"مقاله پژوهشی"

اثر جایگزینی آرد ماهی با آکوپرو بر ساختار سلول‌های کبد و روده، شاخص های تغذیه و خون‌شناسی در قزل‌آلای رنگین‌کمان انگشت قد *Oncorhynchus mykiss*

علیرضا قائدی[1*]، شهرام دادگر[1]، محمود حافظیه[1]، داوود ضرغام[2]، منصور شریفیان[1]، رقیه محمودی[2]، طیبه باشتی[1]و نرگس سلیمانی[3]

۱- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۲- مرکز تحقیقات ژنتیک و اصلاح نژاد ماهیان سردآبی، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران

۳- دانشکده دامپزشکی، گروه بهداشت و بیماری های آبزیان، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۲/۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۵/۱۲

چکیده

آکوپرو یک منبع پروتئین سویا است که بعد از طی فرآیند اکستروژن، غنی‌سازی شده و درصد پروتئین خام و همچنین قابلیت جذب آن به بالاترین حد ممکن می‌رسد. در این تحقیق اثر جایگزینی آرد ماهی با آکوپرو بر پارامترهای رشد، تغذیه، شاخص های خونی و بافت شناسی کبد و روده قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) مورد بررسی قرارگرفت. به این منظور پنج جیره غذائی با میزان پروتئین خام یکسان (۴۰٪) فرموله شدند و بطور همزمان از جیره اول تا پنجم میزان سهم آکوپرو از ۱۰٪ تا ۵۰٪ افزایش و جایگزین آرد ماهی گردید. تعداد ۵۴۰ قطعه قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزن ۱±۱۸ گرم در ۱۸ تانک فایبرگلاس ۲۵۰ لیتری (۳۰ قطعه در هر تانک) بطور تصادفی توزیع و پس از طی یک هفته دوره سازگاری، روند تغذیه ماهیان با جیره های آزمایشی آغاز گردید. بعد از ۸۰ روز، پارامترهای رشد، خون شناسی، بافت شناسی کبد و روده و آنزیم‌های کبدی مورد بررسی قرار گرفت تا اثر آکوپرو بر روی آنها مشخص شود. داده‌های مرتبط پارامترهای رشد شامل نرخ رشد ویژه، درصد افزایش وزن، ضریب تبدیل خوراک، شاخص وضعیت و درصد افزایش وزن بدن اختلاف معنی‌داری بین گروه‌ها نشان نداد ($p\geq0.05$). تعداد گلبول‌های سفید در گروه ۵ بطور معنی‌داری ($p\leq0.05$) بالاتر از سایر گروه‌ها بود. بیشترین میزان گلبول قرمز، هموگلوبین و هماتوکریت در تیمار دوم مشاهده شد. بیشترین میزان حجم متوسط گلبولی در گروه شاهد مشاهده گردید. میزان پروتئین تام خون در تیمار پنج کمتر از سایرین بود. آلبومین هیچگونه اختلافی در گروه‌ها نشان نداد و میزان چربی کل و گلوکز در گروه شاهد بالاتر از سایرین بود. AST و ALT در گروه پنج از سایرین بالاتر بود و ALP در گروه شاهد اما کلیه داده‌ها در دامنه استاندارد قرارداشت. در مطالعات بافت شناسی کبد و روده هیچگونه آسیب ناشی از آکوپرو و یا ترکیبات سویا مشاهده نگردید. به نظر می‌رسد جایگزینی آرد ماهی با آکوپرو به میزان ۵۰ درصد، نقش منفی در رشد و شاخص های خونی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان ندارد و می‌توان در جیره‌های تجاری از این محصول و با هدف کاهش قیمت تمام شده خوراک استفاده نمود.

کلمات کلیدی: قزل‌آلای رنگین‌کمان، (*Oncorhynchus mykiss*)، آکوپرو، بافت شناسی، رشد، آنزیم‌های کبدی و شاخص های خون.

* عهده‌دار مکاتبات: a.ghaedi@areeo.ac.ir

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.1.5.7]

[DOI: 10.52547/aqudev.16.1.99]

مقدمه

در تولید تجاری خوراک آبزیان، آرد ماهی به دلیل دارا بودن مقادیر بالای پروتئین خام و سطوح بهینه اسیدآمینه و هضم پذیری بالا، منبع اصلی پروتئین خوراک آبزیان بوده‌است. رشد سریع آبزی پروری برای تامین نیاز انسان به گوشت ماهی، امروزه با چالشی روبروست و آن کاهش صید ماهیان دریائی و عدم تامین آرد ماهی مورد نیاز این صنعت است. کاهش صید و تولید آرد ماهی و افزایش قیمت آن سبب شد منابع گیاهی مانند کنجاله و دیگر ترکیبات سویا جایگزین آن شود (Hardy, 2010). این منابع از نظر اسیدهای آمینه غنی بوده و قیمت آنها نیز اقتصادی می باشد اما حاوی مواد ضد مغذی بوده که استفاده از آن را در جیره آبزیان محدود می‌کند (Jobling, 2012). همچنین میزان اندک برخی آمینواسیدهای محدود کننده مانند متیونین و ترئونین در این ماده، بر مشکلات قبلی می افزاید. برای غلبه بر این مشکلات امروزه ترکیبات دیگری از سویا تولید شده اند که علاوه بر سطح پروتئین بالا، به دلیل فرایند پیچیده و پیشرفته تولید، فاقد مواد ضد مغذی بوده و آن را به محصولی ایده‌آل برای جایگزینی آرد ماهی تبدیل می‌کند (Gaylord *et al.*, 2007). از این مواد می توان به پروتئین متراکم سویا، سویای پر چرب، سویای کم چرب و ایزوله پروتئین سویا نام برد. در این بین محصولی ایرانی به نام آکوپرو نیز جهت استفاده در جیره های آبزیان تولید شده است. به ادعای شرکت سازنده، در فرآیند تولید این محصول تیمار آنزیمی و عملیات اکستروژن بر روی کنجاله سویا به شکلی صورت گرفته که میزان مواد ضد مغذی موجود در کنجاله سویا به صفر رسیده و قابلیت هضم محتوای پروتئینی و در نتیجه بازدهی آن در جیره افزایش یافته است. افزودن برخی آمینواسیدها و مکمل‌های غذائی، آنزیم ها و طعم دهنده ها موجب شده از این محصول علاوه بر خوراک آبزیان، در خوراک دام و طیور نیز استفاده‌گردد. مطالعات زیادی بر روی جایگزینی آرد ماهی با سویا و مشتقات آن از دهه ۸۰ میلادی تاکنون صورت‌گرفته که در طی این مدت پارامترهای مرتبط با رشد و تغذیه (Oliva-Teles *et al.*, 1998) ایمنی و بیماری (Rumsey et al., 1994)، خون‌شناسی (Acar *et al.*, 2013) عملکرد آنزیمی کبد و گوارش (Sales, 2009)، بافت شناسی (Miao *et al.*, 2018) و کیفیت لاشه مورد بررسی قرارگرفته است. در همه این مطالعات پروفایل آمینواسید تقریبا مناسب سویا، علی رغم میزان اندک متیونین آن، مورد تائید قرار گرفته و البته به برخی مشکلات ایجاد شده توسط این ماده نیز پرداخته شده است. در ماهیان دریائی، کاهش رشد شدید و عدم غذاگیری بعد از افزودن میزان سویا در جیره های آزمایشی مشاهده شده (Gatlin Iii *et al.*, 2007) و به نظر می‌رسد این دسته از ماهیان به دلایل فیزیولوژیک نسبت به حذف آرد ماهی از جیره خود حساس می‌باشند (Urán *et al.*, 2009). در جیره ماهیان گرمابی به دلیل ساختار گوارش سازگارتر با ترکیبات سویا، استفاده از این ماده موفقیت آمیز تر بوده است (Solomon *et al.*, 2018). در قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) اما، به دلیل سیستم گوارش منطبق با گوشتخواری و حساسیت این گونه به طعم، مزه و بوی حاصل از سطوح بالای ترکیبات سویا، استفاده از این ماده را با محدودیت مواجه کرده است. لذا استفاده از دیگر ترکیبات جیره مانند آنچه در سطور بالا اشاره شد، می تواند راهکاری مناسب برای تعدیل قیمت تمام شده جیره های قزل‌آلای رنگین‌کمان و کاهش مصرف

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.1.5.7]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.1.99]

آرد ماهی باشـد. این تحقیق در نظر دارد آکوپرو که از مشتقات سویا می‌باشد را در جیره قزل‌آلای رنگین‌کمان جایگزین آرد ماهی نماید تا اثرات آن بر رشد، شاخص های خون، بافت روده و کبد و آنزیم های کبدی مشخص گردد. در صورت امکان جایگزینی آرد ماهی با این ترکیب، می‌توان انتظار داشت قیمت جیره‌های قزل‌آلای رنگین‌کمان کاهش و از میزان مصرف آرد ماهی و اثرات زیست محیطی آن اجتناب کرد.

مواد و روش ها

ماهیان آزمایشی

تعداد ۵۴۰ قطعه بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) با میانگین وزن ۲±۱۸ گرم بصورت کاملا تصادفی در ۱۸ تانک فایبرگلاس ۲۵۰ لیتری (۳۰ قطعه در هر تانک) توزیع شدند. آب مورد نیاز از چشمه تامین و پارامترهای فیزیکوشیمیائی آن بطور هفتگی توسط دستگاه دیجیتال قابل حمل مولتی متر WTW ثبت گردید. غذادهی به ماهیان ابتدا با جیره تجاری آغاز و به مرور در طول یک هفته (دوره سازگاری) با غذای آزمایشی جایگزین گردید. میزان جیره هر تانک با استفاده از جدول استاندارد و بر اساس وزن توده زنده و دمای آب در ابتدا ۲/۷ ٪ و در انتهای دوره ۲/۱٪ محاسبه و در ۳ نوبت در ساعات ۸، ۱۲ و ۱۶ به ماهیان داده شد. میزان جیره غذائی ماهیان هر دوهفته یکبار و بعد از هر زیست سنجی مورد بازبینی قرار می‌گرفت. لازم به ذکر است که قبل از معرفی ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان به تانک های فایبرگلاس تعداد ۳۰ قطعه ماهی مورد زیست سنجی قرار گرفت، تا اطلاعات اولیه قبل از آغاز آزمایش در دسترس‌باشد.

جیره های آزمایشی

آرد ماهی کیلکا، ضایعات کشتارگاهی طیور، آرد ماهی متو، آرد گندم، سویای فرآوری شده، گلوتن، نمک، پرمیکس، آنزیمیت و روغن در ترکیب جیره‌ها استفاده‌گردید. آکوپرو توسط شرکت سنادام پارس در اختیار این پروژه قرار گرفت (جدول ۱). پس از تهیه مواد اولیه، آنالیز تقریبی آنها در آزمایشگاه تغذیه پژوهشکده آبزی‌پروری جنوب کشور انجام شد. در مرحله بعد داده های آزمایشگاه وارد نرم افزار جیره نویسی AFOS گردید تا جیره هایی با پروتئین یکسان طوری طراحی شوند که در جیره اول تنها ۱۰٪ و در جیره آخر ۵۰٪ محتوای پروتئین خام از آکوپرو تامین گردد. بر اساس فرمول، مواد اولیه دقیقا توزین و در یک مخلوط کن به مدت ۵ دقیقه مخلوط شدند. معادل ۲۵٪ وزن مواد خشک، آب ولرم افزوده شد تا خمیری همگن ایجاد شود. خمیر تشکیل شده با استفاده از یک دستگاه چرخ گوشت از دای ۲/۵ میلی‌متر عبور داده شد تا پلت ها شکل گیرند. پلت های حاصل در خشک کن با دمای ۴۰ درجه به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد تا رطوبت آنها به ۱۰٪ کاهش یابد. در خاتمه بر روی پلت های خشک شده میزان مجاز روغن سویا اسپری گردید و خوراک ها در کیسه های جداگانه بسته بندی و در محیط خنک تا زمان استفاده قرار گرفت. اجزاء ترکیب جیره ها، آنالیز تقریبی و فرمولاسیون آنها در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.

فاکتورهای فیزیکی و شیمیائی آب

منبع آب مورد استفاده از چشمه با دمای ثابت ۱۲-۱۱ درجه سانتی‌گراد و پی اچ ۷/۹-۷/۳ و فاقد تغییرات معنی داری در فاکتورهای شیمیائی آب در طول آزمایش بود. میزان اکسیژن محلول آب بطور ثابت ۷/۸

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.1.5.7]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.1.99]

میلی‌گرم در لیتر گزارش گردید و با توجه به جریان دار بودن آب، گازهای سمی نیتریت، نیترات و آمونیاک بطوری‌که برای ماهیان سمیت ایجاد کند، وجود نداشت. با هدف بهداشت و حفظ سلامت ماهیان، هر روز قبل از آغاز تغذیه، مدفوع و غذاهای مصرف نشده از تانک‌ها سیفون می‌شد.

زیست سنجی ماهیان

زیست سنجی ماهیان با هدف تعیین میزان رشد روزانه، هر دوهفته انجام‌گرفت. برای این‌منظور، تعداد ۲۰ نمونه از هر تانک بطورتصادفی صید و رشد وزنی و طولی آنها به ترتیب با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۱ گرم و خط کش اندازه و داده ها در یک صفحه گستره اکسل ثبت‌گردید. داده های مرتبط با پارامترهای رشد و تغذیه شامل وزن اولیه، وزن نهائی، درصد افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه، شاخص وضعیت، ضریب تبدیل غذائی، با استفاده از فرمول‌های زیر مورد محاسبه و سپس آنالیز آماری قرارگرفت.

× (وزن اولیه بدن ln – وزن نهایی بدن ln) = نرخ رشد ویژه

کل روزهای پرورش/۱۰۰

^{3}× میانگین وزن نهایی بدن = شاخص وضعیت

(میانگین طول نهایی بدن) / ۱۰۰

افزایش وزن/ غذای مصرف شده = ضریب تبدیل غذایی

آنالیز ترکیب تقریبی خوراک و لاشه ماهی

بر اساس استاندارد AOAC, 1995 پارامترهای درصد پروتئین خام، چربی خام، خاکستر، فیبر و عصاره عاری از ازت در لاشه و در خوراک آزمایشی اندازه گیری و داده‌های مربوطه جهت آنالیز آماری ثبت گردید.

جدول ۱: اجزاء، فرمول جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف آکوپرو و آرد ماهی (درصد)

مواد اولیه مورد مصرف	شاهد	۱۰	۲۰	۳۰	٤٠	۵۰
آرد ماهی کلیکا	خوراک تجاری و اکسترود ماهی قزل آلای رنگین کمان تولیدی شرکت کیمیاگران تغذیه	۱۱/۳	۱۰/۱	۸/۷	۷/۳	۵/۹
آرد ماهی میکتوفیده		۱۳/۸	۱۲/۴	۱۰/۶	۸/۹	۷/۲
ضایعات جنوب		۱۴/۳	۱۲/۷	۱۱	۹/۲	۷/۸
آرد ماهی متوساردین		۱۴/۲	۱۲/۷	۱۰/۹	۹/۲	۷/۵
آرد گندم		۲۰	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
آکوپرو		۷/۹	۱۵/۹	۲۳/۸	۳۱/۸	۳۹/۷
گلوتن		۱	۱	۱	۱	۱
نمک		۳	۳	۳	۳	۰/۵
پرمیکس		۳	۳	۳	۳	۳
آنزیمیت		۹/۵	۶/۲	۳/۸	۱/۳	۰/۳
روغن گیاهی		۲	۳	۴/۲	۵/۴	۷/۱
جمع		۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

IU/kg or g kg $^{-1}$ or mg kg $^{-1}$ of premix): vitamin A, 1200000 IU; vitamin D_3, 400000 IU; vitamin E, 50 g; vitamin K_3, 0.8 g; vitamin B_1, 2.5 g; vitamin B_2, 4 g; vitamin B_6, 2.5 g; vitamin B_{12}, 8 mg; vitamin B_5, 35 g; vitamin B_3, 10 g; vitamin B_9, 1 g; biotin, 150 g; inositol, 50 g; vitamin C, 30 g; Co, 40 mg; I, 150 mg; Se, 50 mg; Zn, 6 g; Fe, 4.5 g; Cu, 0.5 g; Mn, 5 g; Choline chloride, 150 g;
Aqupro: cp: 46.3; cf; 3.3; fiber: 4.8; ash: 6.4; phosphorus: 5.6

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.1.5.7]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.1.99]

جدول ۲: آنالیز تقریبی جیره‌های آزمایشی بر اساس ماده خشک

آنالیز	شاهد	۱۰	۲۰	۳۰	٤٠	٥٠
پروتئین	۴۰±۱	۳۹/۱±۵	۳۹/۱±۹	۳۹/۱±۹	۳۹/۱±۹	۳۹/۱±۹
چربی	۲±۱۲	۱۲/۲±۵	۱۲/۲±۳	۱۲/۲±۲	۱۲/۲±۱	۱۲/۲±۲
فیبر	۱/۱±۷	۱/۱±۲	۱/۱±۲	۱/۱±۷	۱/۱±۹	۲/۱±۲
خاکستر	۷/۱±۹	۷/۱±۸	۷/۱±۶	۷/۱±۴	۷/۱±۲	۴/۱±۹
عصاره عاری از ازت	۱/۱±۱	۱/۱±۱	۱/۱±۲	۱/۱±۲	۱/۱±۳	۱/۱±۴

پارامترهای خون‌شناسی

در انتهای دوره آزمایش، از هر تکرار ۶ قطعه ماهی بصورت تصادفی انتخاب و با استفاده از دوز مناسب پور گل میخک بیهوش گردید. با استفاده از سرنگ انسولین از ورید ساقه دمی نسبت به خونگیری اقدام شد و خون گرفته شده برای اندازه‌گیری فاکتورهای بیوشیمیایی و پارامترهای خون‌شناسی از قبیل گلبول‌های سفید و قرمز، هموگلوبین، هماتوکریت،اندیس های گلبولی، گلبول‌های قرمز و شمارش افتراقی لوکوسیت‌ها طبق استاندارد ارائه شده توسط (Feldman and Steptoe, 2003) مورد استفاده قرارگرفتند.

اندازه گیری شاخص‌های بیوشیمیائی خون

اندازه‌گیری شاخص‌های گلوکز، پروتئین تام، آلبومین، ایمونوگلوبین (IgM)، ALT، ALP و AST با استفاده از کیت های آزمایشگاهی (شرکت پارس آزمون، تهران) و بوسیله دستگاه اتوآنالایزر (Eurolser, Belgium) صورت‌گرفت. اندازه‌گیری گلوکز به روش گلوکز اکسیداز، پروتئین تام به روش بروموکرزول، اندازه‌گیری IgM به روش ایمونوتوربیدی متریک و تری‌گلیسیرید به روش آنزیمی لیپاز (Lipase/ GPO-PAP) صورت‌گرفت. سنجش آنزیم‌های آمینوترانسفراز (ALT)، آسپارات آمینوترانسفراز (AST) و آلکالین فسفاتاز (ALP) به روش آنزیمیاتیک کینتیک (Shahsavani *et al*., 2010) و میزان فعالیت لایزوزوم سرم از طریق جذب نوری و با استفاده از دستگاه بیوفتومتر و طبق روش (Ellis, 1990) مورد سنجش قرار گرفت.

بررسی های هیستولوژیکی بافت روده

در این بررسی تعداد ۶ عدد ماهی از هر تانک بصورت تصادفی انتخاب و پس از بیهوشی، روده و کبد هر کدام برداشته و به منظور تثبیت در محلول فرمالین ۱۰٪ به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. برای انجام مراحل تهیه مقاطع بافتی شامل آبگیری، شفاف سازی و آغشتگی با پارافین، نمونه ها به دستگاه هیستوکنیت منتقل‌گردید. پس از طی مراحل فوق، نمونه ها در قالب های پارافینی قرار داده شد و برش هائی با ضخامت ۵-۳ میکرومتر توسط میکروتوم دوار تهیه‌گردید. برش‌ها بر روی لام قرارگرفت تا رنگ آمیزی آنها به روش هماتوکسیلین و ائوزین انجام پذیرد. پس از اتمام مراحل فوق، نمونه ها جهت بررسی بافت شناسی در زیر میکروسکوپ نوری قرارگرفت (Humason, 1961).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.1.5.7]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.1.99]

تجزیه و تحلیل آماری اطلاعات جمع‌آوری شده

اختلافات موجود بین تیمارها از نظر فاکتورهای رشد (وزن نهایی، میزان غذای مصرفی، ضریب تبدیل غذایی، نسبت بازده پروتئین و ضریب رشد ویژه)، ترکیب لاشه، فاکتورهای خون‌شناسی و بیوشیمیایی در قالب یک طرح کاملا تصادفی در شش سطح جایگزینی و هر کدام با ۳ تکرار تکرار و با استفاده از نرم افزار SPSS مورد تجزیه واریانس قرارگرفت. مقایسه میانگین ها نیز بوسیله آزمون چند دامنه دانکن در سطح ۹۵ درصد ($p<۰/۰۵$) انجام شد. همچنین طراحی نمودار ها و جداول با استفاده از نرم افزار Excel 2013 انجام شد.

نتایج

شاخص‌های رشد

شاخص رشد شامل وزن نهایی، طول کل، ضریب چاقی، ضریب رشد ویژه، نرخ تبدیل غذایی، افزایش وزن بدن و درصد افزایش وزن بدن در هر یک از تیمارها در روز ۸۰ مورد بررسی قرارگرفتند. بررسی تمامی فاکتورهای رشد در پایان دوره نشان داد که تیمار چهار بهترین نتایج را نسبت به سایر تیمارهای غذایی دارد ولی بین تیمارها اختلاف معنی دار وجود نداشت ($p\geq0.05$) (جدول ۳).

جدول ۳: شاخص‌های مرتبط با رشد و تغذیه در پاسخ به جایگزینی آرد ماهی با آکوپرو در جیره قزل‌آلای رنگین‌کمان

تیمار	شاهد	۱۰٪	۲۰٪	۳۰٪	٤۰٪	۵۰٪
وزن اولیه(گرم)	۱۸/۱±۴/۲	۱۸/۱±۵/۱	۱۸/۱±۶/۱	۱۸/۱±۴/۱	۱۸/۱±۳/۱	۱۸/۱±۲/۱
میانگین وزن نهایی	۶۲/۳±۴/۷	۷±۶۱/۸	۴±۵۷/۰	۵۵/۷±۰/۰	۶۳/۵±۰/۵	۵۸/۱±۰/۵
طول نهایی(سانتی متر)	۱۸ ۰±/۲۶	۱۸/۴ ۰±/۹۵	۱۷/۰±۹/۳۷	۱۸/۰±۶/۳	۱۷/۰±۶۶/۹	۱۸/۰±۱/۳۷
افزایش وزن بدن	۴۳/۳±۴/۷	۴۲/۷±۸/۸	۳۹/۴±۴/۰	۳۹/۷±۸/۴	۴۵/۴±۰/۵	۴۰/۱±۱/۵
درصد افزایش وزن بدن	۷۱/۱±۰۸/۶۸	۷۰/۳±۱/۷	۶۸/۲±۵/۲	۶۶/۴±۷/۸	۷۱/۲±۳/۰	۶۹/۰±۰/۸
ضریب تبدیل غذایی	۰/۷۱ ± ۰/۰۵	۰/۷۵ ± ۰/۱۳	۰/۸ ± ۰/۰۸	۰/۸۸ ± ۰/۱۹	۰/۷ ± ۰/۰۶	/۷۹ ± ۰/۰۳
نرخ رشد ویژه	۱/۵۵ ± ۰/۰۷	۱/۵۱ ± ۰/۱۵	۱/۴۴ ± ۰/۰۸	۱/۳۸ ± ۰/۱۷	۱/۵۶ ± ۰/۰۸	۱/۴۶ ± ۰/۰۳
شاخص وضعیت	۱/۰±۰۷/۱۱	۰/۹۷ ± ۰/۰۶	۰/۹۹ ± ۰/۰۳	۰/۹۹ ± ۰/۰۷	۰/۹۷ ± ۰/۰۳	۰/۹۷ ± ۰/۰۴

اندازه گیری شاخص‌های خون شناسی

با توجه به داده های موجود در جدول ۴ میزان گلبول سفید در تیمار پنج و شاهد به طور معنی‌داری بالاتر از سایرگروه ها بود ($p<۰/۰۵$). کمترین میزان گلبول‌های سفید در تیمار سوم ولی بدون اختلاف معنی داری با تیمارهای دوم و چهارم به ثبت رسید($p>۰/۰۵$). بیشترین میزان گلبول قرمز در تیمار دوم مشاهده شد ولی اختلاف معنی داری با تیمارهای شاهد و چهارم و پنجم مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). تیمارهای اول و سوم نیز به طور معنی داری کمترین میزان گلبول های قرمز را داشتند. در مورد هموگلوبین نیز تیمار دوم بیشترین میزان هموگلوبین را نشان داد که اختلاف معنی‌داری را با تیمار چهارم نداشت ولی با سایر تیمارها اختلاف معنی داری مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). بالاترین میزان هماتوکریت نیز همانند گلبول قرمز و هموگلوبولین در تیمار دوم مشاهده شد ($p>۰/۰۵$)، که طور معنی داری

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.1.5.7]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.1.99]

بیشتر از سایر گروه ها بود ($p<۰/۰۵$). کمترین میزان هماتوکریت نیز در تیمارهای سوم و اول مشاهده گردید ($p<۰/۰۵$). در مورد شاخص حجم متوسط گلبولی (MCV) بیشترین میزان در گروه شاهد و تیمار اول و کمترین میزان در تیمار سوم مشاهده شد. بین تیمار شاهد و اول، دوم، چهارم و پنجم اختلاف معنی‌داری مشاده نشد ($p>۰/۰۵$). هیچ گونه اختلاف معنی‌داری در ارتباط با وزن متوسط هموگلوبین گلبولی (MCH) بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). با این حال بیشترین میزان این فاکتور در تیمار اول و کمترین آن در تیمار دوم به ثبت رسید.

متوسط نوتروفیل از ۱/۲۲± ۱۹/۶۷ در تیمار شماره دو تا ۱/۲۴± ۲۷/۴۴ در تیمار پنجم متغیر بوده است.

میزان نوتروفیل تیمار پنج با تیمار شاهد اختلاف معنی داری نشان نداده است با این حال با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید ($p<۰/۰۵$). بیشترین میزان لنفوسیت نیز در تیمار شماره دو مشاهده شد که البته با تیمارهای اول و سوم اختلاف معنی‌داری نداشت. میانگین میزان مونوسیت نیز از ۱/۰۹± ۳/۷۸ در تیمار دوم تا ۰/۸۸± ۵/۵۵ در تیمار پنجم متغیر بود. تیمار پنجم اختلاف معنی‌داری را با سایر تیمارها نشان داد ($p<۰/۰۵$)، ولی میان سایر تیمارها هیچ گونه اختلاف معنی داری مشاهده نشد($p>۰/۰۵$). هیچ گونه اختلاف معنی‌داری در ارتباط با میزان ائوزینوفیل در بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.1.5.7]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.1.99]

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.1.5.7]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.1.99]

جدول ۴: شاخص‌های خونی ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان در پاسخ به جایگزینی آرد ماهی با آکوپرو

فاکتورهای هماتولوژی	تیمارهای آزمایشی (میانگین ± انحراف معیار)					
	شاهد	۱۰٪	۲۰٪	۳۰٪	۴۰٪	۵۰٪
تعداد گلبولهای سفید (WBC) (mm^3)	۱۴۸۳±۸۷۷۷^{c}	۱۱۵۶±۷۴۴۴^{b}	۶۹۵±۶۴۱۱^{ab}	۹۸۱±۶۲۴۴^{a}	۱۰۴۴±۶۹۶۶^{ab}	۱۷۹۷±۱۰۲۰۰^{d}
تعداد گلبولهای قرمز (RBC) (mm^3) ($\times 10^6$)	۱/۰±۵۱/۱۴^{ab}	۱/۰±۴۳/۶۴^{a}	۱/۰±۶۲/۱۱^{b}	±۴۴/۱/۰۸^{a}	۱/۰±۵۷/۱۳^{b}	۱/۰±۵۲/۱۲^{ab}
هموگلوبین (Hb)	۸/۰±۹۳/۶۵^{b}	۸/۰±۴۳/۳۱^{a}	۹/۰±۰۴/۴۱^{c}	۸/۰±۴۸/۳۶^{a}	۹/۰±۱۶/۵۵^{bc}	۸/۰±۶۶/۳۶^{ab}
هماتوکریت (HCT)	۵۰/۴±۰۰/۰^{bc}	۴۷/۲±۱۱/۲^{ab}	۵۳/۳±۱۱/۲۶^{d}	۴۶/۲±۵۵/۶۵^{a}	۵۱/۳±۴/۵^{cd}	۴۹/۱±۵/۵^{bc}
حجم متوسط گلبولی MCV (فمتولیتر)	۳۳۰/۶±۱۱/۲۵^{b}	۳۲۹/۵±۸/۱^{b}	۳۲۸/۶±۳/۳^{ab}	۳۲۳/۴±۵/۳^{a}	۳۲۷/۶±۶/۷^{ab}	۳۲۶/۶±۸/۶^{ab}
وزن متوسط هموگلوبین گلبولی MCH (پیکوگرم)	۵۸/۱±۸۱/۹^{a}	۵۹/۱±۰/۲۲^{a}	۵۸/۱±۰/۶۶^{a}	۵۸/۱±۸/۲۷^{a}	۵۸/۱±۲۲/۹۸^{a}	۵۸/۱±۱۱/۰۵^{a}
نسبت هموگلوبین گلبولی MCHC (%)	۱۷/۰±۵۵/۵۳^{a}	±۶۷/۱۷/۵۰^{ab}	۱۸/۰±۱۱/۳۳^{b}	۱۷/۰±۴۴/۵۳^{a}	±۳۳/۱۷/۵۰^{a}	±۶۷/۱۷/۵۰^{ab}
نوتروفیل (٪)	۲۵/۳±۴۴/۲۱^{c}	۲۱/۲±۸۹/۵۷^{ab}	۱۹/۱±۶۷/۲۲^{a}	۱۹/۲±۷۸/۵۹^{a}	۲۲/۳±۳۳/۰۴^{b}	۲۷/۱±۴۴/۲۴^{c}
لنفوسیت (٪)	۶۹/۴±۴۴/۰۳^{a}	۷۳/۳±۴۴/۳۹^{bc}	۷۶/۱±۱۱/۴۵^{c}	۷۵/۳±۴۴/۳۹^{bc}	۷۲/۴±۶۷/۰۹^{b}	۶۶/۱±۶۷/۵۸^{a}
مونوسیت (٪)	۴/۱±۳۳/۲۲^{a}	۴/۰±۲۲/۸۳^{a}	۳/۱±۷۸/۰۹^{a}	۴/۰±۴۴/۸۸^{a}	۳/۰±۸۹/۹۳^{a}	۵/۰±۵۵/۸۸^{b}
ائوزینوفیل (٪)	۱/۰±۷۵/۵^{a}	۱/۰±۳۳/۳۳^{a}	۱/۰±۳۳/۰^{a}	۱/۰±۰/۰۵^{a}	۱/۰±۶۷/۰^{a}	۱/۰±۰/۰۵^{a}

شاخص‌های بیوشیمیایی خون

شاخص‌های بیوشیمیائی در جدول ۵ گزارش شده است. میزان پروتئین سرم خون در تیمار پنجم (۰/۱۸± ۲/۸۸ گرم در دسی‌لیتر) به طور معنی‌داری کمتر از سایر تیمار ها بود($p<۰/۰۵$). سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری با هم نشان ندادند و میزان پروتئین تام از ۳/۱۷ تا ۳/۳۹ گرم در دسی لیتر متغیر بود. در مورد آلبومین هیچ گونه اختلاف معنی‌داری در تیمارهای آزمایشی و گروه شاهد مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$) و میزان آلبومین از ۰/۱۵± ۱/۰۸ گرم در دسی‌لیتر در گروه شاهد تا ۰/۱۸± ۱/۲۲ گرم در دسی‌لیتر در تیمار دوم متغیر بود. میزان چربی کل در تیمار شاهد (۱۴۴/۳۲± ۷۵۴/۲۲ گرم در دسی‌لیتر) به طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود ($p<۰/۰۵$)، و در تیمار پنجم (۱۰۳/۸۳± ۴۸۰/۲۲ گرم در دسی‌لیتر) کمتر از سایر تیمارها بود که البته اختلاف معنی با تیمار سوم و چهارم مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$).

در مورد گلوکز دامنه تغییرات زیادی مشاهده شد به طوری که کمترین میزان گلوکز در تیمار (۲۲/۹۴± ۸۵/۲۲ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) مشاهده شد و بیشترین آن در تیمار شاهد (۵۵/۶۱± ۲۱۵/۱۱ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) بود که طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود ($p<۰/۰۵$). تیمارهای دوم تا پنجم هیچ گونه اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند ($p>۰/۰۵$). میزان اوره در تیمار اول (۰/۹۳± ۳/۱۲ میلی‌گرم در دسی‌لیتر) کمتر از سایر تیمارها بود ولی به جز با تیمار دوم اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). تیمار دوم نیز به طور معنی‌داری دارای بیشترین میزان اوره (۰/۸۶± ۵/۳۱ میلی‌گرم در دسی لیتر) بود ($p<۰/۰۵$). میزان کراتنین نیز در تیمار اول به طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمار ها بود ($p<۰/۰۵$). میزان آنزیم آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) از ۳۲/۷۶± ۴۲۶/۸۹ U/L در تیمار اول تا ۸۷/۸۸± ۵۴۱/۶۷ در تیمار پنجم متغیر بود. میزان AST در گروه شاهد نیز ۷۶/۳± ۴۴۲/۳ U/L بود. میزان AST در تیمار پنجم به طور معنی داری بیشتر از سایر تیمارها به جز تیمار چهارم (۶۲/۳۳± ۴۹۵/۲۲ U/L) بود. دامنه تغییرات آنزیم آلانین آمینوترانسفراز (ALT) نیز از ۳/۷± ۷/۰ در تیمار شاهد تا ۵/۲± ۲۳/۷ U/L متغیر بود. میزان ALT در تیمار پنجم به طور معنی داری بیشتر از سایر تیمارها بود ($p<۰/۰۵$). میزان آلکالین فسفاتاز (ALP) از ۶۵/۵± ۲۸۹/۱U/L در تیمار پنجم تا ۱۵۷/۴± ۵۳۹/۴ U/L در تیمار شاهد متغیر بود.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.1.5.7]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.1.99]

جدول ۵ : شاخص‌های بیوشیمیایی خون ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان در پاسخ به جایگزینی آرد ماهی با آکوپرو

شاخص های بیوشیمیائی	شاهد	۱۰٪	۲۰٪	۳۰٪	٤۰٪	۵۰٪
پروتئین کل (g/dl)	۳/۰±۳۳/۳۲^{a}	۳/۰±۲۲/۲۷^{a}	۳/۰±۳۹/۳۲^{a}	۳/۰±۱۷/۳۲^{a}	۳/۰±۲۰/۲۲^{a}	۲/۰±۸۸/۱۸^{b}
آلبومین (g/dl)	۱/۰±۰۸/۱۵^{a}	۱/۰±۱۴/۰۹^{a}	۱/۰±۲۲/۱۸^{a}	۱/۰±۱۰/۲۹^{a}	۱/۰±۲۲/۲۶^{a}	۱/۰±۱۱/۱۱^{a}
چربی کل (g/dl)	۷۵۴/۱۴۴±۲/۳^{c}	۶۲۷/۵۵±۸/۳^{b}	۶۲۱/۱۲۸±۶/۶^{b}	۵۶۷/۷۷±۱/۰^{ab}	۵۴۷/۳۴±۷/۵^{ab}	۴۸۰/۱۰۳±۲/۸^{a}
گلوکز (mg/dl)	۲۱۵/۵۵±۱/۶^{c}	۱۱۵/۱۷±۷/۴^{b}	۸۹/۲۲±۲/۹^{a}	۱۰۴/۸±۰/۲^{ab}	۱۰۰/۳۰±۳/۹^{ab}	۸۵/۷±۲/۱^{ab}
اوره (mg/dl)	۴/۰±۱۹/۸۸^{a}	۳/۰±۱۲/۹۳^{a}	۳/۰±۳۱/۸۶^{a}	۳/۱±۲۲/۴^{a}	۳/۰±۱۴/۸۳^{a}	۳/۱±۵۳/۲۴^{a}
کراتنین (mg/dl)	±۳۱/۰/۰۴^{ab}	۰/۰±۴۲/۱^{c}	۰/۰±۳۵/۰۵^{b}	۰/۰±۲۵/۰۷^{a}	۰/۰±۲۶/۰۴^{a}	۰/۰±۲۵/۰۱^{a}
AST (U/L)	۴۴۲/۷۶±۳/۳^{a}	۴۲۶/۳۲±۸/۷^{a}	۴۶۱/۴۳±۸/۰^{a}	۴۳۹/۱۰۱±۷/۸^{a}	۴۹۵/۶۲±۲/۳^{ab}	۵۴۱/۸۷±۶/۱^{b}
ALT (U/L)	۷/۳±۰/۷^{a}	۸/۲±۶/۶^{a}	۱۰/۲±۲/۶^{a}	۹/۲±۰/۶^{a}	۱۵/۵±۵/۸^{b}	۲۳/۵±۷/۲^{b}
ALP(U/L)	۵۳۹/۱۵۷±۴/۴^{d}	۴۱۰/۱۱۶±۸/۰^{bc}	۴۴۵/۹۹±۶/۷^{cd}	۳۳۵/۷۲±۴/۹^{ab}	۴۰۱/۷۰±۳/۲^{bc}	۲۸۹/۶۵±۱/۵^{a}

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.1.5.7]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.1.99]

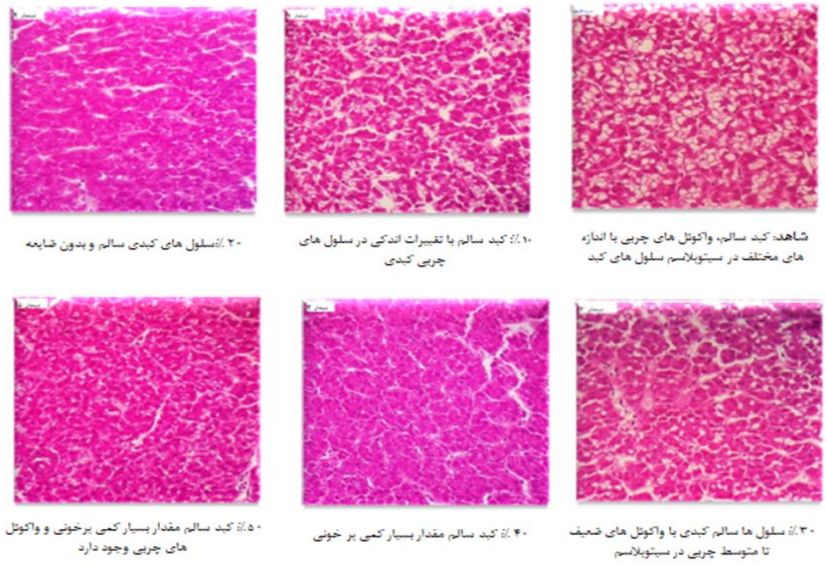
[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.1.5.7]

[DOI: 10.52547/aqudev.16.1.99]

بافت شناسی کبد

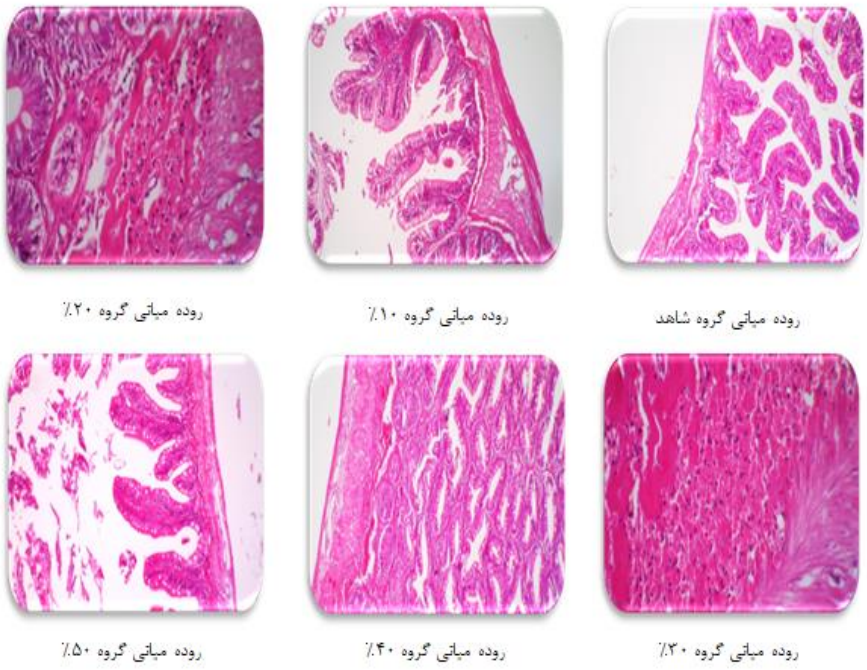
تصاویر زیر حاصل بافت شناسی کبد بوده و نشان داد حذف آرد ماهی و جایگزینی آن با آکوپرو هیچ‌گونه ضایعه یا اثر نامطلوبی بر سلول‌های کبدی نداشته است (شکل ۱).



شکل ۱: اثر جایگزینی آرد ماهی با آکوپرو بر بافت کبد قزل آلای رنگین کمان (بزرگنمایی 40x)

بافت شناسی روده

نتایج مطالعات آسیب شناسی بافت روده نشان داد که جایگزینی آرد ماهی با آکوپرو در همه گروه ها تاثیر منفی بر بافت قسمت میانی روده ماهیان نداشته و هیچ گونه ضایعه و آسیبی مشاهده نگردید (شکل ۲).



شکل ۲: اثر جایگزینی آرد ماهی با آکوپرو بر بافت روده قزل‌آلای رنگین کمان (بزرگنمایی 40x)

بحث

این مطالعه نشـان داد که آکوپرو می‌تواند بصـورت کامل و بدون اثر منفی بر رشـد و پارامترهای تغذیه ای، جـایگزین آرد مـاهی در جیره قزل‌آلای رنگین‌کمـان گردد. اگر چه گزارشـات زیادی در زمینه اثرات منفی کنجاله سویا بر رشد بسیاری از گونه‌ها ارائه شده است اما، رشـد چشـمگیر در زمینه فن‌آوری تولید خوراک و فرآوری سویا، سبب افزایش کیفیت و هضم‌پذیری آن شـده اسـت. بطوری‌که در حال حاضـر هضـم پذیری پروتئین سـویـا ۹۰٪ می‌باشـد (Fagbenro, 2004). مشکلات مرتبط با سویا شامل مواد ضد مغذی، پروفایل نامتعادل اسـید آمینه و ایجاد مزه نامطلوب و اتصـال پروتئین به مواد معدنی و در نهایت عدم دسترسی ماهی به این ترکیبات می‌باشد (Oliva-Teles *et al*., 1998). کاهش رشد و کاهش کارائی غذائی به دلیل جایگزینی آرد ماهی با سویا در قزل‌آلای رنگین‌کمان و دیگر گونه های ماهی به دلیل کاهش فعالیت پروتئاز گزارش شـده اسـت (Santigosa *et al*., 2010). مـتـیـونـیـن محدودکننده‌ترین اسـید آمینه در سـویا و ترکیبات آن می‌باشـد. کاهش میزان این آمینواسـید سـبب ایجاد اثر منفی بر سنتز پروتئین می‌گردد و در نهایت سبب کاهش رشـد و کاهش کارائی خوراک خواهد شـد (Silva-Carrillo *et al*., 2012). از سوی دیگر طعم خوراک و خوشـمزگی آن نیز بـایـد مـدنظر قرار گیرد، زیرا این پارامتر نقش مهمی در غذاگیری داشته و می‌تواند رشد را متاثر سازد (Cheng *et al*., 2010). سویا و ترکیبات آن بـه شـرطی در جیره غـذائی قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌توانند مفید باشـند که بخوبی فرآوری شـده و با آمینواسـیدهای ضـروری و ویتامین‌ها تقویت گردند (Stickney *et al*., 1996) و این دلیل اصلی عدم ایجاد اثرات منفی بر رشـد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان توسـط آکوپرو می‌باشد.

امروزه توجه زیادی به خصوصیات بیوشیمیائی خون ماهیان به عنوان شـاخص وضـعیت درونی بدن آنها می‌گردد (Edsall, 1999). در بررسـی فـاکتورهـای بیوشـیمیائی خون ماهیان، بررسـی پلاسـمای خون بر بررسـی سـرم خون ارجحیت دارد. به خوبی مشـخص اسـت که هموگلوبین، هماتوکریت و سلول‌های قرمز به ایمنی غیر اختصـاصـی و عملکرد آن مرتبط هسـتند بطوریکه تعداد سلول‌های قرمز به عنوان شاخص سلامت ماهی می‌باشـند (Zhou *et al*., 2004). دامنه طبیعی برخی شـاخص‌هـای خونی برای مـاهی قزل‌آلای رنگین‌کمان توسـط (Wedemeyer and Chatterton, 1970) گزارش شـده اسـت. بر این اسـاس دامنه طبیعی اوره (۴/۵-۰/۹ میلی‌گرم در دسی‌لیتر)، چربی و کلسترول (۱۶۱-۳۶۵ گرم در دسـی‌لیتر)، گلوکز (۱۵۱-۴۱ گرم در دسی‌لیتر) و پروتئین کل (۶- ۲ گرم در دسی‌لیتر) می باشـد. بر اسـاس این گزارش، پروتئین کل، اوره و کلسـترول در همه گروه ها در دامنه طبیعی قرار دارند. گلوکز فقط در گروه شـاهد بالاتر از حد نرمال اسـت. تعیین دامنه این شـاخص ها جهت تعیین وضـعیت ماهی بسـیار مهم اسـت. به عنوان مثال کورتیزول بالا نشـان از اسـترس ماهی و پروتئین کل و اوره خارج از حد نرمال نشـان از عدم تعادل جیره و نامرغوب بودن منبع پروتئین مصـرفی دارد. با توجه به اینکه پروتئین و اوره در این آزمایش در دامنه مطلوب و نرمال قرار دارند، می‌توان نتیجه گرفت آکوپرو چه از نظر تعادل پروتئین و اسـید آمینه و چه از نظر نوع و منبع پروتئین، توانسـته اسـت عملکرد خوبی در بدن ماهیان مورد آزمایش داشـته باشـد. در این آزمایش گلوکز در گروه شـاهد بالاتر از

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.1.5.7]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.1.99]

حد نرمال قرار دارد درحالیکه در تیمارهای مختلف کاهش داشته و در سطح نرمال قرار گرفته است. کاهش میزان گلوکز پلاسما نشان دهنده تاثیر ترکیبات سویا بر متابولیسم انرژی در بدن ماهیان است (Kaushik *et al*., 1995). در ادامه باید گفت عوامل مختلفی بر روی شاخص های فوق تاثیر گذارند که شامل رشد و اندازه ماهی، جنسیت، بلوغ، تخم ریزی و دوره های نوری، تغذیه و جیره ماهی (Hille, 1982) و نمی‌توان ارتباط روشنی بین پارامترها و ترکیب بیوشیمیائی خون با جایگزینی آرد ماهی با سایر منابع گیاهی در جیره ماهیان پرورشی بدست آورد (Imanpoor *et al*., 2010).

آنزیم های آمینوترانسفراز (ALT)، آسپارات آمینو ترانسفراز (AST) و و آلکالین فسفاتاز (ALP) آنزیم‌هائی هستند که علاوه بر خون، در بافت قلب، آبشش، کلیه، عضله و کبد وجود دارند و این آنزیم ها به عنوان شاخصی مناسب برای تعیین میزان کاهش یا نقص در کارائی یک ارگان به دلیل آسیب های احتمالی می‌باشد (Çelik, 2004). کبد عضو حیاتی بدن همه جانداران است. در کبد آنزیم ALT، AST و ALP در پاسخ به ایجاد بیماری و یا آسیب هپاتوسیت ها تولید شده و در جریان خون رها می‌شوند. در صورتیکه میزان این آنزیم‌ها در خون پنج برابر بالاتر از حد نرمال باشند، می‌توان با قطعیت نسبت به آسیب دیدگی کبد و سلول های آن اذعان کرد (Dorcas and Solomon, 2014) و این موضوع در کلیه جانداران و همچنین ماهی وجود دارد. با توجه به اینکه ترکیبات سویا می‌توانند آسیب های کبدی ایجاد کنند، لذا علاوه بر بررسی آسیب شناسی کبد، در این آزمایش، آنزیم‌های کبدی و میزان سطح آن در خون ماهیان تحت آزمایش بررسی گردید. در مطالعه‌ای که توسط (Sandnes *et al*., 1988) انجام شد، دامنه طبیعی آنزیم آمینوترانسفراز ۸-۴ میکروگرم، دامنه نرمال آنزیم آسپارات آمینوترانسفراز ۳۵۱-۲۰۲ میکروگرم و دامنه طبیعی آلکالین فسفاتاز ۹۸۸-۶۴۷ میکروگرم در لیتر برای ماهی آزاد اقیانوس اطلس معرفی و اعلام کرد این اعداد می‌توانند برای تعیین سلامت ماهی در نظر گرفته‌شوند. نتایج حاصل از این آزمایش در دامنه معرفی شده توسط این محقق قراردارند و می‌توان بر سلامت ماهیان بعد از استفاده از آکوپرو به عنوان یک منبع پروتئین گیاهی صحه گذاشت. این آنزیم‌ها در کپور معمولی و ماهی حوض طلائی (Brenden and Hulzlngat, 1986) ، ماهی قزل آلا (Hille, 1982)، گربه ماهی (Tavares-Dias and Moraes, 2007) و تاس ماهی (Shahsavani *et al*., 2010) بررسی شده و همواره بین نتایج اختلافاتی مشاهده شده است. این اختلافات می‌تواند به دلیل روش نمونه‌برداری، روش آنالیز، سن و جنس ماهی باشد. همچنین استرس ناشی از صید و دستکاری ماهی و اثر آن بر پارامترهای خونی و آنزیمی را نباید از نظر دور داشت.

به دلیل افزایش استفاده از پروتئین‌های گیاهی به جای آرد ماهی در صنعت رو به گسترش آبزی پروری، این ترکیبات به دلیل دارا بودن مواد ضدمغذی، فیبر و کربوهیدرات بالا و پروفایل اسید آمینه متفاوت، می‌توانند اثرات منفی بر دستگاه گوارش داشته باشند. کبد و روده مهمترین ارگان‌های داخلی در زمینه هضم و جذب مواد مغذی می‌باشند. کنترل تغییرات بافتی ناشی از اثر مواد غذائی گیاهی در این دو ارگان، یکی از روش‌های مهم در زمینه تعیین میزان اثر منفی این مواد بر سلامت دستگاه گوارش ماهی می‌باشد (Rašković *et al*., 2011). استفاده از آکوپرو بر اساس داده‌های

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.1.5.7]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.1.99]

حاصل، هیچ‌گونه اثر منفی بر روده و کبد ماهیان آزمایشی نداشت. این نتیجه به دلیل استفاده از تکنولوژی پیشرفته اکستروژن در فرآوری این محصول، استفاده از آمینواسیدهای سنتتیک با هدف بهبود پروفایل آمینواسید آن، استفاده از انواع آنزیم‌ها در این محصول و حذف کامل مواد ضدمغذی به دست آمده است. تغییرات بافت شناسی در روده بر اساس نوع گونه و خوراک مورد آزمایش می‌تواند متفاوت باشند (Rašković *et al.*, 2011).

از بافت شناسی کبد در بسیاری از مطالعات برای بررسی وضعیت غذای آبزیان استفاده شده است. تغییرات هیستولوژیک ناشی از تغذیه نامناسب به سادگی در کبد قابل تشخیص‌اند (Tacon, 1992). این تغییرات شامل دژنرسانس چربی در کبد، تشکیل واکوئل در سلول های کبدی، تغییر در فعالیت های متابولیک و پارانشیسم و نکروز سلول های کبدی می باشد. ترکیبات سویا و منابع گیاهی قادر به ایجاد تغییرات فوق در دراز مدت هستند بخصوص اگر این ترکیبات به عنوان منبع پروتئین و یا کربوهیدرات در جیره ماهی استفاده شوند (Poleksić *et al.*, 2007). هیچ یک از علائم فوق در بافت شناسی کبد ماهیان تحت آزمایش مشاهده نگردید. با توجه به حساسیت عضوی مانند کبد، چنین به نظر می‌رسد آکوپرو قادر است بدون اثر منفی بر این ارگان حیاتی بدن، نیازهای غذائی ماهی را نیز تامین نماید. این امر میتواند به دلیل متعادل بودن جیره آزمایشی و فرآوری خوب آکوپرو و همچنین غنی سازی آن و استفاده از برخی آنزیم‌ها باشد.

آماس روده از مشکلاتی است که ماهی قزل‌آلا ی رنگین کمان بعد از مصرف ترکیبات سویا به آن مبتلا می‌شود (Refstie *et al.*, 2000). از علائم بارز این بیماری کاهش طول پرزهای روده است که در مطالعه اخیر مشاهده نگردید. مطالعات نشان داده است علائم آماس روده با توجه به میزان و درصد جایگزینی آرد ماهی با سویا و همچنین منبع سویای مورد استفاده از نظر جغرافیائی از ۳ روز تا یک هفته آشکار می‌گردد (Urán *et al.*, 2009). در آزادماهیان استفاده از ۴۰٪ سویا در جیره سبب کاهش همگنی ساختار روده بعد از هفت روز غذادهی گردید (Baeverfjord and Krogdahl, 1996). در مطالعه Rumsey (۱۹۹۵) استفاده از میزان بالاتر از ۵۰٪ سویا در فرمول جیره سبب حذف همگنی لایه‌های موکوسی و افزایش تعداد و تنوع واکوئل‌ها گردید. اثر ترکیبات سویا بر ساختار و بافت روده به دلیل وجود *Raffinose*، *Stachyosr*، *Saponins* و *Lectins* می‌باشد (Wang et al., 2017). این ترکیبات در آکوپرو و با استفاده از فنآوری بروز اکتسروژن کاملا حذف شده و در آزمایش کیفی محصول به اثبات رسیده است.

سپاسگزاری

این تحقیق با حمایت مالی شرکت سنادام پارس و با استفاده از امکانات مرکز تحقیقات ژنتیک و اصلاح نژاد ماهیان سردآبی شهید مطهری یاسوج انجام گرفت. این پروژه با کد ۹۵۰۹۶۹-۰۵۹-۱۲-۸۸-۲۴ در سامانه طرح های پژوهشی سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی ثبت گردید. نویسندگان مقاله، مراتب تشکر و قدردانی خود از حمایتهای فوق را اعلام می‌دارند.

منابع

1. Acar, Ü., Türker, A., Bulut, M., Yıldırım, Ö., Yılmaz, S.. Sabri Kesbiç, O., 2013. The effect of dietary soybean meal on growth, nutrient utilization, body composition and some serum biochemistry variables of two

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.1.5.7]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.1.99]

banded seabream, Diplodus vulgaris (Geoffroy Saint-Hilaire, 1817). Iranian Journal of Fisheries Sciences, 12, 749-758 .

2. Baeverfjord, G.. Krogdahl, Å., 1996. Development and regression of soybean meal induced enteritis in Atlantic salmon, Salmo salar L., distal intestine: a comparison with the intestines of fasted fish. Journal of Fish Diseases, 19, 375-387 .
3. Brenden, R. A.. Hulzlngat, H., 1986. Pathophysiology of experimental Aeromonas hydrophila infection in gold fish, *Carassius auratus L.* Paper presented at the Journal of Fish Disease.
4. Çelik, E., 2004. Blood chemistry (electrolytes, lipoproteins and enzymes) values of black scorpion fish (Scorpaena porcus Linneaus 1758) in the Dardanelles. Journal of Biology, 4, 716-719 .
5. Cheng, Z., Ai, Q., Mai, K., Xu, W., Ma, H., Li, Y.. Zhang, J., 2010. Effects of dietary canola meal on growth performance, digestion and metabolism of Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. Aquaculture, 305, 102-108 .
6. Dorcas, I.. Solomon, R. 2014. Calculation of liver function test in *Clarias gariepinus* collected from three commercial fish ponds. Nat Sci, 12, 107-123 .
7. Edsall, C. C., 1999. A blood chemistry profile for lake trout. Journal of Aquatic Animal Health, 11, 81-86 .
8. Ellis, A. E., 1990. Lysozyme assays. Techniques in fish immunology, 1, 101-103 .
9. Fagbenro, O. A., 2004. Soybean meal replacement by roquette (Eruca sativa Miller) seed meal as protein feedstuff in diets for African Catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822), fingerlings. Aquaculture Research, 35, 917-923 .
10. Feldman, P. J.. Steptoe, A., 2003. Psychosocial and socioeconomic factors associated with glycated hemoglobin in nondiabetic middle-aged men and women. Health Psychology, 22, 398-412 .
11. Gatlin III, D. M., Barrows, F. T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T. G., Hardy, R. W., . . . Nelson, R., 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. Aquaculture Research, 38, 551-579 .
12. Gaylord, T. G., Barrows, F. T., Teague, A. M., Johansen, K. A., Overturf, K. E.. Shepherd, B., 2007. Supplementation of taurine and methionine to all-plant protein diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 269, 514-524 .
13. Hardy, R. W., 2010. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. Aquaculture Research, 41, 770-776 .
14. Hille, S., 1982. A literature review of the blood chemistry of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Rich. Journal of Fish Biology, 20, 535-569 .
15. Humason, G. L., 1961. Animal tissue techniques. Pages 3-60
16. Imanpoor, M. R., Bagheri, T.. Azimi, A., 2010. Serum biochemical change induced by soybean meal in diet on Persian sturgeon, Acipenser persicus. Global Veterinaria, 5, 61-64 .
17. Jobling, M., 2012. National Research Council (NRC): Nutrient requirements of fish and shrimp (pp. 65-88). USA: Springer Science & Business Media.
18. Kaushik, S., Cravedi, J., Lalles, J., Sumpter, J., Fauconneau, B ..Laroche, M., 1995. Partial or total replacement of fish meal by soybean protein on growth, protein utilization, potential estrogenic or antigenic effects, cholesterolemia and flesh quality in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture, 133, 257-274 .
19. Miao, S., Zhao, C., Zhu, J., Hu, J., Dong, X.. Sun, L., 2018. Dietary soybean meal affects intestinal homoeostasis by altering the microbiota, morphology and inflammatory

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.1.5.7]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.1.99]

growth: a meta-analysis. British Journal of Nutrition, 102: 1709-1722 .

27. Sandnes, K., Lie, Ø.. Waagbø, R., 1988. Normal ranges of some blood chemistry parameters in adult farmed Atlantic salmon, *Salmo salar*. Journal of Fish Biology, 32, 129-136.
28. Santigosa, E., Saénz de Rodrigáñez, M. Á., Rodiles, A., Barroso, F. G.. Alarcón, F. J., 2010. Effect of diets containing a purified soybean trypsin inhibitor on growth performance, digestive proteases and intestinal histology in juvenile sea bream (*Sparus aurata* L.). Aquaculture Research, 41, e187-e198 .
29. Shahsavani, D., Mohri, M.. Kanani, H. G., 2010. Determination of normal values of some blood serum enzymes in Acipenser stellatus Pallas. Fish physiology and biochemistry, 36, 39-43 .
30. Silva–Carrillo, Y., Hernández, C., Hardy, R. W., González-Rodríguez, B.. Castillo-Vargasmachuca, S., 2012. The effect of substituting fish meal with soybean meal on growth, feed efficiency, body composition and blood chemistry in juvenile spotted rose snapper *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869). Aquaculture, 364, 180-185 .
31. Solomon, S. G., Okomoda, V. T.. Oguche, O., 2018. Nutritional value of raw Canavalia ensiformis and its utilization as partial replacement for soybean meal in the diet of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) fingerlings. Food science & nutrition, 6, 207-213 .
32. Stickney, R. R., Hardy, R. W., Koch, K., Harrold, R., Seawright, D.. Massee, K. C., 1996. The effects of substituting selected oilseed protein concentrates for fish meal in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* diets. Journal of the World Aquaculture Society, 27, 57-63 .
33. Tacon, A. G., 1992. Nutritional fish pathology: morphological signs of nutrient deficiency and toxicity in farmed fish: Food & Agriculture Org.

cytokine gene expression in northern snakehead. Scientific reports, 8, 113 .

20. Oliva–Teles, A., Pereira, J. P., Gouveia, A.. Gomes, E., 1998. Utilisation of diets supplemented with microbial phytase by seabass (Dicentrarchus labrax) juveniles. Aquatic Living Resources, 11, 255-259 .
21. Poleksić, V., Rašković, B., Marković, Z., Dulić, Z., Stanković, M., Živić, I.. Lakić, N., 2007. Effects of different dietary protein sources on intestine and liver morphology of carp yearlings. Paper presented at the Proceedings of the 3rd Serbian Congress for Microscopy. Belgrade, Serbia, Serbian Microscopy Society.
22. Rašković, B. S., Stanković, M. B., Marković, Z. Z.. Poleksić, V. D., 2011. Histological methods in the assessment of different feed effects on liver and intestine of fish. Journal of Agricultural Sciences, 56, 87-100 .
23. Refstie, S., Korsøen, Ø J., Storebakken, T., Baeverfjord, G., Lein, I.. 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 .
24. Rumsey, GL., 1995. Soy protein in diets of rainbow trout: Effects on growth, protein absorption, gastrointestinal histology, and non-specific serologic and immune response. Nutrition and utilization technology in aquaculture, 166-188 .
25. Rumsey, 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. Veterinary immunology and immunopathology, 41, 323-339 .
26. Sales, J., 2009. The effect of fish meal replacement by soyabean products on fish

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.1.5.7]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.1.99]

34. Tavares-Dias, M., Moraes, F., 2007. Haematological and biochemical reference intervals for farmed channel catfish. Journal of Fish Biology, 71, 383-388 .

35. Urán, P., Schrama, J., Jaafari, S., Baardsen, G., Rombout, J., Koppe, W.. Verreth, J., 2009. Variation in commercial sources of soybean meal influences the severity of enteritis in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Aquaculture nutrition, 15, 492-499 .

36. Wang, Y.-r., Wang, L., Zhang, C.-x.. Song, K., 2017. Effects of substituting fishmeal with soybean meal on growth performance and intestinal morphology in orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides*). Aquaculture Reports, 5, 52-57 .

37. Wedemeyer, G.. Chatterton, K., 1970. Some blood chemistry values for the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Journal of the Fisheries Board of Canada, 27, 162–1164 .

38. Zhou, Q.C., Tan, B.P., Mai, K. S., Liu, Y.J., 2004. Apparent digestibility of selected feed ingredients for juvenile cobia *Rachycentron canadum*. Aquaculture, 241, 441-451.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1401.16.1.5.7]
[DOI: 10.52547/aqudev.16.1.99]