمترین میزان ضریب چاقی معادل ۱/۰۲±۰/۱۲ بوده که در تیمار نهایی که حاوی ۱۰۰ درصد پروتئین آرد سویا به همراه ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام مکمل آنزیمی بوده مشاهده گردید. تیمارهای حاوی ۲۵ درصد و ۵۰ درصد پروتئین آرد سویا با سطوح مختلف مکمل آنزیمی هم در قیاس با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نشان ندادند ($P>0/05$)، هرچند به‌طورکلی با افزایش میزان پروتئین آرد سویا در جیره‌های غذایی، فاکتور وضعیت به‌طور نسبی روندی نزولی نشان داد به‌طوری‌که این فاکتور در سطوح جایگزینی بیش از ۵۰ درصد پروتئین آرد سویا به‌طور معنی‌داری کمتر از تیمار شاهد بود ($P<0/05$).

جدول ۳- نتایج شاخص‌های فاکتور وضعیت، ضریب رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی در تیمارهای مختلف

شماره تیمار	سطح جایگزینی پروتئین آرد سویا در جیره غذایی	میزان آنزیم در جیره غذایی	فاکتور وضعیت	ضریب رشد ویژه (SGR)	ضریب تبدیل غذایی (FCR)
۱ (شاهد)	صفر	صفر	۱/۲٦±۰/۰۹^{d}	۱/۱۷±۰/۰۱^{gh}	۱/۲۰±۰/۰٤^{ab}
۲	۲۵ درصد	صفر	۱/۱۸±۰/۰۸^{bcd}	۱/۰۱±۰/۰۵^{e}	۱/٤۲±۰/۰۸^{abc}
۳	۲۵ درصد	۵۰۰ پی‌پی‌ام	۱/۱۹±۰/۰۰^{cd}	۱/۰۸±۰/۰۳^{f}	۱/۳۰±۰/۱۱^{abc}
٤	۲۵ درصد	۱۰۰۰ پی‌پی‌ام	۱/۲۰±۰/۰۲^{cd}	۱/۲۱±۰/۰۳^{h}	۱/۱۸±۰/۰۹^{a}
۵	۵۰ درصد	صفر	۱/۱۵±۰/۰۲^{abcd}	۰/۸٦±۰/۰۵^{d}	۱/٦۹±۰/۱۰^{abcd}
٦	۵۰ درصد	۵۰۰ پی‌پی‌ام	۱/۱۷±۰/۰۱^{bcd}	۰/۹٦±۰/۰۱^{e}	۱/٤۰±۰/۰۵^{abc}
۷	۵۰ درصد	۱۰۰۰ پی‌پی‌ام	۱/۱۷±۰/۲۱^{bcd}	۱/۱۳±۰/۰٦^{fg}	۱/۲٤±۰/۰۷^{ab}
۸	۷۵ درصد	صفر	۱/۱۲±۰/۰۰^{abc}	۰/٦۹±۰/۰۵^{c}	۲/۰۱±۰/۱٤^{de}
۹	۷۵ درصد	۵۰۰ پی‌پی‌ام	۱/۱۱±۰/۰۰^{abc}	۰/۷۳±۰/۰۱^{c}	۱/۸۵±۰/۱٦^{cd}
۱۰	۷۵ درصد	۱۰۰۰ پی‌پی‌ام	۱/۱۳±۰/۰۲^{abcd}	۰/۷٤±۰/۰۷^{c}	۱/۷۸±۰/۱٦^{bcd}
۱۱	۱۰۰ درصد	صفر	۱/۰۹±۰/۰٦^{abc}	۰/۲۳±۰/۰۱^{a}	۵/۵۳±۰/۹۹^{f}
۱۲	۱۰۰ درصد	۵۰۰ پی‌پی‌ام	۱/۰۵±۰/۰٤^{ab}	۰/۵۲±۰/۰۲^{b}	۲/۵۲±۰/۲۷^{e}
۱۳	۱۰۰ درصد	۱۰۰۰ پی‌پی‌ام	۱/۰۲±۰/۱۲^{a}	۰/۵۹±۰/۰۲^{b}	۱/۸۷±۰/۲۱^{cd}

- **ضریب رشد ویژه:** چنان‌که در جدول شماره ۳ مشاهده می‌شود، بیشترین ضریب رشد ویژه مربوط به تیمار حاوی ۲۵ درصد پروتئین آرد سویا به همراه ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام مکمل آنزیمی و معادل۰/۰۳±۱/۲۱ بوده است، البته این تیمار در قیاس با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری را نشان نداد ($P>$۰/۰۵).

در ضمن تیمار حاوی ۵۰ درصد پروتئین آرد سویا به همراه ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام مکمل آنزیمی هم با ضریب رشد ویژه‌ای معادل ۰/۰٦±۱/۱۳ با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری از نظر این فاکتور نداشت ($P>$۰/۰۵). در سطوح مختلف جایگزینی پروتئین آرد سویا در جیره غذایی به‌صورت درون گروهی هم با افزایش میزان مکمل آنزیمی افزایش ضریب رشد ویژه مشاهده شد هرچند به‌طورکلی با افزایش میزان سویا در جیره غذایی میزان این فاکتور کاهش یافت. کمترین ضریب رشد ویژه هم در تیمار حاوی۱۰۰ درصد پروتئین آرد سویا بدون مکمل آنزیمی دیده شد که معادل ۰/۰۱±۰/۲۳ بوده و به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها کمتر بوده است ($P<$۰/۰۵).

- **ضریب تبدیل غذا:** مطابق با نتایج ذکر شده در جدول شماره ۳ کمترین ضریب تبدیل غذایی مربوط مربوط به تیمار حاوی ۲۵ درصد پروتئین آرد سویا به‌همراه ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام مکمل آنزیمی و معادل ۰/۰۹±۱/۱۸ بوده است، البته این تیمار در قیاس با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری را نشان نداد ($P>$۰/۰۵). در کنار این تیمار سایر تیمارهای حاوی ۲۵ درصد و ۵۰ درصد پروتئین آرد سویا هم با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نداشتند اما با افزایش میزان پروتئین آرد سویای جیره به بیش از ۵۰ درصد، ضریب تبدیل غذایی به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد افزایش یافت ($P<$۰/۰۵) به‌طوری‌که بیشترین میزان ضریب تبدیل غذایی در تیمار حاوی۱۰۰ درصد پروتئین آرد سویا بدون مکمل آنزیمی دیده شد که معادل ۰/۹۹±۵/۵۳ بوده و به‌طور معنی‌داری نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود ($P<$۰/۰۵). البته باز هم به‌صورت درون گروهی با افزایش میزان مکمل آنزیمی جیره در تیمارهای حاوی سطوح یکسان جایگزینی آرد سویا، ضریب تبدیل غذایی بهبود یافت.

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از مکمل آنزیمی آویزایم به‌طورکلی دارای تأثیر مثبتی بر میزان بقا است.

مطابق با تحقیقات قبلی استفاده از آرد سویا در جیره غذایی آزاد ماهیان می‌تواند موجب بروز اختلالات فیزیولوژیک و پاتولوژیک در دستگاه گوارش این ماهی‌ها شود که این موارد ناشی از وجود عوامل ضدتغذیه‌ای موجود در این ماده است و می‌تواند زمینه‌ساز بروز تلفات گردد (٦)، اما چنان‌که در قسمت نتایج پژوهش حاضر مشاهده شد تیمارهای حاوی ۲۵ درصد و ۵۰ درصد پروتئین آرد سویا (به‌ترتیب معادل ۱۹ درصد و ۳۹ درصد کل وزن جیره) در قیاس با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری در میزان بازماندگی نداشته‌اند ($P>۰/۰۵$) که مؤید تأثیر مثبت استفاده از مکمل آنزیمی آویزایم است. از سوی دیگر در سایر تیمارها با افزایش میزان آرد سویای جیره غذایی، میزان بازماندگی و بقا کاهش یافت. نتایج مشابهی هم در تحقیقات Refstie و همکاران (۱۹۹۷) گزارش شد، اما در گزارش حاضر علی‌رغم مشاهده کاهش میزان بقا به‌ازای افزایش مقدار آرد سویای جیره، این فاکتور به‌صورت درون گروهی در تیمارهای با سطح جایگزینی یکسان پروتئین سویا، هم‌سو با افزایش میزان مکمل آنزیمی در جیره غذایی، افزایش یافت که باز هم نمایانگر تأثیر مثبت این مکمل آنزیمی در رفع معایب استفاده از آرد سویا بوده است.

از سوی دیگر نتایج پژوهش حاضر نشان داد که افزایش میزان پروتئین سویا در جیره غذایی باعث کند شدن روند افزایش وزن بدن و کاهش درصد افزایش وزن در تیمارهای با سطوح پروتئین آرد سویای بیش از ۵۰ درصد (معادل ۳۹ درصد کل وزن جیره) شده است. در همین راستا تحقیقات Pongmaneerat و Watanabe (۱۹۹۲) هم نشان داد که استفاده بیش از ۲۰ درصد آرد سویا در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان موجب کاهش رشد این ماهی می‌گردد که مؤید نتایج پژوهش حاضر می‌باشند، اما باید توجه داشت که در پژوهش حاضر تیمار حاوی ۵۰ درصد پروتئین آرد سویا (معادل ۳۹ درصد کل وزن جیره) به همراه ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام مکمل آنزیمی در فاکتورهای مذکور تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشته است ($P>۰/۰۵$) که نمایانگر تأثیر مثبت مکمل آنزیمی بر این فاکتورها بوده و امکان بهره‌گیری از آن برای افزایش میزان آرد سویای موجود در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان را تأیید می‌کند. نتایج مشابهی هم در تحقیقات Carter و همکاران (۱۹۹٤) دیده شد و مشخص گردید که استفاده از مولتی‌آنزیم حاوی پروتئاز و کربوهیدراتاز در جیره‌های حاوی ۳۳/۹ درصد آرد سویا منجر به رشد بیشتر ماهی آزاد اقیانوس اطلس حتی در قیاس با جیره‌ای که تمام پروتئین آن توسط آرد ماهی تأمین می‌شد گردید.

همچنین در پژوهش حاضر مشاهده شد که تیمارهای حاوی ۲۵ درصد پروتئین آرد سویا (معادل ۱۹ درصد کل وزن جیره) به همراه ۵۰۰ پی‌پی‌ام مکمل آنزیمی هم در فاکتورهای مذکور تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشته است ($P>۰/۰۵$) و حتی تیمار دارای ۲۵ درصد پروتئین آرد سویا به همراه ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام مکمل آنزیمی دارای افزایش وزن بیشتری نسبت به تیمار شاهد بوده است ($P<۰/۰۵$) که نمایانگر تأثیر مثبت مکمل آنزیمی آویزایم بر روند افزایش وزن می‌باشد، خصوصاً اینکه مشاهده شد تقریباً در کلیه تیمارهای دیگر که دارای سطوح یکسان جایگزینی پروتئین آرد سویا بوده‌اند، با افزایش میزان مکمل آنزیمی در جیره غذایی میزان رشد وزنی بهبود یافت. اما از سوی دیگر مشاهده شد که تیمارهای حاوی ۷۵ درصد و ۱۰۰ درصد پروتئین آرد سویا (به‌ترتیب معادل ۵۸ درصد و ۷۹ درصد کل وزن جیره) به‌طور معنی‌داری در فاکتورهای افزایش وزن و درصد افزایش وزن، نسبت به تیمارهای قبلی دچار کاهش شده‌اند ($P<۰/۰۵$) و مکمل آنزیمی قادر به بهبود کیفیت آرد سویای موجود در جیره نشده است. در همین راستا Burrels و همکاران (۱۹۹۹) گزارش نمودند که جایگزینی بیش از ۵۰ درصد آرد ماهی با آرد سویا باعث کاهش رشد ماهی می‌گردد. نتایج مشابهی هم توسط Rumsey و همکاران (۱۹۹٤) و همین‌طور Olli و همکاران (۱۹۹٤) ارائه شده بودند. علت این امر می‌تواند

از یک‌سو با وجود عوامل ضدمغذی مانند آنتی‌تریپسین، لکتین و... در آرد سویا مرتبط باشد که موجب کاهش هضم‌پذیری پروتئین آرد سویا می‌شود و از سوی دیگر ممکن است تحت‌تأثیر وجود پلی‌ساکاریدهای غیرنشاسته‌ای (NSPs) موجود در سویا باشد که برای ماهی‌ها و سایر جانوران تک‌معده‌ای غیرقابل هضم هستند (۱۷ و ۲۵). لذا ماهی ناچار است بخشی از انرژی مورد نیاز خود را از منابعی غیر از کربوهیدرات‌ها تأمین کند. بنابراین بخشی از پروتئین جیره به‌جای مصرف شدن جهت رشد، صرف تأمین انرژی می‌گردد.

البته باید توجه داشت که وجود عوامل ضدتغذیه‌ای در سویا علاوه‌بر تأثیر مستقیم بر کاهش هضم‌پذیری پروتئین این ماده باعث بروز التهابات دستگاه گوارش و به‌خصوص روده می‌شوند که منجر به بروز اختلال در فرآیند گوارش شده به‌طور غیرمستقیم فرآیند هضم پروتئین را دچار اختلال می‌نمایند و در نهایت منجر به کاهش رشد خواهند شد (٦، ١٥ و ٢٤).

افزایش میزان پروتئین آرد سویا در جیره‌های غذایی مورد مصرف در این پژوهش به‌طورکلی تأثیری منفی بر فاکتور وضعیت داشت و این فاکتور به‌طور نسبی روندی نزولی نشان داد، هرچند این تفاوت‌ها از سطوح جایگزینی ۷۵ درصد و بالاتر پروتئین آرد سویا در جیره غذایی معنی‌دار گردید ($P<۰/۰۵$) و تیمارهای تغذیه شده با جیره‌های حاوی ۲۵ درصد و ۵۰ درصد پروتئین آرد سویا (به‌ترتیب معادل ۱۹ درصد و ۳۹ درصد کل وزن جیره) تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نشان ندادند ($P>۰/۰۵$). از سوی دیگر هم مشاهده شد که با افزایش میزان مکمل آنزیمی در جیره‌های حاوی مقادیر یکسان پروتئین سویا، فاکتور وضعیت دارای بهبودی نسبی شد. با توجه به این نتایج مکمل آنزیمی آویزایم دارای تأثیر مثبتی بر ضریب چاقی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با آرد سویا داشته است.

افزایش ضریب رشد ویژه از مهمترین شاخص‌هایی است که در کارگاه‌های تکثیر و پرورش از مورد توجه قرار می‌گیرد. در پژوهش حاضر به‌طورکلی با افزایش میزان آرد سویای موجود در جیره غذایی ضریب رشد ویژه تیمارهای مختلف کاهش یافت. در همین راستا Gomes و همکاران (۱۹۹۵) هم به‌طور مشابه گزارش داده بودند که با افزایش میزان آرد سویا و سایر پروتئین‌های گیاهی در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان میزان ضریب رشد ویژه کاهش می‌یابد. علت این امر را می‌توان در تحقیقات Rumsey و همکاران (۱۹۹٤) جستجو نمود. طی تحقیقات مذکور عنوان شد که استفاده از آرد سویا در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به‌خاطر به‌وجود آوردن التهابات دستگاه گوارش که می‌تواند به تخریب مخاط روده منجر گردد باعث کاهش ضریب رشد ویژه می‌شود. البته باید توجه داشت که در پژوهش حاضر بیشترین میزان SGR مربوط به تیمار حاوی ۲۵ درصد پروتئین آرد سویا (معادل ۱۹ درصد کل وزن جیره) به همراه ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام مکمل آنزیمی بوده است، هرچند این تیمار در قیاس با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری را نشان نداد ($P>۰/۰۵$). از سوی دیگر تیمار حاوی ۵۰ درصد پروتئین آرد سویا (معادل ۳۹ درصد کل وزن جیره) به همراه ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام مکمل آنزیمی هم علی‌رغم اینکه به‌طور معنی‌داری ضریب رشد ویژه کمتری نسبت به تیمار حاوی ۲۵ درصد پروتئین آرد سویا (معادل ۱۹ درصد کل وزن جیره) به‌همراه ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام مکمل آنزیمی داشت، اما از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد نشان نداد ($P>۰/۰۵$). در ضمن در تیمارهای دیگر هم که دارای سطوح جایگزینی یکسان پروتئین آرد سویا بودند، به‌صورت درون گروهی با افزایش میزان مکمل آنزیمی افزایش SGR مشاهده گردید. به‌طورکلی موارد فوق‌الذکر نمایانگر تأثیر مثبت مولتی‌آنزیم آویزایم در بهبود ضریب رشد ویژه می‌باشند. نتایج مشابهی هم در تحقیقات Carter و همکاران (۱۹۹٤) مبنی بر تأثیرات مثبت استفاده از مولتی‌آنزیم حاوی پروتئاز و کربوهیدراتاز در تغذیه ماهی آزاد اقیانوس اطلس از جیره‌های حاوی آرد سویا ارائه شده بود.

بهبود ضریب تبدیل غذایی در پژوهش حاضر می‌تواند مؤید کارایی مناسب مولتی‌آنزیم آویزایم در تغذیه قزل‌آلای رنگین‌کمان با جیره‌های حاوی آرد سویا باشد.

تأثیرات مثبت استفاده از مولتی‌آنزیم‌ها در تغذیه آزاد ماهیان در گزارش تحقیقات Carter و همکاران (۱۹۹٤) هم منعکس شده بود. طی تحقیقات مذکور که برروی کارایی استفاده از مولتی‌آنزیم حاوی پروتئاز و کربوهیدراتاز در تغذیه ماهی آزاد اقیانوس اطلس از جیره‌های حاوی آرد سویا انجام شده بود، ضریب تبدیل غذایی جیره‌های حاوی ۳۳/۹ درصد آرد سویا به انضمام مولتی‌آنزیم به‌طور معنی‌داری کمتر از ضریب تبدیل جیره‌های حاوی همان میزان آرد سویا بدون افزودن مکمل آنزیمی و حتی جیره‌هایی که در آنها تنها از آرد ماهی به‌عنوان منبع پروتئینی استفاده شده بود تشخیص داده شد، البته در پژوهش حاضر مشاهده شد که مولتی‌آنزیم آویزایم در کاهش ضریب تبدیل غذایی ماهی قزل‌آلا کارایی بیشتری هم دارد، چنان‌که در حضور ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام از این مولتی‌آنزیم می‌توان میزان آرد سویای جیره ماهی قزل‌آلا را تا ۳۹ درصد افزایش داد بدون آنکه تأثیر منفی بر ضریب تبدیل غذایی جیره مشاهده شود. علت این امر شاید انعطاف‌پذیری بیشتر ماهی قزل‌آلا به تغییرات جیره غذایی نسبت به ماهی آزاد اقیانوس اطلس باشد (۲۲).

شدت تأثیر مثبت مولتی‌آنزیم آویزایم در تیمارهای حاوی ۱۰۰ درصد پروتئین آرد سویا (معادل ۷۹ درصد کل وزن جیره) کاملاً محسوس است، به‌طوری‌که در بین این تیمارها، تیمار فاقد مکمل آنزیمی دارای ضریب تبدیل بسیار بالایی نسبت به تیمارهای دارای ۵۰۰ و ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام آویزایم بود.

به‌طورکلی پژوهش حاضر نشان داد که مولتی‌آنزیم آویزایم حاوی پروتئاز، زایلاناز و آمیلاز، کارایی مثبتی در برطرف نمودن اثرات منفی استفاده از آرد سویا در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان دارد و به تبع آن موجب بهبود شاخص‌های رشد و بقا می‌گردد.

درضمن نتایج این پژوهش استفاده از دوز ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام مولتی‌آنزیم مذکور در جیره‌های حاوی آرد سویا را توصیه می‌کند، هرچند شاید مقادیر بیشتر این مکمل در جیره‌های غذایی دارای تأثیرات بهتری هم باشد اما تأیید آن منوط به پژوهش‌های بعدی خواهد بود. از سوی دیگر نتایج این پژوهش نشان داد که می‌توان با اضافه نمودن ۱۰۰۰ پی‌پی‌ام مولتی‌آنزیم آویزایم به جیره‌های غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، میزان آرد سویای موجود در جیره را می‌توان تا ۳۹ درصد افزایش داد، بدون این‌که برروی شاخص‌های رشد و بقای ماهی تأثیری منفی داشته باشد.

سپاسگذاری

از زحمات جناب آقای مهندس مقدسی ریاست محترم وقت مرکز تکثیر و پرورش ماهی شهید رجایی ساری، جناب آقای دکتر رجب محمدنظری، جناب آقای مهندس نقوی و تمامی کارکنان زحمت‌کش مجموعه تکثیر و پرورش ماهی شهید رجایی ساری تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

۱- گروه علمی تحقیقاتی بیوشم.، ۱۳۸٤. کتابچه معرفی آویزایم ۱۵۰۲. شرکت آریادالمن، تهران.

۲- مهرابی، ی.، ۱۳۷۷. مطالعه اثر بیهوشی پودر گل میخک بر روی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان. فصل‌نامه آبزی‌پرور، تهران. شماره ۲۱.

3.Ai, Q., Mai, K., Tan, B., Xu, W., Duan, Q., Ma, H., Zhang, L., 2006. Replacement of fish meal by meat and bone meal in diets for large Yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*). Aquaculture 260, 255-263.

4.Ayoleke, E., Ogunkoya, G., Page, I., Morenike, A., Adewolu, D., Bureau, P., 2006. Dietary incorporation of soybean meal and exogenous enzyme cocktail can affect physical characteristics of faecal material egested by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 254, 466-475.

5.Barrows, F.T., Stone, D.A., Hardy, R.W., 2007. The effects of extrusion conditions on the nutritional value of soybean meal for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), Aquaculture 265, 244-252.

6.Beaverfjord, G., Korgdhal, A., 1996. Developemet and regression of soybean meal induced enteritis in salmons distal intestines: a comparison with the intestines of fasted fish. J. Fish Dis. 19, 375-387.

7.Burrells, C., Williamsa, P.D., Southgateb, P.J., Crampton, V.O., 1999. Immunological, physiological and pathological responses of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to increasing dietary concentrations of soybean proteins. Veterinary Immunology and Immunopathology 72, 277–288.

8.Carter, C.G., Houlihan, D.F., McCarthy, I.D., 1992. Feed utilization efficiencies of Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr: effect of a single supplementary enzyme. Comparative Biochemistry and Physiology lOlA. 369-374.

9.Carter, C.G, Houlihan, D.F., Buchanan, B.I., Mitchell., A., 1994. Growth and feed utilizatio efficiencies of seawater Atlantic salmon, (*Salmo salar)* L., fed a diet containing supplementary enzymes. Aquaculture and Fisheries Management 25, 37-46.

10.Forster, I., 1999. A note on the method of calculating digestibility coefficients of nutrients provided by single ingredients to feeds of aquatic animals. Aquac. Nutr. 5, 143-145.

11.Gomes, E.F., Rema, P., Kaushik, S.J., 1995. Replacement of fish meal by plant protein in the diets of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) digestibility and growth performance. Aquaculture 130, 177-186.

12.Grant, G., 1989. Anti-nutritional effects of soyabean: a review. Progress in Foodand Nutritional Science 13, 317-348.

13.Hardy, R.W., 1982. The use of soybean meal in trout and salmon diets.N.O.A.A. Technical Report, NMFS Circular 477, 15-19.

14.Hardy, R.W., 2000. New developments in aquatic feed ingredients, and potential of enzyme supplements. Avences en Nutrition Aquicola V.memories V, symposium International de nutriyion Aquicola. 19-22 Noviember Merdia, Yucatan, Mexico, pp. 216-227.

15.Heikkinen, J., Vielma, J., Kemiläinen, O., Tiirola, M., Eskelinen, P., Kiuru, T., Navia-Paldanius, D., Wright, A., 2006. Effects of soybean meal based diet on growth performance, gut histopathology and intestinal microbiota of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 261, 259-268.

16.Hendricks, H.G.C.J.M., Van den Ingh, T.S.G.A.M., Krogdahl, A., Olli, J., oninkx J.F.J.G., 1991. Binding of soybean agglutinin to small brush borde membranes and brush border membrane enzyme activities in Atlantic salmon (*Salmo salar*). Aquaculture 91, 163-170.

17.Oliva-Teles, A., Gouvenia, A.J., Gomes, E., Rema, P., 1994. The effect of different processing treatments on soybean meal utilization by rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 124, 343-349.

18.Olli, J.J., Krogdahl, A., 1994. Nutritive value of four soybean products as protein sources in diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum) reared in fresh water. Acta Agric. Scand., Anim. Sci. 44, 185-192.

19.Pongmaneerat, J., Watanabe, T., 1992. Utilisation of soybean meal as protein source in diets for rainbow trout. Nippon Suisan Gakkaishi. 58 (9), 1761-1773.

20.Rackis, J.J., 1974. Biological and physiological factors in soybeans.Assoc. Off. Anal. Chem. (JAOAC) 51, 161A-174A.

21.Refstie, S., Helland, e., Stile, J., Storebakken, T., 1997. Adaptation to soybean meal in diets for rainbowtrout, (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 153, 263-272.

22.Refstie, S., Korsøen, Ø., Storebakken, T., Baeverfjord, G., Ingrid, L., Roem, A.J., 2000. Differing nutritional responses to dietary soybean meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon *Salmo salar.* Aquaculture 190, 49-63.

23.Reinitz, G., 1983. Supplementation of rainbow trout starter diets with proteolytic enzyme formulas. Feedstuffs, 1983.

24.Rumsey, G.L., Siwicki, A.K., Anderson, D.P., Bowser, P.R., 1994. Effect of soybean protein on serological response, non-specific defense mechanisms, growth and protein utilization in rainbow trout.Vet. Immunol. Immunopathol. 41, 323-339.

25.Smith, R.R., 1977. Recent research involving full-fat soybean meal in salmonid diets. Salmonid 18, 8-11.

26.Storebakken, T., Shearer, K.D., Roem, A.J., 2000. Growth, uptake and retention of nitrogen and phosphorus, and absorption other minerals in Atlantic salmon, *Salmo salar* fed diets with fish meal and soy-protein concentrate as the main sources of protein. Aquac. Nutr. 6, 103-108.

27.Swick, R.A., Akiyama, D.M., Boonyaratpalin, M., Creswell, D.C., 1995. Use of soybean meal and synthetic methionine in shrimp feed. American Soybean Association, Technical Bulletin.

28. Synder, H.E., Kwon, T.W., 1987. Soybean Utilization. Van Nostrand Reinhold, New York, U.S.A.
29. Tacon, A.G.J., 1990. Standard methods for the nutrition and feeding of farmed fish and shrimp. Argent Laboratories Press, pp. 4-24.
30. Van den Ingh, T.S.G.A.M., Krogdahl, A., Olli, J.J., Hendriks, H.G.C.J.M., Koninkx, J.G.J.F., 1991. Effects of soybean-containing diets on the proximal and distal intestine in Atlantic salmon (*Salmo salar*)*:* a morphological study. Aquaculture 94, 297-305.
31. Yamamoto, T., Akiyama, T., 1991. Substitution of soybean meal for white fish meal in a diet for fingerling rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Bulletin of the National Research Institute for Aquaculture 20, 25-32.
32. Zaccorate, I., Gasco, L., Sicuro, B., Palmegiano, G.B., Luzzana, U., 1996. Use of by-product frpm poultry slaughtering in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Rivista Italiana diaquacoltura 31, 145-156.

Influence of supplementary enzymes Avizyme on fish meal replacement by soy bean meal and its effects on growth performance and survival rate of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

[*]Sh. Ghobadi[1], A. Matin Far[2], Sh.A. Nezami[2] and M. Soltani[3]

[1]Former Ph.D. Student, Dept. of Fisheries, Islamic Azad University, Tehran Sciences and Research Branch, [2]Assistant Prof., Iranian Fisheries Research Organization, [3]Professor, Dept. of Fisheries, Islamic Azad University, Tehran Sciences and Research Branch

Abstract

This study was carried out to evaluate the influence of Avizyme multi enzyme and replacement of fish meal protein by soy bean meal protein on growth performance and survival rate of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Experimental diets containing four levels of replacement (25, 50, 75 and 100%) and three levels of Avizyme multi enzyme (0, 500, 1000 units/kg) were formulated and prepared. By the means a diet with fish meal as the only source of protein was used as the control. Thirteen treatments and three replicates were used in this study. Specimens in 89.40±4.01gr mean weight were stocked in aboundance of 30 fish per each tank and fed experimental diets during the 8 weeks period of study. The results showed that supplementary multi enzyme (Avizyme) caused an increase in growth and survival rate. Effects of enzyme were positive and 1000 ppm showed the best results with at least 39% replacement of fish meal by soy bean meal as a suitable formula for rainbow trout.

Keywords: Soybean meal; Survival rate; Growth performance; Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*); Enzyme (Avizyme)

*- Corresponding Author; E-mail: shgh_science@yahoo.com