بررسی اثر جایگزینی پودر ماهی با آکوپرو (کنجاله سویای فرآوری شده) بر عملکرد رشد و فعالیت آنزیم‌های گوارشی در بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

فاطمه موحد راد[۱]، عبدالمجید حاجی مرادلو[۱]، عباس زمانی[۲*]، حامد کلنگی[۱]

*a.zamani@malayeru.ac.ir

۱- گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گلستان، ایران
۲- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، همدان، ایران

تاریخ دریافت: دی ۱۳۹۶ **تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۶**

[Downloaded from isfj.ir on 2026-02-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1397.27.2.15.1]

[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116694]

چکیده

در مطالعه حاضر، تأثیر جایگزینی پودر ماهی با کنجاله سویای فرآوری شده (آکوپرو) بر عملکرد رشد و فعالیت آنزیم‌های لیپاز، آمیلاز و پروتئاز اسیدی در بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) (وزن متوسط: ۲/۳۸ ±۰/۳ گرم) به مدت ۶ هفته بررسی شد. پنج جیره آزمایشی با سطوح جایگزینی (A = ٪۰)، (B = ٪ ۲۵)، (C = ٪ ۵۰)، (D = ٪ ۷۵) و (E= ٪۱۰۰) آرد ماهی با آکوپرو تهیه گردید. بررسی شاخص‌های افزایش وزن بدن، نرخ رشد نسبی، نسبت کارایی پروتئین و چربی نشان داد در جیره آزمایشی ۵۰ ٪ بطور معنی داری بالاتر از سایر تیمارها بودند ($p < ۰/۰۵$)، در حالی‌که شاخص‌های نسبت کارایی غذا و ضریب تبدیل غذایی در جیره آزمایشی ۵۰ ٪ به ترتیب، بیشترین و کمترین مقدار را نشان دادند ولی اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها مشاهده نگردید ($p > ۰/۰۵$). بالاترین میزان نرخ بقاء در جیره آزمایشی ۷۵٪ مشاهده شد که تحت تاثیر مقدار آکوپرو در جیره قرار نگرفت. بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم های لیپاز، آمیلاز و پروتئاز اسیدی به ترتیب از ضمائم پیلوریک، روده و معده در ماهیان تغذیه شده با جیره آزمایشی ۵۰ ٪ مشاهده شد که نسبت به سایر جیره‌های غذایی اختلاف معنی‌داری را نشان داد ($p < ۰/۰۵$). براساس نتایج حاصل از عملکرد رشد و فعالیت آنزیم‌های لیپاز، آمیلاز و پروتئاز اسیدی، جیره حاوی ۵۰ ٪ آکوپرو نسبت به سایر جیره‌ها می‌تواند برای رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان مناسب باشد.

لغات کلیدی: پودر ماهی، آکوپرو، پروتئاز، قزل‌آلای رنگین‌کمان

* نویسنده مسئول

مقدمه

طی سال‌های اخیر با توجه به افزایش تقاضای بازار مصرف، پرورش ماهیان گوشتخوار به شدت افزایش یافته است و تغذیه این ماهیان نیاز به سطوح بالای پروتئین دارد که از منابع محدود آرد ماهی تامین می‌شود (SOFIA, 2007). پودر ماهی بدلیل داشتن پروتئین زیاد، هضم آسان، داشتن اسیدهای آمینه مناسب و اسیدهای چرب غیراشباع و انواع ویتامین‌ها بخصوص A و D و نیز کلسیم و فسفر مهم‌ترین منبع پروتئین در خوراک تجاری آبزیان محسوب می‌شود. با توجه به مزایای استفاده از پودر ماهی به عنوان ماده خوراکی، کاهش پودر ماهی و افزایش قیمت آن در آینده، می‌تواند سبب کاهش مصرف آن توسط صنایع تولید غذای آبزیان گردد (Drew *et al*., 2007). به منظور کاهش هزینه‌های تولید خوراک و توسعه پایدار پرورش ماهی، پودر ماهی می‌تواند با منابع پروتئینی ارزشمند از دیگر منابع جایگزین شود (امدادی و همکاران، ۱۳۹۲؛ Jalili *et al*., 2012). در دهه‌های اخیر، پروتئین‌های گیاهی به عنوان یک گزینه قابل قبول جهت جایگزینی پودر ماهی در رژیم غذایی ماهیان مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند و نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که استفاده از این منابع می‌تواند بدلیل فراهم نمودن شرایط مناسب رشد، وجود منابع پایدار با دسترسی آسان و قیمت مناسب به کاهش هزینه‌های تولید در صنعت آبزی‌پروری کمک نماید (Hardy, 2010; Tacon and Metian, 2008). از میان پروتئین‌های گیاهی، کنجاله سویا، به دلیل محتوای پروتئینی بالا، وجود آمینو اسیدهای ضروری مناسب، دسترسی آسان و هزینه کم، گزینه خوبی برای جایگزینی پودر ماهی به‌شمار میرود اما ارزش تغذیه‌ای آن میتواند با غیر فعال شدن ماده ضد تغذیه‌ای (ANFs)[1] که موجب عدم دسترسی به مواد معدنی و اختلال در هضم مواد مغذی می‌شوند، مورد توجه بیشتر قرار گیرد (Ehsani *et al*., 2014). سویا از ترکیبات ضد تغذیه‌ای پایدار (ساپونین، پلی ساکاریدهای غیر نشاسته‌ای، فیتات، فیتو استروژن‌ها و آنتی ژن‌های پروتئین) و ناپایدار (بازدارنده‌های تریپسین و لکتین‌ها) در برابر حرارت برخوردار است. حذف ترکیبات ضد تغذیه‌ای پایدار در برابر گرما میتواند از طریق استخراج آب یا حلال، تجزیه و یا استفاده از آنزیم‌های خارجی انجام شود (Drew *et al*., 2007). در همین راستا، در تحقیق حاضر از آکوپرو (تولید شده توسط شرکت‌های سنادام پارس و یسنامهر جهت تغذیه دام، طیور و آبزیان) که نوعی منبع پروتئینی با قدرت هضم و جذب بالا بر گرفته از کنجاله سویا است استفاده شد که تحت تیمار آنزیمی و عملیات اکستروژن قرار گرفته و مواد ضد تغذیه‌ای موجود در کنجاله سویا به حداقل رسیده و در نهایت منجر به افزایش قابلیت هضم پروتئین آن و افزایش بازدهی جیره می‌شود. جذب فوق‌العاده به‌دلیل پروفایل اسیدآمینه مطلوب،کاهش چشمگیر مواد ضد تغذیه‌ای، عدم بروز مشکلات مربوط به مصرف پروتئین‌های گیاهی در جیره آبزیان و دارا بودن ۵۱ ٪ پروتئین از ویژگی‌های اصلی این محصول محسوب می‌شود. ارزیابی توانایی گوارش مواد غذایی و جذب مواد مغذی از مهم‌ترین عوامل در فرآیند جایگزینی پودر ماهی می‌باشد (Trejo-Escamilla *et al*., 2017). توزیع آنزیم‌های گوارشی و فعالیت آنها در دستگاه گوارش به نوع ماده غذایی بستگی دارد و میتواند بر ساختار دستگاه گوارش تاثیر گذارد؛ لذا مطالعه بر روی تاثیر مواد غذایی بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی می‌تواند به حل مشکلات موجود در تغذیه کمک کند (Deguara *et al*., 2003; Steffens, 1994). هدف از انجام این تحقیق دستیابی به یک جیره غذایی مناسب حاوی آکوپرو به جای پودر ماهی در جیره غذایی بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان و تعیین شاخص‌های رشد و فعالیت آنزیم‌های لیپاز، آمیلاز و پروتئاز اسیدی در ماهیان مورد آزمایش می‌باشد.

مواد و روش کار

پرورش ماهیان

در این تحقیق تعداد ۳۷۵ قطعه بچه ماهی قزل‌آلای رنگین کمان با وزن متوسط ۰/۳ ± ۲/۳۸ گرم با دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی/ تاریکی به مدت ۶ هفته در ۱۵ عدد آکواریوم با حجم تقریبی ۴۰ لیتر پرورش داده شد. بطوری-

[1]- Anti Nutritional Factors

[Downloaded from isfj.ir on 2026-02-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1397.27.2.15.1]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116694]

که در هر آکواریوم تعداد ۲۵ عدد بچه ماهی رهاسازی گردید. قبل از شروع آزمایش به مدت ۷۲ ساعت قطع غذا شدند سپس به مدت دو هفته با غذای تجاری جهت سازگاری با شرایط آزمایشی تغذیه شدند. تغذیه ماهیان با جیره‌های غذایی آزمایشی تهیه شده، روزانه ۴ بار و به مدت ۶ هفته بر اساس ۴ ٪ وزن بدن انجام گرفت. در این مدت مدفوع و غذای بجای مانده در محیط پرورشی بعد از اتمام غذادهی روزانه سیفون شده و آب آکواریوم‌ها نیز روزانه تا ۹۰ ٪ تعویض گردید. از هر آکواریوم ۱۰ عدد ماهی جهت تعیین فعالیت آنزیم‌های گوارشی و مابقی نیز جهت تعیین شاخص های رشد نمونه برداری شدند. طی دوره آزمایش شاخص‌های فیزیکوشیمیایی آب شامل دما (۱۴ ±۰/ ۵°C)، pH (۸/۲±۰/۱)، شوری (کمتر از g/L ۱) و اکسیژن محلول (۹/۵±۰/۱ mg/L) اندازه گیری گردید.

تهیه جیره‌های آزمایشی

جیره غذایی جهت بررسی اثرات جایگزینی آکوپرو در ۵ تیمار شامل جیره شاهد A (۱۰۰٪ آرد ماهی؛ ۰ ٪ آکوپرو)، جیره B (۷۵٪ آرد ماهی؛ ۲۵٪ آکوپرو)، جیره C (۵۰ ٪ آرد ماهی؛ ۵۰ ٪ آکوپرو)، جیره D (۲۵٪ آرد ماهی؛ ۷۵٪ آکوپرو) و جیره E (۰ ٪ آرد ماهی؛ ۱۰۰٪ آکوپرو) مورد مطالعه قرار گرفت. برای جیره‌نویسی از نرم افزار Aquafeed استفاده شد و فرمولاسیون غذایی به نحوی صورت گرفت که مطابق با نیازهای غذایی بچه ماهی قزل آلای رنگین کمان باشد (NRC, 1993). جهت تهیه جیره‌های آزمایشی در ابتدا مواد غذایی بر اساس جدول ۱ تهیه شد و-توسط ترازو توزین شده و بعد از الک کردن و آسیاب با یکدیگر مخلوط شدند و خمیر حاصل بوسیله چرخ گوشت با اندازه چشمه ۲ میلی متر پلت شده و برای خشک کردن بمدت ۲۴ ساعت در معرض جریان هوا در دمای اتاق قرارگرفته و سپس درکیسه‌های پلاستیکی و در دمای یخچال(۴ °C) نگهداری شدند.

شاخص‌های رشد

در انتهای دوره آزمایش ماهیان جهت تعیین شاخص‌های رشد، ابتدا به‌مدت ۴۸ ساعت قبل از نمونه‌برداری قطع غذا شده و سپس با استفاده از سوزن قطع نخاع گردیدند (زمانی و همکاران، ۱۳۸۵). سپس شاخص های افزایش وزن بدن[1]، نرخ رشد نسبی[2]، ضریب تبدیل غذایی[3]، نرخ بقاء[4]، نسبت کارایی پروتئین[5]، نسبت کارایی چربی[6] و نسبت کارایی غذا [7] با استفاده از روابط زیر محاسبه شد (Piedecausa *et al*., 2007; Hamza *et al*., 2008).

افزایش وزن بدن: وزن ثانویه – وزن اولیه

نرخ رشد نسبی: [(وزن ثانویه- وزن اولیه) / وزن اولیه)] × ۱۰۰

نرخ بقاء : (تعداد نهایی ماهیان/ تعداد اولیه ماهیان) × ۱۰۰

ضریب تبدیل غذایی: مقدار غذای خشک مصرف شده / مقدار افزایش وزن بدن

نسبت کارایی پروتئین: مقدار افزایش وزن بدن / مقدار پروتئین خام مصرفی

نسبت کارایی چربی: مقدار افزایش وزن بدن / مقدار چربی خام مصرفی

نسبت کارایی غذا: مقدار افزایش وزن بدن / مقدار غذای خشک مصرفی

تعیین ترکیب شیمیایی جیره غذایی

برای تعیین ترکیب شیمیایی جیره غذایی از روش AOAC (2005) استفاده گردید. میزان رطوبت بر اساس اختلاف وزن حاصل از قرار دادن نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۱۰۵ °C بدست آمد.

[1] -Body Weight Gain
[2] -Relative Growth Rate
[3] -Feed Conversion Ratio
[4] - Survival Rate
[5] -Protein Efficiency Ratio
[6] - Lipid Efficiency Ratio
[7] -Food Efficiency Ratio

[Downloaded from isfj.ir on 2026-02-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1397.27.2.15.1]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116694]

جدول ۱: اجزا و ترکیب تقریبی غذاهای آزمایشی جهت تغذیه بچه ماهی قزل آلای رنگین کمان (*O.mykiss*)

Table 1: Ingredients and proximate composition of experimental diets for feeding rainbow trout (*O.mykiss*) fry

اجزای جیره (گرم در کیلوگرم غذا)	A	B	C	D	E
پودر ماهی	۵۲۰	۳۹۰	۲۶۰	۱۳۰	۰
آکوپرو [۱]	۰	۱۳۰	۲۶۰	۳۹۰	۵۲۰
پودر گوشت و استخون	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰	۹۰
امپریال [۲]	۴۰/۵۰	۴۵/۰۰	۴۵/۰۰	۴۵/۰۰	۴۵/۰۰
گلوتن ذرت	-	۱۶/۲۰	۳۹/۱۰	۶۲/۱۰	۸۵/۰۰
آرد گندم	۱۳۰	۱۳۰	۱۳۰	۱۳۰	۱۳۰
روغن سویا	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
روغن ماهی	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰
مکمل معدنی [۳]	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵
مکمل ویتامینی [۴]	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵
آنتی اکسیدان	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰
ضد قارچ	۵	۵	۵	۵	۵
پرکننده (سلولز)	۹۴/۳۰	۷۳/۶۰	۵۰/۷۰	۲۷/۷۰	۴/۸۰
ترکیب تقریبی جیره های آزمایشی (٪)					
رطوبت	۷/۶۲	۷/۳۳	۷/۵۱	۷/۳۸	۷/۴۴
پروتئین کل	۴۸/۱۸	۴۸/۳۶	۴۸/۲۸	۴۸/۴۳	۴۸/۴۰
چربی کل	۱۹/۵۰	۱۹/۲۰	۱۹/۵۰	۱۹/۲۳	۱۹/۲۴
خاکستر	۷/۳۸	۷/۷۰	۷/۱۰	۷/۳۷	۷/۴۱
کربوهیدرات	۱۷/۳۲	۱۷/۴۱	۱۷/۶۱	۱۷/۵۹	۱۷/۵۱
انرژی ناخالص (kcal/g)	۵/۲۷	۵/۲۶	۵/۲۹	۵/۲۷	۵/۲۷

۱- آکوپرو (تولید شده در شرکت یسنا مهر): سویای فرآوری شده. میزان پروتئین ۵۱٪، انرژی قابل متابولیسم ۲۸۷۰ kcal/kg، رطوبت ۱۲٪، خاکستر ۷٪، چربی ۲/۸٪، فیبر خام ۴٪، نشاسته ۵٪ و قند ۹٪ است.

۲- امپریال (تولید شده در شرکت کارگیل آمریکا) : منبعی با میزان پروتئین ثابت و خلوص بالاست که از ذرت تهیه شده است. میزان پروتئین ۷۵٪، چربی خام ۲٪، حداکثر فیبر خام ۱٪، نشاسته ۱٪ و انرژی قابل متابولیسم ۳۳۴۷ kcal/kg است.

۳- مکمل معدنی (میلی‌گرم/کیلوگرم) : KCl : ۲۰۰ میلی‌گرم، KI : ۶۰ میلی‌گرم، $COCL_2$. $6H_2O$: ۷ میلی گرم، $CuSO_4.5H_2O$: ۱۴ میلی گرم، $FeSO_4H_2O$: ۴۰۰ میلی گرم، $ZnSO_4.H_2O$: ۲۰۰ میلی گرم، $MnSO_4.H_2O$: ۸۰ میلی گرم، $Na_2SeO_3.5H_2O$: ۶۵ میلی گرم، $MgSO_47H_2O$: ۳۰۰۰ میلی گرم، $Ca(H_2PO_4).H_2O$: ۲۰۰۰۰ میلی گرم، NaCl: ۱۳۶ میلی گرم و Zeolite : ۵۸۴۰ میلی گرم و کریر تا ۱ کیلوگرم است.

۴- مکمل ویتامینی حاوی تیامین (۱۲میلی گرم)، ریبوفلاوین (۵ میلی گرم)، پیرودوکسین (۶ میلی گرم)، سیانوکوبالامین(۰/۰۵ میلی گرم) نمک منادیون (K_3) (۵ میلی گرم)، اینوزیتول (۱۰۰ میلی گرم)، پانتوتنیک اسید (۳۰ میلی گرم) ، فولیک اسید (۲ میلی گرم)، بیوتین(۰/۰۶ میلی گرم)، رتینول استات(۲۵ میلی گرم)، D3- کوله کلسی فرول (۵ میلی گرم)، آلفا– توکوفرول(۴۰ میلی گرم)، آسکوربیک اسید (۵۰۰ میلی گرم)، نیاسین (۳۵ میلی گرم)، اتوکسی کوئین (۱۵۰ میلی گرم) و کریر تا ۱۰۰۰ میلی‌گرم است.

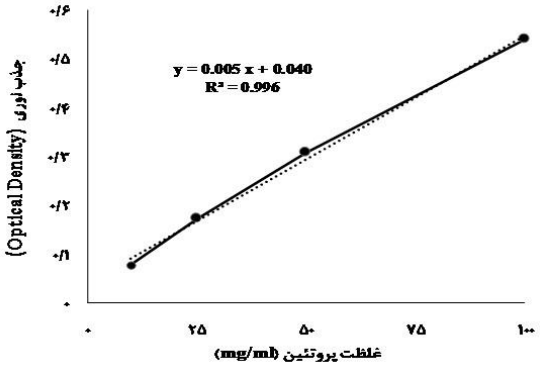
پروتئین، چربی، خاکستر و رطوبت بر حسب درصد ماده خشک است و محاسبه کربوهیدرات بر حسب رابطه (پروتئین + چربی + خاکستر+ رطوبت)- ۱۰۰ و محاسبه انرژی ناخالص بر حسب کیلوکالری بر گرم جیره از رابطه حاصلضرب مقدار انرژی موجود در هر گرم پروتئین (۵/۶۵ kcal)، چربی(۹/۴۵ kcal) و کربوهیدرات (۴/۱۱ kcal) تعیین گردید (NRC, 1993).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-02-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1397.27.2.15.1]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116694]

میزان پروتئین خام از روش کجلدال، میزان چربی خام با استفاده از روش سوکسله و میزان خاکستر نیز با سوزاندن نمونه خشک شده در کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰°C و برای مدت ۵ ساعت اندازه گیری گردید.

تهیه عصاره آنزیمی، سنجش فعالیت آنزیم و پروتئین محلول

برای این منظور، ابتدا ماهیان با استفاده از سوزن قطع نخاع شده و کالبد شکافی جهت جداسازی روده و ضمائم پیلوریک (حاوی آنزیم لیپاز و آمیلاز) و معده (حاوی آنزیم پروتئاز اسیدی) در حضور یخ انجام شد. بعد از جداسازی، نمونه‌ها توزین شده و بطور جداگانه با بافر ۵۰ میلی مولار تریس- HCl، pH = ۸/۰ (حاوی۱۰میلی مولار $CaCl_2$ و ۰/۵ مولار NaCl) با نسبت ۱ به ۲۰ مخلوط شده و با استفاده از هموژنایزر (مدل Hand Held WT130) همگن سازی در حضور یخ به مدت ۱ دقیقه در ۱۱۰۰۰rpm انجام شد. سپس مخلوط حاصله برای ۳۰ دقیقه در دمای ۴ °C در ۱۰۰۰۰rpm سانتریفیوژ گردید و محلول رویی به عنوان عصاره آنزیمی جهت سنجش فعالیت آنزیم انتخاب گردید (Nayak *et al*., 2003). برای سنجش فعالیت آنزیم پروتئاز اسیدی از کازئین ۱٪ به عنوان سوبسترا استفاده شد میزان جذب در طول موج ۲۸۰ نانومتر قرائت شد (Walter,1984). فعالیت آنزیم لیپاز با استفاده از سوبسترای پارانیتروفنیل مریستات سنجش گردید و جذب پارانیتروفنل رهاسازی شده در طول موج ۴۰۵ نانومتر قرائت گردید (Iijima *et al*.,1998). برای سنجش فعالیت آنزیم آمیلاز از نشاسته ۱٪ بعنوان سوبسترا و از دی نیترو سالیسیلیک اسید بعنوان معرف جهت شناسایی مالتوز تولید شده استفاده شد و در طول موج ۵۴۰nm خوانده شد. (Bernfeld, 1955). در تمام سنجش‌ها برای نمونه شاهد از آب مقطر به‌جای نمونه آنزیمی استفاده شد. جهت تعیین فعالیت اختصاصی آنزیم‌های مورد مطالعه، میزان پروتئین محلول در روده، ضمائم پیلوریک و معده با روش Lowry و همکاران **(۱۹۵۱)** سنجش گردید. در این روش از آلبومین سرم گاوی با غلظت ۱ mg/ml بعنوان استاندارد استفاده گردید (شکل ۱).



شکل ۱: منحنی استاندارد BSA (غلظت ۱ mg/ml). [محور X : غلظت پروتئین (mg /ml) ؛ محور Y: جذب نوری]

Figure 1: Standard curve of BSA (1 mg / ml) [X axis: protein concentration (mg/ml) ; Y axis: Optical Density]

آنالیز آماری

تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار SPSS۱۹ انجام گردید. نرمال بودنداده‌ها با استفاده از آزمون Kolmogorov-Smironov مورد ارزیابی قرارگرفت و آزمون همگنی واریانس توسط تست Levene انجام شد. برای مقایسه شاخص‌های رشد و فعالیت آنزیم‌ها بین جیره‌های آزمایشی از آنالیز واریانس یک‌طرفه استفاده گردید و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ و با ۳ تکرار انجام گردید. همچنین میزان بهینه آکوپرو در جیره غذایی ماهی قزل آلای رنگین کمان بر مبنای افزایش وزن بدن با استفاده از نرم‌افزار Graph pad prism روش broken-line تخمین زده شد.

نتایج

نتایج مربوط به شاخص‌های رشد در جدول ۲ ارائه شده است. تاثیر آکوپرو بر وزن نهایی و میزان افزایش وزن بدن نشان داد که بترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین آنها مربوط به جیره ۵۰٪ و ۷۵٪ بود، بطوریکه در جیره ۵۰ ٪ نسبت به سایر جیره‌های آزمایشی افزایش معنی‌داری مشاهده گردید ($p<۰/۰۵$).

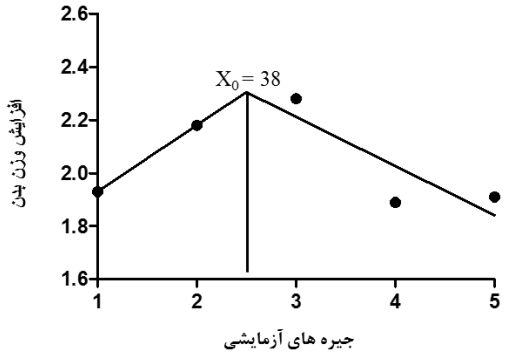
[Downloaded from isfj.ir on 2026-02-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1397.27.2.15.1]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116694]

جدول ۲: عملکرد رشد بچه ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*O. mykiss*) تغذیه شده با جیره های آزمایشی
Table 2: Growth performance of rainbow trout (*O. mykiss*) fry fed with experimental diets

جیره شاخص‌های رشد	A	B	C	D	E
وزن اولیه ماهی (گرم)	۲/۳۸ ± ۰/۳۰	۲/۳۸ ± ۰/۳۰	۲/۳۸ ± ۰/۳۰	۲/۳۸ ± ۰/۳۰	۲/۳۸ ± ۰/۳۰
وزن ثانویه ماهی (گرم)	۴/۳۱ ±۰/۰۳^{a}	۴/۵۶ ±۰/۰۵^{b}	۴/۶۶ ±۰/۰۱^{c}	۴/۲۷ ±۰/۰۴^{a}	۴/۲۹ ±۰/۰۴^{a}
افزایش وزن بدن (گرم)	۱/۹۳ ±۰/۰۳^{a}	۲/۱۸ ±۰/۰۵^{b}	۲/۲۸ ±۰/۰۱^{c}	۱/۸۹ ±۰/۰۴^{a}	۱/۹۱ ±۰/۰۴^{a}
نرخ رشد نسبی	۸۱/۵۰ ±۱/۳۰^{a}	۹۲/۰۰ ±۲/۵۰^{b}	۹۵/۸۰ ±۰/۶۰^{c}	۷۹/۸۰ ±۱/۸۰^{a}	۸۰/۴۰ ±۱/۸۰^{a}
ضریب تبدیل غذایی	۱/۰۹ ±۰/۱۳^{a}	۱/۰۰ ±۰/۲۸^{a}	۰/۸۳ ±۰/۳۵^{a}	۱/۲۵ ±۰/۱۷^{a}	۱/۱۸ ±۰/۳۸^{a}
نرخ بقاء	۹۲/۰۰ ± ۶/۷۰ ^{a}	۹۴/۶۲ ± ۲/۶۰ ^{a}	۹۴/۶۳ ± ۲/۳۰ ^{a}	۱۰۰^{a}	۹۱/۷۹ ± ۷/۲۰ ^{a}
نسبت کارایی چربی	۰/۱۰ ±۰ /۰۰^{a}	۰/۱۱ ± ۰/۰۰^{b}	۰/۱۲ ± ۰/۰۰^{b}	۰/۱۰ ±۰ /۰۰^{a}	۰/۱۰ ±۰ /۰۰^{a}
نسبت کارایی پروتئین	۰/۰۴ ۰±۰ /۰۰ ^{a}	۰/۰۴۵ ± ۰/۰۰^{b}	۰/۰۴۷ ±۰/۰۰^{c}	۰/۰۳۹ ±۰/۰۰ ^{a}	۰/۰۳۹ ±۰/۰۰ ^{a}
نسبت کارایی غذا	۰/۹۱ ±۰/۰۹^{a}	۰/۹۹ ±۰/۱۸^{a}	۱/۲۰ ±۰/۲۸^{a}	۰/۷۹ ±۰/۰۸^{a}	۰/۸۴ ±۰/۱۷^{a}

حروف کوچک غیر مشترک در هر ردیف بیانگر اختلاف معنی‌دار می‌باشد (α = ۰/۰۵، n = ۳، Mn ± SD).

همچنین، با افزایش درصد جایگزینی آکوپرو تا ۵۰ (جیره C) شاخص نرخ رشد نسبی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (p<۰/۰۵)، ولی با افزایش جایگزینی تا سطوح ۷۵٪ (جیره D) و۱۰۰٪ (جیره E) میزان آن کاهش پیدا کرد (p<۰/۰۵). پایین‌ترین مقدار شاخص ضریب تبدیل غذایی به ترتیب در جیره‌های ۵۰٪ و ۲۵٪ و بالاترین آن در جیره ۷۵ ٪ مشاهده گردید ولی میزان آن در بین جیره-های آزمایشی اختلاف معنی‌داری نداشت (p>۰/۰۵). بیش‌ترین میزان کارایی چربی و پروتئین، به‌ترتیب در جیره‌های ۵۰٪ و ۲۵٪ و کم‌ترین آن در جیره‌های شاهد ، ۱۰۰٪ و ۷۵٪ مشاهده گردید که بین جیره‌های آزمایشی اختلاف معنی‌داری وجود داشت (p<۰/۰۵). بیش‌ترین و کم‌ترین میزان نسبت کارایی غذا به ترتیب مربوط به جیره‌های آزمایشی ۵۰٪ و ۷۵٪ بود و بین جیره‌های آزمایشی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (p>۰/۰۵). هم-چنین، بالاترین میزان نرخ بقا در جیره ۷۵٪ مشاهده شد ولی افزایش نسبت آکوپرو به پودر ماهی در جیره‌های غذایی بر نرخ بقا بی تاثیر بوده و اختلاف معنی‌داری هم در بین تیمارهای آزمایشی در مقایسه با شاهد وجود نداشت (p>۰/۰۵). میزان بهینه جایگزینی آرد ماهی بوسیله آکوپرو در جیره غذایی بچه ماهی قزل آلای رنگین کمان بر مبنای افزایش وزن بدن بر اساس نمودار خط شکسته (broken-line) حدود ۳۸٪ برآورد گردید (شکل ۲).

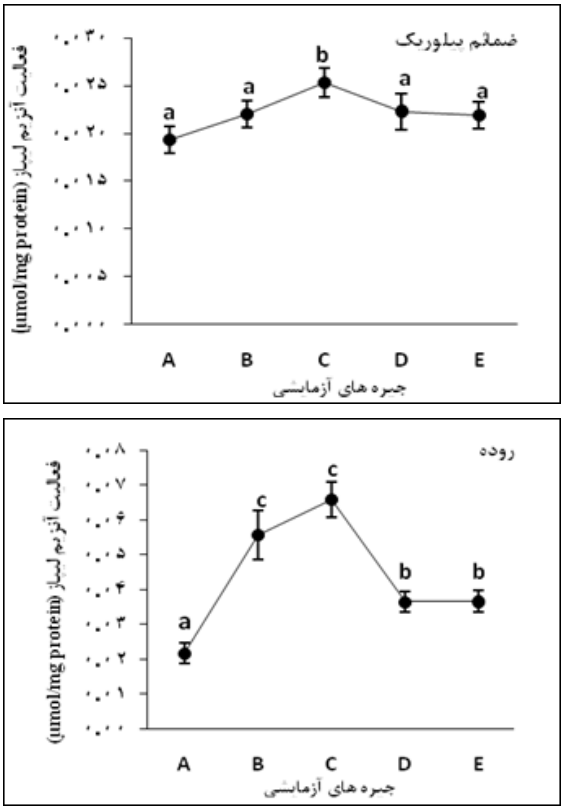


شکل ۲: نمودار خط شکسته افزایش وزن بدن برای بچه ماهی قزل آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) تغذیه شده با سطوح مختلف آکوپرو (1=A، 2=B، 3=C، 4=D و 5= E). X_0 نقطه تلاقی دو خط میباشد که حد بهینه جایگزینی را نشان می‌دهد.

Figure 2: Broken line cuvre of body weight gain (BWG) for rainbow trout (*O.mykiss*) fry fed with different levels of AquPro (1=A, 2=B, 3=C, 4=D and 5= E). X_0 is the point of intersection of the two lines represents the optimal replacement.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-02-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1397.27.2.15.1]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116694]

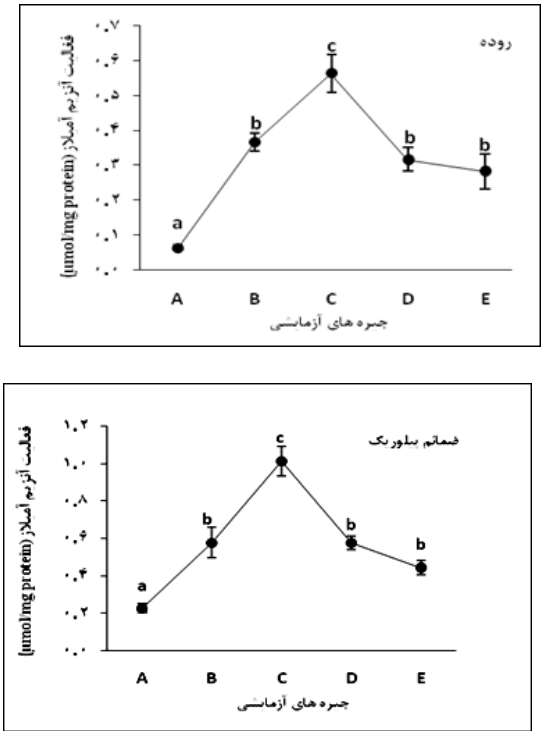
نتایج فعالیت آنزیم لیپاز در ضمائم پیلوریک و روده بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل۳ : فعالیت آنزیم لیپاز از ضمائم پیلوریک و روده بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی. حروف کوچک غیر مشترک بیانگر اختلاف معنی‌دار در فعالیت آنزیم می‌باشد (α = ۰/۰۵، n=۳، Mn± Sd).

Figure 3: Lipase activity from pyloric caeca and intestine of rainbow trout (*O. mykiss*) fry fed with experimental diets. Different lower case indicates a significant difference in enzyme activity (Mn ± Sd, n=3, α =0/05).

بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم لیپاز ضمائم پیلوریک و روده در ماهیان تغذیه شده با جیره غذایی ۵۰٪ مشاهده شد، که با سایر جیره‌های غذایی اختلاف معنی‌داری را نشان داد (p<۰/۰۵). نتایج فعالیت آنزیم آمیلاز در ضمائم پیلوریک و روده بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی در شکل ۴ نشان داده شده است.



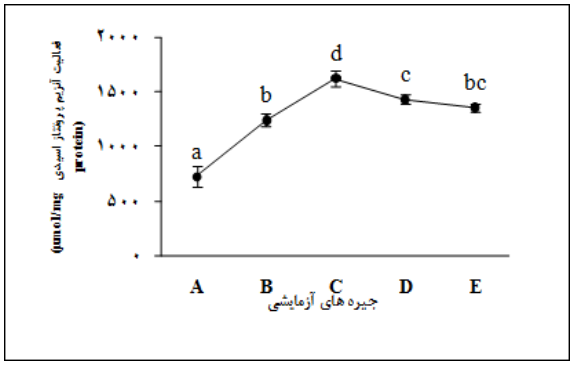
شکل۴: فعالیت آنزیم آمیلاز از ضمائم پیلوریک و روده ماهی آزمایشی. حروف کوچک غیر مشترک بیانگر اختلاف معنی‌دار در فعالیت آنزیم می‌باشد (α = ۰/۰۵، n = ۳، Mn ± SD).

Figure 4: Amylase activity from pyloric caeca and intestine of rainbow trout (*O. mykiss*) fry fed with experimental diets. Different lower case indicates a significant difference in enzyme activity (Mn ± Sd, n=3, α =0/05).

بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم آمیلاز ضمائم پیلوریک و روده در ماهیان تغذیه شده با جیره غذایی ۵۰ ٪ مشاهده شد بطوری‌که با سایر جیره‌های غذایی اختلاف معنی‌داری داشت. (p<۰/۰۵). نتایج فعالیت آنزیم پروتئاز اسیدی در معده بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با جیره-های آزمایشی در شکل ۵ نشان داده شده است. بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم پروتئاز اسیدی معده در ماهیان تغذیه شده با جیره غذایی ۵۰ ٪ و کم‌ترین آن در ماهیان تغذیه شده با جیره شاهد مشاهده شد بطوری‌که فعالیت آنزیم

[Downloaded from isfj.ir on 2026-02-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1397.27.2.15.1]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116694]

پروتئاز اسیدی در جیره‌های مختلف اختلاف معنی داری



نشان دادند (p<۰/۰۵).

شکل۵: فعالیت آنزیم پروتئاز اسیدی از معده ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O .mykiss*) تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی. حروف کوچک غیر مشترک بیانگر اختلاف معنی‌دار در فعالیت آنزیمی‌باشد (α = ۰/۰۵، n = ۳، Mn ± SD)

Figure 5: Acidic protease activity from stomach of rainbow trout (*O. mykiss*) fry fed with experimental diets. Different lower case indicates a significant difference in enzyme activity (Mn ± Sd, n=3 , α =0/05)

بحث

از آنجایی‌که پودرماهی یک منبع اولیه محدود است و منابع گیاهی به طور گسترده و با قیمت قیمت مناسب در دسترس هستند، استفاده از منابع پروتئینی گیاهی در پرورش آبزیان باید مورد توجه قرار گیرد (SOFIA, 2007). با جایگزینی پودر ماهی با آکوپرو تا سطح ۵۰ ٪ در جیره غذایی، وزن نهایی و نرخ رشد نسبی ماهیان به‌طور معنی‌داری افزایش و میزان ضریب تبدیل غذایی بدون تاثیر معنی‌داری کاهش یافت. نتایج این تحقیق با نتایج مطالعه حق‌بیان و همکاران (۱۳۹۴) در جایگزینی پودر ماهی با آرد سویا در جیره غذایی ماهی قزل آلای رنگین کمان *(O. mykiss)* مطابقت داشت بطوری‌که بیش‌ترین میزان افزایش وزن بدن و کم‌ترین میزان ضریب تبدیل غذایی در تیمار۵۰ ٪ جایگزینی سویا مشاهده شد. بر اساس گزارش Ehsani و همکاران (۲۰۱۴) جایگزینی آرد ماهی تا ۳۰٪ با پروتئین سویای تخمیر شده در جیره بچه ماهی شانک زرد باله *(Acanthopagrus latus)* تفاوت معنی‌داری در میزان وزن نهایی، ضریب تبدیل غذایی و نرخ بقاء مشاهده نگردید. همچنین، افزایش کنجاله سویا و مخمر نانوایی در جیره غذایی ماهیان جوان بنی *(Mesopotamichthys sharpeyi)* تأثیر منفی بر شاخص ضریب تبدیل غذایی نداشت و باوجود روند افزایشی این شاخص، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی در مقایسه با گروه شاهد مشاهده نشد (آلبوغبیش و همکاران،۱۳۹۴). وجود مکمل آمینو اسیدهای لایزین و متیونین در آکوپرو می‌تواند به‌طور قابل توجهی باعث افزایش میزان مصرف غذا و بهبود عملکرد رشد ماهی گردد (Deng *et al*., 2006). بطوریکه نتایج مطالعه انجام شده بر روی میش ماهی زرد بزرگ (*Larimichthys cocea*) نشان داد استفاده از پروتئین کنسانتره سویا حاوی مکمل لایزین و متیونین می‌تواند بدون تاثیر منفی بر عملکرد رشد به طور کامل جایگزین پودر ماهی در غذا شود (Wang *et al*., 2017). از سویی، کاهش عملکرد رشد و بازده خوراک در سطوح بالای جایگزینی، می‌تواند بدلیل کاهش خوش خوراکی غذا، کمبود اسیدآمینه ضروری، کمبود فسفر، اختلال در متابولیسم چربی و وجود گستره مواد ضد تغذیه‌ای در گیاهان باشد (Gomes *et al*., 1995; Francis *et al*., 2001; Ye *et al*., 2011). جایگزینی آرد ماهی با پروتئین گیاهی (گلوتن گندم و ذرت) تا بیش از ۴۰ ٪ در جیره ماهی قزل‌آلای رنگین-کمان *(O.mykiss)* باعث کاهش افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل غذایی گردید (Jalili *et al*., 2012). گزارش Barnes و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد جایگزینی بیش از۳۰٪ پودر ماهی با کنجاله سویا تخمیر شده در رژیم غذایی قزل آلای رنگین کمان *(O. mykiss)* باعث افزایش ضریب تبدیل غذایی و کاهش معنی دار رشد گردید. در مطالعه حاضر، بیش‌ترین میزان نسبت کارایی پروتئین، چربی و غذا در ماهیان تغذیه شده با جیره ۵۰ ٪ مشاهده شد که نسبت کارایی غذا اختلاف معنی‌دار با سایر جیره‌های آزمایشی نداشت. جایگزینی پودر ماهی با پروتئین گیاهی تا۴۰ ٪ در جیره قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) باعث کاهش نسبت کارایی پروتئین و چربی گردید ولی تفاوت معنی‌داری با جیره شاهد نشان نداد

[Downloaded from isfj.ir on 2026-02-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1397.27.2.15.1]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116694]

(Jalili *et al*., 2012). همچنین، نسبت کارایی غذا و نسبت کارایی پروتئین در میش ماهی جوان (*Totoaba macdonaldi*) در ۴۵٪ جایگزینی پودر ماهی با پروتئین سویای کنسانتره افزایش یافت (Trejo-Escamilla *et al*., 2017). افزایش میزان جایگزینی پروتئین گیاهی در جیره قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) بر شاخص بازماندگی تاثیری نداشت بطوری‌که در مطالعه حاضر، بیش‌ترین میزان شاخص نرخ بقاء در گروه تغذیه شده با جیره ۷۵٪ و کمترین آن در گروه ۱۰۰٪ مشاهده شد که این نتیجه با مطالعه حق‌بیان و همکاران (۱۳۹۴) مطابقت دارد به‌طوری‌که کم‌ترین درصد بازماندگی در تیمار ۱۰۰٪ سویا و بالاترین آن در تیمار ۷۵٪ سویا دیده شد. همچنین، افزایش نسبت جایگزینی کنجاله سویا و مخمر نانوایی به جای پودر ماهی در جیره غذایی ماهیان جوان بنی (*M. sharpeyi*) بر شاخص بازماندگی بی‌تأثیر بود (آلبوغبیش و همکاران، ۱۳۹۴). همچنین، جایگزینی پودر ماهی تا ۳۰٪ با پروتئین سویای تخمیر شده در جیره بچه ماهی شانک زرد باله (*A. latus*) تاثیری بر نرخ بقاء نداشت (Ehsani *et al*., 2014). اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های گوارشی به‌ویژه پروتئاز، آمیلاز و لیپاز برای بررسی فرآیند گوارش مهم است و اطلاعات مربوط به ظرفیت کامل گوارش و استفاده از مواد مغذی در گونه‌های ماهی را فراهم می‌کند که ممکن است تأثیر بالقوه‌ای بر استفاده از خوراک و عملکرد رشد داشته باشند (Ye *et al*., 2011، Johnston *et al*., 2004). در مطالعه حاضر، بیش‌ترین فعالیت آنزیم‌های لیپاز و آمیلاز در روده و ضمائم پیلوریک و پروتئاز اسیدی معده در جیره غذایی حاوی ۵۰٪ آکوپرو دیده شد که نسبت به سایر جیره‌های غذایی اختلاف معنی‌داری را نشان داد و با افزایش سطح آکوپرو، کاهش فعالیت آنزیم‌ها مشاهده شد. بررسی ها نشان می‌دهد پروتئین کنسانتره سویا حاوی لایزین و متیونین می‌تواند به‌طور کامل جایگزین پروتئین پودر ماهی در جیره ماهی میش ماهی زرد بزرگ (*L. crocea*) بدون تاثیر منفی بر عملکرد آنزیم های لیپاز و آمیلاز شود (Wang *et al*., 2017). برخی مطالعات نشان داده‌اند قابلیت هضم پایین و عدم تعادل اسیدآمینه‌های ضروری در پروتئین‌های جایگزین میتواند ناشی از سطوح بالای جایگزینی باشد (Ai *et al*., 2006). وجود مواد ضد تغذیه‌ای در منابع گیاهی موجب مهار سیستم آنزیمی و کاهش هضم مواد غذایی می‌شود (Schofield *et al*., 2001). کاهش فعالیت آنزیم پروتئاز می‌تواند تحت‌تاثیر کیفیت، مقدار مواد مغذی، حضور مواد ضدتغذیه‌ای و سطوح جایگزینی برخی پروتئین‌های گیاهی در غذای قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) قرارگیرد (Xu *et al*., 2012 Santigosa *et al*., 2008; Kolkovski, 2001). مطالعه Krogdahl و همکاران (۲۰۰۳) نشان داد فعالیت آنزیم‌های گوارشی در پرزهای غشاء و درون سلول‌های جذب کننده روده در ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) تحت‌تاثیر سطوح کنجاله سویا در رژیم غذایی به طور معنی‌داری کاهش یافت که با تغییرات مورفولوژیک روده، هضم ظاهری و اختلالات جذب همراه بود. در جایگزینی آرد ماهی با بیش از ۴۵٪ پروتئین سویای کنسانتره در جیره میش ماهی(*T. macdonaldi*)، فعالیت آنزیم‌های پانکراتیک و پرزهای غشاء روده به‌طور پیوسته کاهش یافت (Trejo-Escamilla *et al*., 2017). مطالعه انجام شده توسط Lin و Lou (۲۰۱۱) نشان داد افزایش سطح کنجاله سویای جیره فرآیند گوارشی را در هیبرید ماهی تیلاپیا (*Oreochromis niloticus*×*O. aureus*) تحت تاثیر قرار داده و سبب کاهش فعالیت آنزیم پروتئاز گردید.. نتایج نشان داد جایگزینی پودر ماهی با پروتئین گیاهی در تغذیه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) و بچه ماهی شانک زرد باله (*A. latus*) تاثیر معنی‌داری بر فعالیت آنزیم‌های لیپاز و آمیلاز نداشت و تنها در جایگزینی با سطوح بالا موجب کاهش فعالیت آنزیم لیپاز گردید (Jalili *et al*., 2012; Ehsani *et al*., 2014). با توجه به نتایج بدست آمده در این مطالعه، جیره آزمایشی ۵۰ ٪ بیش‌ترین میزان شاخص نرخ رشد نسبی، نسبت کارایی پروتئین، نسبت کارایی چربی و نسبت کارایی غذا را داشت و پایین‌ترین میزان ضریب تبدیل غذایی نیز در جیره آزمایشی ۵۰ ٪ مشاهده شد. بیش‌ترین

[Downloaded from isfj.ir on 2026-02-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1397.27.2.15.1]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116694]

میزان فعالیت آنزیم لیپاز و آمیلاز از ضمائم پیلوریک و روده و آنزیم پروتئاز اسیدی معده در ماهیان تغذیه شده با جیره آزمایشی ۵۰ ٪ مشاهده شد که نسبت به سایر جیره‌های آزمایشی اختلاف معنی‌داری را نشان داد. با توجه به نتایج بدست آمده از مطالعه حاضر، استفاده از سطوح مشخص‌شده آکوپرو در کارخانه‌های تولیدی خوراک آبزیان به‌عنوان جایگزین بخشی از آرد ماهی جهت کاهش هزینه تولید غذا و حفظ ذخایر دریایی ماهیان مورد استفاده در تولید آرد ماهی پیشنهاد می‌شود.

منابع

امدادی، ب.، سجادی، م.م.، یزدانی، م.ع. و شکوریان، م.، ۱۳۹۲. تاثیر جایگزینی مقادیر مختلف آرد ماهی توسط کنجاله سویا در جیره غذایی بچه ماهیان ازون برون (*Acipenser stellatus*) ، بر میزان رشد، ضریب تبدیل غذایی و میزان ترکیبات شیمیایی لاشه، عضله و بافت کبد. مجله علمی شیلات ایران. ۲۲ (۲) : ۲۳- ۳۴.

آلبوغبیش، م.، محمدی آذرم، ح.، یاوری. و ذاکری، م.، ۱۳۹۴. اثر جایگزینی پودر ماهی با کنجاله سویا و مخمر نانوایی بر عملکرد رشد و تغذیه ماهیان جوان بنی (*Mesopotamichthys sharpeyi*) . مجله پژوهشهای جانوری. ۲۸(۲) : ۱۳۶-۱۴۵.

حق بیان، س.، شمسایی، م.، ایلا، ن.،عبداله تبار، ی.، بزرگ زاده، پ. و رضایی، د.، ۱۳۹۴. جایگزینی پودر سویا (HP310) در جیرهٔ غذایی و تأثیر آن در عملکرد رشد و فاکتورهای خونی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). نشریه شیلات دانشگاه تهران، ۶۸ (۲) : ۲۰۹-۲۲۳.

زمانی،ع.، حاجی مرادلو، ع.، مدنی، ر.، جوهری، ع.، کلباسی، م.ر. و فرهنگی، م.، ۱۳۸۵. مقایسه فعالیت برخی آنزیمهای گوارشی در معده، ضمائم پیلوریک و روده ماهیان دیپلوئید و تریپلوئید ماده قزل آلای رنگین کمان. مجله علمی شیلات ایران. ۱۵(۲) : ۲۹- ۳۶.

Ai, Q.H., Mai, K.S., Tan, B.P., Xu, W., Duan, Q.Y., Ma, H.M. and Zhang, L., 2006. Replacement of fish meal by meat and bone meal in diets for large yellow croaker (*Pseudosciaena croce*). Aquaculture, 260:255-263. DOI:10.1016/j.aquaculture.2006.06.043

AOAC., 2005. Official Method 950.89 Horwitz, W., Latimer, G. (Eds). Official Methods of Analysis of AOAC International, 18th Edition, Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, USA.

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, 2(4): 234-243. DOI: 10.4236/ojas.2012.24033

Bernfeld, P., 1955. Amylases, α and β. Methods in enzymology, vol. 1, Academic Press, New York, pp: 149-158. DOI:10.1016/0076-6879(55)01021-5

Deguara, S., Jauncey, K. and Agius, C., 2003. Enzyme activities and pH variations in the digestive tract of gilthead sea bream. Journal of Fish Biology, 62: 1033–1043. DOI:10.1046/j.1095-8649.2003.00094.x

Deng, J., Mai, K.S., Ai, Q.H., Zhang, W., Wang, X., Xu, W. and Liufu, Z., 2006. Effects of replacing fish meal with soy protein concentrate on feed intake and growth of juvenile Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture*,

[Downloaded from isfj.ir on 2026-02-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1397.27.2.15.1]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116694]

274-282. DOI:10.1016/j. aquaculture. 2008.01.014

Hardy, R.W., 2010. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. Aquaculture Research, 41: 770–776. DOI:10.1111/j.1365-2109.2009.02349.x

Iijima, N., Tanaka, S. and Ota, y., 1998. Purification and characterization of bile saltactivated lipase from the hepatopancreas of red sea bream (*Pagrus major)*. Fish Physiology and Biochemistry, 18:59-69. DOI:10.1023/A:1007725513389

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, 6 (3): 61-68.

Johnston, D.J., Ritar, A.J. and, Thomas, C.W., 2004. Digestive enzyme profiles reveal digestive capacity and potential energy sources in fed and starved spiny lobster (*Jasusedwardsii*) phyllosoma larvae. Comparative Biochemistry and Physiology (B), 138(2): 137-144.

Kolkovski, S., 2001. Digestive enzymes in fish larvae and juveniles implications and applications to formulated diets. Aquaculture, 200: 181–201. DOI:10.1016/S0044-8486(01)00700-

Krogdahl, A., Bakke-McKellep, A.M. and Baeverfjord, G., 2003. Effects of graded levels of standard soybean meal on intestinal structure, mucosal enzyme

258(1): 503-513. DOI:10.1016/j.aquaculture.2006.04.004

Drew, 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 and Technology, 138(2): 118-136.

Ehsani, J., Azarm, H.M., Maniat, M., Ghabtani, A. and Eskandarnia, H., 2014. Effects of partial substitution of dietary fish meal by fermented soybean meal on growth performance, body composition and activity of digestive enzymes of juvenile yellowfin sea bream. International Journal of Biosciences, 5: 99-107. DOI: 10.12692/ijb/5.4.99-107

Francis, G., Makkar, H.P.S. and, Becker, K., 2001. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. Aquaculture, 199: 197–227. DOI:10.1016/S0044-8486(01)00526-9

Gomes, E.F., Rema, P. and 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. DOI:10.1016/0044-8486(94)00211-6

Hamza, N., Mhetli, M., Khemis, I.B., Cahu, C. and Kestemont, P., 2008. Effect of dietary phospholipid levels on performance, enzyme activities and fatty acid composition of pikeperch (*Sander lucioperca*) larvae. Aquaculture, 275(1):

[Downloaded from isfj.ir on 2026-02-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1397.27.2.15.1]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116694]

activities, and pancreatic response in Atlantic salmon *(Salmo salar L.)*. Aquaculture Nutrition, 9:361–371.

Lin, S. and Luo, L., 2011. Effects of different levels of soybean meal inclusion in replacement for fish meal on growth, digestive enzymes and transaminase activities in practical diets for juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus×O. aureus)*. Animal Feed Science and Technology,168 (1): 80-87.
DOI:10.1016/j.anifeedsci.2011.03.012

Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L. and Randall, R.J., 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. Journal of Biological Chemistry,193(1): 265-275.

Nayak, J., Viswanathan Nair, P., Ammu, K. and Mathew, S., 2003. Lipase activity in different tissues of four species of fish: rohu (*Labeo rohita Hamilton*), oil sardine (*Sardinella longiceps Linnaeus*), mullet (*Liza subviridis Valenciennes*) and Indian mackerel (*Rastrelliger kanagurta Cuvier*). Journal of the Science of Food and Agriculture, 83(11): 1139-1142. DOI:10.1002/jsfa.1515

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

Piedecausa, M., Mazón, M., García, B.G. and Hernández, M., 2007. Effects of total replacement of fish oil by vegetable oils in the diets of sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*). Aquaculture, 263(1): 211-219. DOI:10.1016/j.aquaculture.2006.09.039

Santigosa, E., Sánchez, J., Médale, F., Kaushik, S., Pérez-Sánchez, J. and, Gallardo, M.A., 2008. Modifications of digestive enzymes in trout *(Oncorhynchus mykiss)* and sea bream *(Sparus aurata)* in response to dietary fish meal replacement by plant protein sources. Aquaculture, 282(1): 68-74. DOI:10.1016/j.aquaculture.2008.06.007

Schofield, P., Mbugua, D.M. and Pell, A.N., 2001. Analysis of condensed tannins: a review. Animal Feed Science and Technology. 91: 21-40. DOI:10.1016/S0377-8401(01)00228-0

SOFIA., 2007. The state of world fisheries and aquaculture 2006. FAO Fisheries and aquaculture Department, Rome. 1–180.

Steffens, W., 1994. Replacing fish meal with poultry by- product meal in diets for rainbow trout, *(Oncorhynchus mykiss).* Aquaculture, 124: 27-34. DOI:10.1016/0044-8486(94)90351-4

Tacon, A.G.J. and Metian, M., 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. Aquaculture, 285: 146–158.

Trejo-Escamilla, I., Galaviz, M.A., Flores-Ibarra, M., Álvarez González, C.A. and López, L.M., 2017. Replacement of fishmeal by soya protein concentrate in the diets of *Totoaba macdonaldi* (Gilbert, 1890) juveniles: Effect on the growth

[Downloaded from isfj.ir on 2026-02-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1397.27.2.15.1]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116694]

performance, in vitro digestibility, digestive enzymes and the haematological and biochemistry parameters. Aquaculture Research, 48(8): 4038-4057. DOI:10.1111/are.13225

Walter, H.E., 1984. Proteinases: methods with hemoglobin, casein and azocoll as substrates. In: Bergmeyer, H.U. Ed. Methods of Enzymatic Analysis, vol. V. Verlag Chemie, Weinheim. pp 270–277.

Wang, P., Zhu, J., Feng, J., He, J., Lou, Y. and Zhou, Q., 2017. Effects of dietary soy protein concentrate meal on growth, immunity, enzyme activity and protein metabolism in relation to gene expression in large yellow croaker *(Larimichthys crocea).* Aquaculture, 477: 15-22.

Xu, Q.Y., Wang, C.A., Zhao, Z.G. and Luo, L., 2012. Effects of replacement of fish meal by soy protein isolate on the growth, digestive enzyme activity and serum biochemical parameters for Juvenile Amur Sturgeon (*Acipenser schrenckii*). Asian-Australas Journal of Animal Science, 25(11): 1588. DOI:10.5713/ajas.2012.12192

Ye, J., Liu, X., Wang, Z. and Wang, K., 2011. Effect of partial fish meal replacement by soybean meal on the growth performance and biochemical indices of juvenile Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). Aquaculture International, 19: 143-153. DOI:10.1007/s10499-010-9348-1

[Downloaded from isfj.ir on 2026-02-02]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1397.27.2.15.1]
[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116694]

Effect of dietary fish meal replacement by AquPro (Processed soybean meal) on growth performance and digestive enzymes activity in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry

Movahedrad F.[1]; Hajimoradloo A.[1]; Zamani A.[2*]; Kolangi H.[1]

[*]a.zamani@malayeru.ac.ir

1- Fisheries Department, Fisheries and Environment Faculty, Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan University, Golestan, Iran.
2- Fisheries Department, Natural Resources and Environment Faculty, Malayer University, Hamedan, Iran

[Downloaded from isfj.ir on 2026-02-02]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1397.27.2.15.1]

[DOI: 10.22092/ISFJ.2018.116694]

Abstract

The effect of replacement of fish meal with AquPro on growth and enzymes activity on juvenile rainbow trout (weight: 2.38±0.3 g) were evaluated. The fish were fed with five isoproteic and isocaloric diet for six weeks. The diets contained different level of replaced fish meal with Aqupro included 5 treatments (A=0%), (B=25%), (C=50%), (D=75%) and (E=100%). Based on the results ,weight gain, relative growth rate, protein and lipid efficiency ratio in diet 50% were significantly higher than other treatments ($p<0.05$), while food efficiency ratio and feed conversion ratio were shown the highest and the lowest values in diet 50%, respectively , without a significant difference than those from other treatments ($p> 0.05$). The highest survival rate was revealed in the diet 75%, which was not affected by the level of AquPro in the diet. The highest activity of lipase, amylase and acid protease enzymes, respectively, from pyloric caeca, intestine and stomach were observed in diet 50%, which showed a significant difference compared to other diets ($p<0.05$). The findings of growth performance and lipase, amylase and acid protease activity were revealed the diet containing 50% AquPro could be appropriate for rainbow trout growth.

Keywords: Fish meal, AquPro, Protease, Rainbow trout

[*]Corresponding author