مجله علوم و فنون شیلات
دوره ۱۲ شماره ۴، پاییز ۱۴۰۲، صفحات ۳۷۱ تا ۳۸۵

اثرات برنامه‌ریزی تغذیه‌ای لارو تاسماهی استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) با استفاده از جیره مبتنی بر پروتئین گیاهی بر عملکرد رشد و شاخص‌های خون‌شناسی

فائزه مرتضائی[۱]، بهرام فلاحتکار*[۱]، میرمسعود سجادی[۱]، رقیه صفری[۲]

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، گیلان، ایران

۲- گروه شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی، گرگان، ایران

چکـــیده

این مطالعه، با هدف بررسی عملکرد راهبرد برنامه‌ریزی تغذیه‌ای بر شاخص‌های رشد و خون‌شناسی تاسماهی استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) با استفاده از جایگزینی نسبی پودر ماهی (FM) با کنجاله سویا (S) در دوران لاروی انجام شد. ماهیان با میانگین وزن اولیه ۰/۰۱ ± ۰/۳۲ گرم به‌طور تصادفی در ۱۲ حوضچه بتونی گرد (۲۶۰ عدد به ازای هر حوضچه) توزیع و با چهار جیره آزمایشی شامل صفر (شاهد/FM)، ۱۵٪ (S15)، ۳۰٪ (S30) و ۴۵٪ (S45) کنجاله سویا به جای پودر ماهی، در سه مرحله زمانی (در سه تکرار) تغذیه شدند. در مرحله اول (مرحله برنامه‌ریزی)، ماهیان به‌مدت ۲۸ روز با چهار جیره آزمایشی مختلف تغذیه شدند. سپس، تمامی گروه‌های آزمایشی، در مرحله میانی با جیره FM و در مرحله نهایی (مواجهه) با جیره S45 به‌مدت ۲۸ روز غذادهی شدند. در پایان هر مرحله، شاخص‌های رشد اندازه‌گیری شدند. در پایان مرحله مواجهه نیز شاخص‌های خون‌شناسی شامل هموگلوبین، هماتوکریت، حجم متوسط هر گلبول قرمز، میانگین هموگلوبین در سلول و میانگین غلظت هموگلوبین در سلول ارزیابی شدند. عملکرد رشد در مراحل برنامه‌ریزی و میانی اختلاف معنی‌داری میان تیمارها نشان نداد ($P > ۰/۰۵$)، اما در مرحله نهایی، وزن نهایی، وزن کسب شده، نرخ رشد ویژه و میانگین رشد روزانه در S45 به‌طور معنی‌داری بالاتر از FM بود ($P < ۰/۰۵$). در مرحله میانی، ضریب تبدیل غذایی در FM به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از سایر تیمارها بود ($P < ۰/۰۵$). همچنین، بین هیچکدام از شاخص‌های خون‌شناسی در گروه‌های مختلف اختلاف معنی داری مشاهده نشد ($P > ۰/۰۵$). با توجه به نتایج به‌دست آمده، راهبرد برنامه‌ریزی تغذیه‌ای در مراحل ابتدایی رشد می‌تواند در افزایش سازگاری تاسماهی استرلیاد طی مراحل بعدی چرخه زندگی به جیره مبتنی بر پروتئین گیاهی موثر باشد.

کـــلید واژه‌ها: راهبرد غذایی، برنامه‌ریزی تغذیه‌ای، پروتئین گیاهی، جایگزینی پودر ماهی، تاسماهی استرلیاد

نوع مقـاله

مقاله پژوهشی اصیل

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۰۲

تاریخ چاپ الکترونیکی: ۱۴۰۲/۰۹/۱۵

***نویسنده مسئول:**
falahatkar@guilan.ac.ir

مقدمه

به‌طور کلی، عناصر مغذی متعددی در افزایش روند رشد و تکامل ماهیان شرکت دارند که پروتئین بدون شک مهم‌ترین عامل اثرگذار در جیره بوده و ضمن تامین آمینواسیدهای ضروری و غیر ضروری، بخش اساسی اجزای فعال متابولیک را در بدن تشکیل می‌دهد [۱]. از جمله منابع اصلی تامین پروتئین در جیره آبزیان، پودر ماهی است. با این حال، عرضه و تامین پودر ماهی مورد استفاده در جیره غذایی گونه‌های مختلف ماهیان و آبزیان پرورشی به‌ویژه گونه‌های گوشتخوار، یکی از چالش‌های اساسی در حفظ پایداری و کیفیت محصولات آبزی‌پروری در سطح جهانی تلقی می‌شود [۲]. دلیل این امر، افزایش بهای پودر ماهی و بروز نگرانی‌های زیست‌محیطی در نتیجه افزایش نیتروژن آمونیاکی و کاهش ذخایر آبزیان است [۳-۴]. بنابراین، جهت دست‌یابی به اصول آبزی‌پروری پایدار، باید ایده‌های نوینی را در رابطه با جایگزینی پودر ماهی با سایر منابع پروتئینی قابل دسترس در دستور کار قرار داد. در رابطه با این مسئله، انتظار می‌رود که منابع پروتئین و چربی گیاهی، خلاءهای موجود در جیره آبزیان پرورشی را مرتفع سازند [۵-۷].

جایگزینی پودر ماهی با پروتئین‌های گیاهی به‌شکل گسترده‌ای در گونه‌های مختلف مورد مطالعه قرار گرفته است که در این بین، بذر و کنجاله سویا از نظر دسترسی بالا، هزینه پایین، پروفیل آمینواسید نسبتا متعادل و مقادیر بالای پروتئین و چربی مشابهت زیادی با پودر ماهی داشته و از

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-11-24]

این‌رو، جایگزین مناسبی تلقی می‌شوند [۸-۹]. با این حال، به‌دلیل وجود ترکیبات ضدمغذی و در پی آن بروز اثرات منفی بر وضعیت رشد، تغذیه و سلامت ماهیان، استفاده از سطوح بالای اقلام گیاهی به‌جای پودر ماهی با محدودیت روبه‌رو است و به‌کارگیری روش‌هایی از قبیل تیمار دمایی، آنزیمی و یا تخمیر میکروبی در جهت کاهش این ترکیبات، صرفا بر هزینه‌های تولید در بخش تغذیه می‌افزاید [۵، ۱۰]. بنابراین، همواره باید در جستجوی راهکارهایی بود که در کنار کاهش هزینه‌ها بتوان مقادیر بالاتری از اقلام گیاهی نظیر کنجاله سویا را بدون بروز اثرات منفی متعاقب، در جیره ماهیان استفاده کرد.

در این رابطه، اخیرا رویکرد نوینی تحت‌عنوان «برنامه‌ریزی تغذیه‌ای» توجه محققان زیادی را به خود جلب کرده است. برنامه‌ریزی تغذیه‌ای در ماهیان عبارت است از مجموعه تغییرات محیطی (تغذیه‌ای یا غیر تغذیه‌ای) که در طول دوره‌های حساس رشد و نمو شامل دوره جنینی، لاروی (مرحله گذار) و تولیدمثل رخ می‌دهند و در پی آنها ساختار و عملکردهای موجود زنده طی درازمدت برنامه‌ریزی و تعدیل خواهند شد [۱۰-۱۱]. گفته می‌شود که در این روش، تغییر در سلول، بافت، محتوای مولکولی و مسیرهای متابولیک، سبب ایجاد سازگاری ماهیان با شرایط نامطلوب در درازمدت می‌شود [۱۲-۱۳].

بر اساس مطالعات انجام شده، مرحله گذار از تغذیه داخلی به منابع خارجی غذایی در دوران لاروی ماهیان از اهمیت بالایی برخوردار است زیرا بیشترین میزان تلفات در این دوره گزارش شده و تغییرات تغذیه‌ای اعمال شده در این مرحله، طی درازمدت اثرات بالقوه‌ای بر عملکرد متابولیک ماهیان می‌گذارند [۱۴-۱۵]. آزمایشات مختلفی با هدف برنامه‌ریزی تغذیه‌ای در مراحل لاروی (تغذیه آغازین) یا پیش از گامتوژنز (تغذیه مولدین) ماهیان با عواملی از قبیل جیره‌های هایپرگلوسیدیک [۱۶]، فاقد اسیدهای چرب غیراشباع بلند زنجیره (HUFA) [۱۷-۱۸] و جیره‌های غذایی حاوی سطوح بالای اقلام گیاهی [۱۵،۲۰-۱۹] جهت ایجاد سازگاری در مراحل بعدی چرخه زندگی انجام شده است. شایان ذکر است که اکثر یافته‌های حاصل، بیانگر ایجاد سازگاری موفقیت‌آمیز نسبت به تغییر شرایط تغذیه‌ای هستند، به‌ویژه زمانی که این تغییرات در مرحله لاروی اعمال شوند [۱۹، ۲۱-۲۲].

تاسماهیان گونه‌های ارزشمندی از ماهیان هستند که در مراحل لاروی و جوانی، نیازمندی بالایی به منابع غنی از پروتئین دارند [۲۳-۲۵]. از طرفی، شروع تغذیه آغازین و گذار از غذای زنده به فرموله طی مرحله لاروی در این ماهیان به‌دلیل عدم تشخیص به‌موقع و یا عدم توجه به نیازمندی‌های غذایی می‌تواند سبب ایجاد مشکلات فراوانی اعم از کاهش رشد و بقای ماهیان در دوران لاروی و جوانی و همنوع‌خواری شود [۲۶-۲۷]. تاسماهی استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) به‌عنوان یکی از گونه‌های ارزشمند خانواده تاسماهیان، به‌دلایلی همچون سن بلوغ پایین، قابلیت دورگه‌گیری با سایر گونه‌های تاسماهیان، تغذیه با موجودات غذایی زنده در مرحله گذار، تطابق با جیره‌های فرموله، سازگاری با اقلیم به‌ویژه دمای پایین و شرایط پرورش در اسارت از جایگاه ویژه‌ای در آبزی‌پروری برخوردار بوده و به‌عنوان یک گونه مدل در تحقیقات تغذیه‌ای مورد توجه قرار گرفته است [۲۸-۳۱]. علاوه بر این، تاسماهی استرلیاد به‌دلیل نیاز بالای پروتئینی (بین ۵۰-۴۸٪) در مراحل ابتدایی رشد [۳۲] می‌تواند گزینه مناسبی جهت ارزیابی راهبردهای تغذیه‌ای در خصوص جایگزینی اقلام پروتئینی باشد.

با وجود نقش اونتوژنی، سرعت بالای تکثیر و تمایز سلولی، اندام‌زایی و توسعه مسیرهای متابولیک و اثرات طولانی‌مدت کیفیت جیره در دوران لاروی، تاکنون مطالعه‌ای مبتنی بر دستکاری‌های تغذیه‌ای در این دوره از چرخه زندگی تاسماهیان به‌ویژه گونه استرلیاد انجام نپذیرفته است. لذا، به‌دلیل نیاز پروتئینی بالا و اهمیت ماهی استرلیاد به عنوان یک ماهی مدل در صنعت آبزی‌پروری تاسماهیان و اثرگذاری عوامل تغذیه‌ای مختلف در مرحله لاروی بر سطوح سازگاری ماهیان طی مراحل بعدی چرخه زندگی، در مطالعه حاضر برای اولین بار به بررسی عملکرد راهبرد برنامه‌ریزی تغذیه‌ای مبتنی بر جایگزینی نسبی پودر ماهی با کنجاله سویا در دوران لاروی تاسماهی استرلیاد و اثرات آن بر شاخص‌های رشد، تغذیه و خون‌شناسی این گونه در مراحل بعدی چرخه زندگی پرداخته شده است.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-11-24]

مواد و روش‌ها

تهیه جیره‌های آزمایشی

اقلام و آنالیز تقریبی جیره‌های آزمایشی در جدول ۱ آمده است. آنالیز تقریبی هر یک از جیره‌ها شامل درصد رطوبت، پروتئین، چربی و خاکستر توسط روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شد [۳۳]. آماده‌سازی اقلام خوراکی و تهیه جیره‌های غذایی در کارخانه تولید غذای آبزیان اوان‌دانه (بهشهر، مازندران) انجام پذیرفت. در مرحله عادت‌دهی به جیره فرموله تا اواسط مرحله اول (۲۰ تا ۵۰ روز پس از تفریخ)، قطر ذرات پلت مصرفی ۳۰۰ میکرون بوده که به‌منظور تولید آن، اقلام پایه و ریز مغذی مورد نظر پس از مخلوط شدن و تهیه پلت با استفاده از آسیاب پلورایزر مدل HM Series 38 (CPM، آمریکا) میکرونیزه و مورد مصرف قرار گرفتند. ۵۱ تا ۱۲۴ روز پس از تفریخ (طی مراحل میانی و نهایی آزمایش)، ماهیان با جیره کرامبل به قطر ۵-۰/۱ mm تغذیه شدند. جیره‌های حاصله پس از خشک شدن در کیسه‌های پلاستیکی ضخیم بسته‌بندی و شماره‌گذاری شده و تا زمان مصرف در دمای ۲۰- °C نگهداری شدند [۳۴].

جدول ۱- ترکیبات و آنالیز تقریبی جیره‌های آزمایشی

اقلام خوراکی	جیره‌های آزمایشی			
	FM	S15	S30	S45
پودر ماهی[۱]	۶۰/۰۰	۵۱/۰۰	۴۲/۰۰	۳۳/۰۰
کنجاله سویا[۲]	۰۰/۰۰	۹/۰۰	۱۸/۰۰	۲۷/۰۰
گلوتن گندم[۲]	۱/۵۰	۳/۰۰	۵/۵۰	۸/۸۰
سبوس گندم	۷/۰۰	۶/۴۰	۶/۸۰	۴/۰۰
فیبر سویا[۲]	۲/۵۰	۲/۹۰	۱/۹۰	۱/۰۰
آرد ذرت	۴/۷۰	۴/۷۰	۴/۱۰	۵/۵۰
آرد گندم	۹/۰۰	۹/۴۰	۷/۰۰	۴/۳۰
لسیتین سویا[۳]	۴/۳۰	۳/۰۰	۳/۶۰	۴/۰۰
روغن ماهی[۱]	۲/۳۰	۲/۱۰	۲/۴۰	۳/۰۰
روغن کلزا[۲]	۲/۳۰	۲/۱۰	۲/۴۰	۳/۰۰
سدیم آلژینات[۴]	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
ویتامین C[۵]	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰
پرمیکس ویتامینه[۶]	۱/۵۰	۱/۵۰	۱/۵۰	۱/۵۰
پرمیکس معدنی[۶]	۱/۴۰	۱/۴۰	۱/۴۰	۱/۴۰
مونوکلسیم فسفات[۵]	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰
متیونین[۵]	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
لایزین[۵]	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
کولین[۵]	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰
نمک	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰
توکسین بایندر[۵]	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰	۰/۱۰
آنالیز تقریبی				
پروتئین (درصد)	۴۸/۹۶	۴۸/۳۸	۴۸/۴۹	۴۸/۳۸
چربی (درصد)	۱۸/۰۰	۱۷/۳۱	۱۶/۸۰	۱۶/۰۰
خاکستر (درصد)	۱۰/۱۳	۱۱/۶۰	۱۰/۳۰	۱۱/۴۰
رطوبت (درصد)	۶/۵۰	۵/۸۰	۶/۱۰	۶/۵۰
انرژی خام (کیلوژول بر گرم)	۲۰/۹۵	۲۰/۱۲	۲۰/۰۲	۲۰/۰۴

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-11-24]

۱. پودر ماهی کیلکا (کیلکا پودر تهران، ساری، مازندران)؛ ۲. شرکت بازرگانی دولتی ایران، بندر امیرآباد، بهشهر، مازندران؛ ۳. Pacific Commodities، هند؛ ۴. Merck، آلمان؛ ۵. DSM، مکزیک؛ ۶. فرمول اختصاصی شرکت آبزی‌گستر اوان، بهشهر، مازندران. FM: تغذیه با جیره فاقد کنجاله سویا (شاهد)، S15: تغذیه با جیره حاوی ۱۵٪ کنجاله سویا به جای پودر ماهی، S30: تغذیه با جیره حاوی ۳۰٪ کنجاله سویا به جای پودر ماهی، S45: تغذیه با جیره حاوی ۴۵٪ کنجاله سویا به جای پودر ماهی

تهیه ماهیان و طراحی آزمایش

تمامی مراحل تغذیه ماهیان در مرکز بازسازی و حفاظت از ذخایر ژنتیکی ماهیان دریایی شادروان دکتر یوسف‌پور سیاهکل انجام پذیرفت. بدین‌منظور، تعداد ۳۱۲۰ عدد لارو تاسماهی استرلیاد با میانگین وزن اولیه ۰/۰۱ ± ۰/۳۲ گرم، در ۱۲ عدد حوضچه بتونی گرد (۲۶۰ عدد به ازای هر مخزن) به حجم آبگیری ۵۰۹ لیتر واقع در بخش تکثیر و پرورش کارگاه توزیع شدند. سپس، عادت‌دهی ماهیان به جیره‌های فرموله طی ۳۲۲۲ روز پس از تفریخ (غذادهی در حد اشتها) و با کاهش تدریجی غذای زنده (شیرونومید منجمد، ایران آرتمیا، تهران، ایران) افزایش جیره‌های فرموله انجام شد. ۳۵ روز پس از تفریخ و تطابق کامل ماهیان با جیره‌های فرموله، مراحل اول (برنامه‌ریزی تغذیه‌ای)، میانی (تغذیه با جیره پایه) و نهایی (مواجهه) به‌مدت ۸۴ روز انجام شد. تیمارهای تغذیه‌ای در این مطالعه شامل FM: فاقد کنجاله سویا (شاهد)، S15: ۱۵٪ جایگزینی پودر ماهی با کنجاله سویا، S30: ۳۰٪ جایگزینی پودر ماهی با کنجاله سویا و S45: ۴۵٪ جایگزینی پودر ماهی با کنجاله سویا بودند. ابتدا، ماهیان در مرحله اول (برنامه‌ریزی تغذیه‌ای) به‌مدت ۲۸ روز با چهار جیره آزمایشی ایزوانرژتیک و ایزونیتروژنیک مختلف مطابق با اطلاعات جدول ۱ شامل FM، S15، S30 و S45 به‌میزان ۱۰٪ وزن بدن و ۸ بار در روز طی ساعات ۸:۳۰، ۱۰:۰۰، ۱۱:۳۰، ۱۳:۰۰، ۱۴:۳۰، ۱۶:۰۰، ۱۷:۳۰ و ۱۹:۰۰ در سه تکرار غذادهی شدند. جیره‌های مصرفی در این مرحله ابتدا به‌صورت خمیری در آورده شده و مصرف شدند. در مرحله میانی، تغذیه ماهیان به‌مدت ۲۸ روز با جیره FM به‌میزان ۹–۷٪ وزن بدن بسته به شرایط دمایی آب، شش بار در روز انجام گرفت و در مرحله نهایی (مواجهه)، ماهیان مجددا به‌مدت ۲۸ روز به میزان ۸–۷٪ وزن بدن و ۵ بار در روز با جیره S45 تغذیه شدند. طی دوره‌های مختلف، مصرف غذای روزانه پس از هر بار غذادهی بررسی و ثبت شد. ورودی آب مخازن پرورشی از رودخانه خرارود تامین و دبی آب طی مراحل مختلف به‌طور میانگین ۰/۹۶ ± ۳/۶۷ لیتر در دقیقه گزارش شد. تمامی پارامترهای کیفی آب طی دوره‌های مختلف آزمایش به‌طور روزانه ثبت و کنترل شد. میانگین دما، pH و اکسیژن طی ۸۴ روز تغذیه به‌ترتیب معادل ۳/۵۴ ± ۲۵/۲۰ درجه سانتی‌گراد، ۰/۲۶ ± ۷/۸۸ و ۰/۸۲ ± ۸/۰۰ میلی‌گرم در لیتر ثبت شدند.

شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای

در پایان مراحل اول، میانی و نهایی آزمایش، تمامی ماهیان از هر مخزن پس از سپری شدن ۲۴ ساعت گرسنگی صید و مورد زیست سنجی قرار گرفتند. بررسی وزن توسط ترازویی با دقت ۰/۰۱ گرم و طول به‌وسیله تخته زیست‌سنجی با دقت ۱ میلی‌متر انجام شد. شاخص‌های رشد شامل وزن نهایی، وزن کسب شده (WG)، نرخ رشد ویژه (SGR)، ضریب چاقی (CF)، میانگین رشد روزانه (ADG) و بقا بودند که با استفاده از معادله های زیر بررسی شدند [۳۵].

WG (گرم) = وزن نهایی (گرم) − وزن ابتدایی (گرم)

SGR (درصد در روز) = [(Ln وزن نهایی − Ln وزن ابتدایی) / تعداد روزهای پرورش] × ۱۰۰

CF = [وزن نهایی (گرم) / (طول نهایی (سانتی‌متر))^3] × ۱۰۰

ADG (درصد) = [وزن کسب شده (گرم) / تعداد روزهای پرورش] × ۱۰۰

نرخ بقا (درصد) = تعداد ماهی در انتهای دوره / تعداد ماهی در ابتدای دوره × ۱۰۰

بررسی شاخص‌های خون‌شناسی

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-11-24]

پس از اتمام مرحله نهایی و اعمال گرسنگی به‌مدت ۲۴ ساعت، ۱۰ عدد ماهی از هر تکرار به‌شکل تصادفی صید و پس از بیهوشی با اسانس پودر میخک (۳۵۰ میلی‌گرم بر لیتر)، توسط سرنگ هپارینه از رگ ناحیه ساقه دمی آنها خون‌گیری به عمل آمد. بخشی از نمونه‌ها جهت ارزیابی شاخص های خون‌شناسی به داخل تیوب‌های استریل شماره‌گذاری شده منتقل و بلافاصله به آزمایشگاه خون‌شناسی انتقال یافتند. میزان هموگلوبین با استفاده از روش اسپکتروفتومتری و طول موج ۵۴۰ نانومتر و درصد هماتوکریت نیز از طریق روش میکروهماتوکریت ارزیابی شد [۳۶-۳۷]. سایر شاخص‌های خون‌شناسی شامل حجم متوسط هر گلبول قرمز (MCV)، میانگین هموگلوبین در سلول (MCH)، میانگین غلظت هموگلوبین در سلول (MCHC) بوده که توسط معادلات زیر ارزیابی شدند [۳۸].

$$MCV\ (fL) = [(\%)\ \text{هماتوکریت} / (\times 10^6/mm^3)\ \text{تعداد گلبول‌های قرمز}] \times 10$$

$$MCH\ (pg/cell) = [(g/dL)\ \text{هموگلوبین} / (\times 10^6/mm^3)\ \text{تعداد گلبول‌های قرمز}] \times 10$$

$$MCHC\ (g/dL) = [(g/dl)\ \text{هموگلوبین} / (\%)\ \text{هماتوکریت}] \times 100$$

آنالیز آماری داده‌ها

پس از تایید نرمال بودن و همگنی واریانس داده‌ها با استفاده از آزمون‌های Kolmogorov-Smirnov و Levene، جهت بررسی اثر جایگزینی نسبی جیره با کنجاله سویا، در چهار سطح مختلف بر شاخص‌های رشد، تغذیه و خون‌شناسی در ماهیان استرلیاد تحت مرحله اول (برنامه‌ریزی تغذیه‌ای) از آنالیز واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) استفاده شد. سپس، با توجه به تفاوت وزن در مراحل بعدی از آزمون ANCOVA و کوواریانت استفاده شد. معنی‌داری داده‌ها در سطح $p <$ ۰/۰۵ بررسی شده و آزمون Tukey جهت مقایسه تفاوت‌های معنی‌دار میانگین داده‌ها در نظر گرفته شد. تجزیه و تحلیل کلیه داده‌ها نیز با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ (Chicago Inc., IL) انجام گرفت.

نتایج

عملکرد رشد

نتایج به‌دست آمده از بررسی عملکرد رشد و تغذیه تاسماهی استرلیاد جوان پس از غذادهی با جیره‌های حاوی سطوح مختلف جایگزینی پودر ماهی با کنجاله سویا طی مراحل اول، میانی و مواجهه به‌ترتیب در جداول ۲، ۳ و ۴ ارائه شده است. بر این اساس، اختلاف معنی‌داری بین شاخص‌های رشد اعم از وزن نهایی، وزن کسب شده، نرخ رشد ویژه، میانگین رشد روزانه، ضریب چاقی و نرخ بقای مشاهده شده در دوره‌های اول و میانی (تغذیه با جیره شاهد یا FM) مشاهده نشد (P > ۰/۰۵). طی دوره مواجهه با جیره حاوی ۴۵٪ جایگزینی پودر ماهی با کنجاله سویا، شاخص‌های وزن کسب شده، نرخ رشد ویژه و میانگین رشد روزانه در S45 به‌طور معنی‌داری بالاتر از FM بود (P < ۰/۰۵)؛ اگرچه، بین سطوح مختلف جایگزینی (تیمارهای S15، S30 و S45) اختلافی از نظر عملکرد رشد دیده نشد (P > ۰/۰۵).

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-11-24]

جدول ۲- عملکرد رشد تاسماهی استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) تغذیه شده با با جیره‌های مختلف در مرحله اول (برنامه‌ریزی) پس از ۲۸ روز آزمایش (میانگین ± خطای استاندارد)

شاخص‌های رشد	گروه‌های آزمایشی			
	FM	S15	S30	S45
وزن اولیه (گرم)	۰/۳۱ ± ۰/۰۲	۰/۳۱ ± ۰/۰۱	۰/۳۲ ± ۰/۰۱	۰/۳۶ ± ۰/۰۴
وزن نهایی (گرم)	۱/۵۲ ± ۰/۰۳	۱/۴۴ ± ۰/۰۴	۱/۴۴ ± ۰/۰۶	۱/۴۶ ± ۰/۰۵
طول اولیه (سانتی‌متر)	۳/۵۹ ± ۱/۴۶	۳/۸۱ ± ۰/۶۴	۳/۶۱ ± ۰/۷۸	۳/۷۷ ± ۰/۵۱
طول نهایی (سانتی‌متر)	۶/۹۱ ± ۰/۲۰	۶/۹۴ ± ۰/۰۹	۶/۸۶ ± ۰/۱۲	۶/۷۶ ± ۰/۰۹
وزن کسب شده (گرم)	۱/۲۱ ± ۰/۰۳	۱/۱۳ ± ۰/۰۵	۱/۱۱ ± ۰/۰۵	۱/۱۱ ± ۰/۰۴
نرخ رشد ویژه (درصد در روز)	۵/۸۷ ± ۰/۲۴	۵/۵۶ ± ۰/۱۹	۵/۲۹ ± ۰/۱۶	۵/۰۸ ± ۰/۳۱
میانگین رشد روزانه (درصد)	۴/۳۲ ± ۰/۰۹	۴/۰۵ ± ۰/۱۶	۳/۹۸ ± ۰/۱۷	۳/۹۵ ± ۰/۱۴
ضریب چاقی	۰/۴۷ ± ۰/۰۴	۰/۴۴ ± ۰/۰۱	۰/۴۵ ± ۰/۰۴	۰/۴۷ ± ۰/۰۳
ضریب تبدیل غذایی	۱/۶۸ ± ۰/۵۳	۲/۰۲ ± ۰/۲۷	۲/۰۱ ± ۰/۲۴	۲/۰۶ ± ۰/۰۹
نرخ بقا (درصد)	۸۵/۷۷ ± ۲/۱۲	۸۰/۶۴ ± ۵/۴۲	۸۳/۰۸ ± ۴/۲۸	۷۹/۱۱ ± ۶/۲۲

FM: تغذیه شده با جیره فاقد کنجاله سویا (شاهد)، S15: تغذیه شده با جیره حاوی ۱۵٪ کنجاله سویا به جای پودر ماهی، S30: تغذیه شده با جیره حاوی ۳۰٪ کنجاله سویا به جای پودر ماهی، S45: تغذیه شده با جیره حاوی ۴۵٪ کنجاله سویا به جای پودر ماهی

جدول ۳- عملکرد رشد تاسماهی استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) تغذیه شده با جیره شاهد (FM) در مرحله میانی پس از ۲۸ روز آزمایش (میانگین ± خطای استاندارد)

شاخص‌های رشد	گروه‌های آزمایشی			
	FM	S15	S30	S45
وزن اولیه (گرم)	۱/۵۲ ± ۰/۰۳	۱/۴۴ ± ۰/۰۴	۱/۴۴ ± ۰/۰۶	۱/۴۶ ± ۰/۰۵
وزن نهایی (گرم)	۶/۲۹ ± ۰/۰۶	۶/۲۷ ± ۰/۱۸	۵/۸۰ ± ۰/۱۷	۶/۱۹ ± ۰/۰۷
طول اولیه (سانتی‌متر)	۶/۹۱ ± ۰/۲۰	۶/۹۴ ± ۰/۰۹	۶/۸۶ ± ۰/۱۲	۶/۷۶ ± ۰/۰۹
طول نهایی (سانتی‌متر)	۱۱/۰۱ ± ۰/۰۷	۱۱/۰۱ ± ۰/۲۱	۱۰/۸۷ ± ۰/۰۸	۱۰/۷۶ ± ۰/۱۵
وزن کسب شده (گرم)	۴/۷۷ ± ۰/۰۶	۴/۸۵ ± ۰/۱۸	۴/۳۷ ± ۰/۲۲	۴/۷۲ ± ۰/۱۱
نرخ رشد ویژه (درصد در روز)	۵/۰۷ ± ۰/۰۷	۵/۲۸ ± ۰/۱۳	۵/۰۰ ± ۰/۲۳	۵/۱۶ ± ۰/۱۵
میانگین رشد روزانه (درصد)	۱۷/۰۳ ± ۰/۲۲	۱۷/۳۳ ± ۰/۶۴	۱۵/۶۰ ± ۰/۷۸	۱۶/۸۷ ± ۰/۴۱
ضریب چاقی	۰/۴۷ ± ۰/۰۱	۰/۴۷ ± ۰/۰۴	۰/۴۵ ± ۰/۰۱	۰/۵۰ ± ۰/۰۳
ضریب تبدیل غذایی	۰/۸۹ ± ۰/۰۱^{c}	۰/۹۸ ± ۰/۰۳^{ab}	۱/۰۰ ± ۰/۰۱^{ab}	۱/۰۲ ± ۰/۰۴^{a}
نرخ بقا (درصد)	۹۷/۵۱ ± ۰/۸۶	۹۶/۵۹ ± ۱/۴۰	۹۸/۲۳ ± ۰/۵۶	۹۷/۹۷ ± ۰/۱۹

حروف لاتین کوچک در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار آماری بین تیمارهای مختلف غذایی است ($P < ۰/۰۵$). FM: تغذیه شده با جیره فاقد کنجاله سویا (شاهد)، S15: تغذیه شده با جیره حاوی ۱۵ درصد کنجاله سویا به جای پودر ماهی، S30: تغذیه شده با جیره حاوی ۳۰ درصد کنجاله سویا به جای پودر ماهی، S45: تغذیه شده با جیره حاوی ۴۵ درصد کنجاله سویا به جای پودر ماهی

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-11-24]

جدول ۴- عملکرد رشد تاسماهی استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) تغذیه شده با جیره حاوی ۴۵٪ کنجاله سویا در مرحله نهایی (مواجهه) پس از ۲۸ روز آزمایش (میانگین ± خطای استاندارد)

شاخص‌های رشد	گروه‌های آزمایشی			
	FM	S15	S30	S45
وزن اولیه (گرم)	۶/۲۹ ± ۰/۰۶	۶/۲۷ ± ۰/۱۸	۵/۸۰ ± ۰/۱۷	۶/۱۹ ± ۰/۰۷
وزن نهایی (گرم)	۱۶/۱۶ ± ۰/۳۸^{b}	۱۶/۹۱ ± ۰/۱۴^{ab}	۱۶/۷۰ ± ۰/۱۶^{ab}	۱۷/۵۴ ± ۰/۳۰^{a}
طول اولیه (سانتی‌متر)	۱۱/۰۱ ± ۰/۰۷	۱۱/۰۱ ± ۰/۲۱	۱۰/۸۷ ± ۰/۰۸	۱۰/۷۶ ± ۰/۱۵
طول نهایی (سانتی‌متر)	۱۵/۵۲ ± ۰/۱۱	۱۵/۸۸ ± ۰/۰۴	۱۵/۸۱ ± ۰/۰۷	۱۵/۸۸ ± ۰/۲۸
وزن کسب شده (گرم)	۹/۸۷ ± ۰/۴۰^{b}	۱۰/۶۳ ± ۰/۸۴^{ab}	۱۰/۹۱ ± ۰/۱۰^{ab}	۱۱/۳۵ ± ۰/۲۸^{a}
نرخ رشد ویژه (درصد در روز)	۳/۳۷ ± ۰/۱۰^{b}	۳/۵۴ ± ۰/۰۸^{ab}	۳/۷۱ ± ۰/۰۲^{ab}	۳/۷۲ ± ۰/۰۶^{a}
میانگین رشد روزانه (درصد)	۳۵/۲۶ ± ۱/۴۳^{b}	۳۷/۹۵ ± ۰/۳۰^{ab}	۳۸/۹۵ ± ۰/۳۵^{ab}	۴۰/۵۴ ± ۱/۰۰^{a}
ضریب چاقی	۰/۴۳ ± ۰/۰۱	۰/۴۲ ± ۰/۰۰	۰/۴۲ ± ۰/۰۱	۰/۴۴ ± ۰/۰۲
ضریب تبدیل غذایی	۱/۶۱ ± ۰/۰۶	۱/۵۵ ± ۰/۰۶	۱/۳۶ ± ۰/۰۴	۱/۳۹ ± ۰/۱۰
نرخ بقا (درصد)	۹۹/۵۷ ± ۰/۲۱	۹۹/۶۱ ± ۰/۳۰	۹۹/۴۷ ± ۰/۲۷	۹۹/۶۷ ± ۰/۱۹

حروف لاتین کوچک در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار آماری بین تیمارهای مختلف غذایی است ($P < ۰/۰۵$). FM: تغذیه شده با جیره فاقد کنجاله سویا (شاهد)، S15: تغذیه شده با جیره حاوی ۱۵٪ کنجاله سویا به جای پودر ماهی، S30: تغذیه شده با جیره حاوی ۳۰٪ کنجاله سویا به جای پودر ماهی، S45: تغذیه شده با جیره حاوی ۴۵٪ کنجاله سویا به جای پودر ماهی

شاخص‌های خون‌شناسی

نتایج مقایسه شاخص‌های خون‌شناسی در تیمارهای مختلف طی مرحله آخر آزمایش در جدول ۵ آمده است. بر طبق یافته‌ها، بین شاخص‌های مختلف اختلاف معنی‌دار آماری وجود نداشت ($P > ۰/۰۵$).

جدول ۵- شاخص‌های خون‌شناسی تاسماهی استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) تغذیه شده با راهبردهای مختلف در انتهای دوره تغذیه ۸۴ روزه (میانگین ± خطای استاندارد)

شاخص‌ها	گروه‌های آزمایشی			
	FM	S15	S30	S45
Hb (g/dL)	۷/۱۳ ± ۰/۱۴	۷/۳۷ ± ۰/۱۵	۷/۲۸ ± ۰/۱۴	۷/۰۱ ± ۰/۱۲
HCT (%)	۳۳/۰۰ ± ۰/۶۷	۳۴/۱۱ ± ۰/۷۷	۳۳/۸۹ ± ۰/۷۹	۳۲/۲۲ ± ۰/۵۷
MCV (fL)	۲۴۰/۷۸ ± ۰/۲۸	۲۴۰/۸۹ ± ۰/۴۸	۲۴۱/۷۸ ± ۰/۷۰	۲۴۱/۰۰ ± ۰/۵۵
MCH (pg/cell)	۵۲/۱۱ ± ۰/۱۷	۵۲/۱۴ ± ۰/۱۵	۵۲/۰۹ ± ۰/۲۲	۵۲/۵۰ ± ۰/۰۸
MCHC (g/dL)	۲۱/۶۱ ± ۰/۰۸	۲۱/۶۲ ± ۰/۰۶	۲۱/۵۱ ± ۰/۱۲	۲۱/۷۵ ± ۰/۰۵

Hb: هموگلوبین، HCT: هماتوکریت، MCV: حجم متوسط هر گلبول قرمز، MCH: میانگین هموگلوبین در سلول و MCHC: میانگین غلظت هموگلوبین در سلول. FM: تغذیه شده با جیره فاقد کنجاله سویا (شاهد)، S15: تغذیه شده با جیره حاوی ۱۵٪ کنجاله سویا به جای پودر ماهی، S30: تغذیه شده با جیره حاوی ۳۰٪ کنجاله سویا به جای پودر ماهی، S45: تغذیه شده با جیره حاوی ۴۵٪ کنجاله سویا به جای پودر ماهی

بحث

در انتهای مرحله اول آزمایش، شاخص‌های رشد مانند وزن نهایی، وزن کسب شده، نرخ رشد ویژه، میانگین رشد روزانه در گروه شاهد اندکی بالاتر از تیمارهای دیگر بود؛ اگرچه اختلاف آماری معنی‌داری در بین تیمارها مشاهده نشد. نوع عامل و طول دوره، روش اجرای راهبرد، سن، وزن و نوع گونه ماهی از جمله موارد اثرگذار در بهبود کارایی برنامه‌ریزی تغذیه‌ای هستند [۲۱، ۴۰-۳۹]. به‌نظر می‌رسد که در مطالعه حاضر، علت عدم وجود اختلاف در تیمارها از نظر روند رشد، احتمالا کوتاه بودن طول این دوره و سطوح مصرف کنجاله سویا است. مطالعات نشان داده‌اند که برخی از گونه‌های ماهیان در زمان کوتاهی نسبت به عامل برنامه‌ریزی واکنش نشان می‌دهند. یافته‌های جدید نشان داده‌اند که محرک برنامه‌ریزی در مراحل اولیه در ماهی گورخری (*Danio rerio*) تنها طی ۳ روز اثر خود را در بروز سازگاری خواهد گذاشت [۲۱]. این امر بیانگر اختصاصات گونه ای در بین ماهیان هنگام اعمال این راهبرد است. علاوه بر این، نتایج آزمایش کنونی نشان می‌دهد که تاسماهی استرلیاد احتمالا سازگاری بالایی به جیره گیاهی داشته و می‌تواند جیره حاوی سطوح مختلف کنجاله سویا (۴۵-۱۵٪) به‌جای پودر ماهی را مصرف کند؛ به‌نحوی که بر عملکرد و

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-11-24]

روند رشد تاثیر منفی نگذارد. در راستای این یافته، Jiang و همکاران [۴۱] بیان کردند که اختلاف معنی‌داری در رشد و قابلیت هضم جیره در تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) تغذیه شده با سطوح مختلف جایگزینی پودر ماهی با ترکیبی از کنجاله‌های گیاهی (۷۵–۴۰٪) مشاهده نشد و تنها زمانی که ۱۰۰ درصد پودر ماهی جایگزین شد، این شاخص‌ها کاهش یافتند. نتایج مشابهی نیز در رابطه با تغذیه ماهی *Trachinotus ovatus* با جیره مبتنی بر جایگزینی ۴۸–۱۲٪ از پودر ماهی با کنسانتره پروتئینی بذر کتان به‌دست آمد [۴۲].

عامل برنامه‌ریزی در این مطالعه سطوح مختلف کنجاله سویا بود. بر اساس یافته‌ها، جایگزینی پودر ماهی در جیره با کنجاله سویا به‌میزان ۴۵٪ اثر مخربی بر رشد تاسماهی استرلیاد نمی‌گذارد. Przybył و همکاران [۴۳] نیز مشاهده کردند که تقریبا نیمی از پروتئین جانوری جیره در جیره تاسماهی استرلیاد می‌تواند با پروتئین گیاهی جایگزین شود. در مقابل، صفایی و همکاران [۴۴] طی مطالعه‌ای دریافتند که افزایش مقادیر جایگزینی کنجاله سویا در جیره استرلیاد تا ۴۰٪ می‌تواند عملکرد رشد را کاهش دهد. علت وجود این تناقض در مطالعات مختلف می‌تواند با کیفیت جیره و اقلام خوراکی و یا شرایط پرورشی در ارتباط باشد [۲۴، ۴۵]. افزایش سطوح یا جایگزینی کامل اغلب اثرات مخربی بر عملکرد رشد و فیزیولوژی ماهیان می‌گذارد [۴۶-۴۷]. برای مثال، Espe و همکاران [۴۸] بیان کردند که جایگزینی کامل پودر ماهی با گلوتن گندم، ذرت یا پروتئین تغلیظ شده سویا در ماهی آزاد اقیانوس اطلس (*Salmo salar*) منجر به کاهش نرخ رشد می‌شود. همچنین، افزودن کنجاله سویا به میزان ۶۰–۴۵٪ یا سویای تخمیری به میزان ۶۰٪ در جهت جایگزینی پودر ماهی در جیره ماهی باس (*Micropterus salmoides*) نرخ رشد ویژه، ابقا و قابلیت هضم پروتئین را کاهش داد [۴۹].

مرحله میانی (تغذیه با جیره پایه) در این راهبرد، ملاکی برای تعیین اثر عامل برنامه‌ریزی پس از تغذیه با آن در مرحله مواجهه است [۵۰]. مطالعه حاضر نشان داد که مقادیر ضریب تبدیل غذایی در گروه شاهد به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. یکی از دلایل احتمالی در این رابطه، تاثیر پیشینه تغذیه‌ای ایجاد شده در مرحله اول بوده که سبب شده تا در مقایسه با شاهد، گروه‌های تغذیه شده با جیره‌های گیاهی (S15، S30 و S45) در مرحله اول (برنامه‌ریزی) قادر به مصرف بهینه جیره پایه طی مرحله میانی نباشند که با نتایج Clarkson و همکاران [۵۱] در ارتباط با کاهش پذیرش جیره گیاهی در ماهی آزاد اقیانوس اطلس در مرحله میانی مطابقت دارد. از طرفی، ضریب تبدیل غذایی تمامی گروه‌های آزمایشی در مرحله میانی پایین‌تر از مرحله اول بود. از جمله دلایل ممکن در این زمینه، افزایش دما (میانگین دمایی ۲۵/۳۰ درجه سانتی‌گراد) طی این مرحله نسبت به مرحله پیشین بوده که به‌عنوان دمای بهینه جهت تغذیه و رشد تاسماهی استرلیاد در نظر گرفته می‌شود [۴۳]. بر اساس نتایج اگرچه، تغییرات مصرف غذا تاثیری بر اختلاف عملکرد رشد در گروه‌های آزمایشی نداشت. از آنجایی که در این مرحله تمامی گروه‌های آزمایشی با جیره پایه تغذیه شدند، رشد به‌طور یکنواختی افزایش یافت. نتایج مشابهی در مطالعه Kemski و همکاران [۱۰] هنگام تغذیه ماهیان سوف زرد (*Perca flavescens*) با جیره پایه پس از مصرف جیره مبتنی بر ۷۰٪ کنجاله سویا به جای پودر ماهی مشاهده شد. اگرچه، در مطالعه دیگری مشاهده شد که شاخص‌های رشد در ماهیان آزاد اقیانوس اطلس که با جیره مبتنی بر پروتئین گیاهی تغذیه شدند، در مرحله برنامه‌ریزی کاهش یافت که از دلایل اصلی آن، پذیرش اندک این جیره و کاهش مصرف آن بود. این روند کاهشی رشد در مرحله میانی نیز محسوس بود؛ اگرچه پس از مرحله مواجهه، عملکرد رشد این گروه به‌دلیل ایجاد پیشینه تغذیه‌ای به‌طور معنی‌داری افزایش یافت [۵۱].

نتایج این مطالعه نشان داد که در مرحله مواجهه، بین سطوح مختلف جایگزینی پودر ماهی با کنجاله سویا از نظر شاخص‌های مذکور تفاوت معنی داری دیده نشد اما شاخص‌های وزن کسب شده، نرخ رشد ویژه و میانگین رشد روزانه در S45 به‌طور معنی‌داری بالاتر از شاهد بود. این یافته‌ها نشان داد که مصرف جیره گیاهی در کوتاه مدت طی تغذیه آغازین سبب افزایش کارایی و رشد طی مراحل بعدی چرخه زندگی می‌شود. Clarkson و همکاران [۵۱] به بررسی برنامه‌ریزی تغذیه‌ای ماهی آزاد اقیانوس اطلس با جیره حاوی ۹۰٪ پروتئین گیاهی شامل کنسانتره پروتئینی سویا و نخود به همراه گلوتن گندم به‌مدت ۳ هفته پرداختند. پس از ۱۵ هفته مصرف جیره پایه به میزان ۸۰٪ پودر ماهی، ماهیان مجددا به‌مدت ۶ هفته با جیره گیاهی تغذیه شدند. نتایج نشان داد که ماهیانی که در ابتدای دوره با جیره گیاهی تغذیه شده بودند، در مرحله مواجهه رشد و کارایی غذایی بالاتری داشتند که همسو با نتایج مطالعه حاضر بود. Geurden و همکاران [۲۲] نیز نشان دادند که مصرف غذا و نرخ رشد در ماهیان قزل‌آلای

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-11-24]

رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) جوان که با جیره گیاهی در زمان تغذیه آغازین مواجه و برنامه‌ریزی شدند افزایش می‌یابد. این نتایج، یافته‌های پیشین مبتنی بر اثر به‌خاطر سپاری تغذیه با پروتئین گیاهی در لارو ماهیان را بر بهبود تغذیه با کنجاله سویا طی مراحل جوان و دستیابی به رشد بهتر تایید می‌کنند [۴]. با این حال، در مطالعه Vagner و همکاران [۱۷]، رشد ماهیان جوان باس اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) تحت تاثیر برنامه‌ریزی لارو با جیره حاوی پروتئین گیاهی قرار نگرفت. Perera و Yufera [۲۱] نیز ماهیان گورخری را ۵ روز پس از لقاح با شروع باز شدن دهان با جیره مبتنی بر کنجاله سویا تغذیه کردند اما یافته‌ها تفاوت معنی‌داری را در رشد گروه‌های برنامه‌ریزی شده و غیر برنامه‌ریزی شده طی مراحل بعدی چرخه زندگی نشان نداد. Kwasek و همکاران [۴] دریافتند که در مرحله مواجهه، وزن کسب شده ماهیان گورخری پس از تغذیه مجدد با جیره حاوی مقادیر بالای کنجاله سویا به‌طور معنی‌داری بالاتر از ماهیان گروه شاهد بود. سازگاری بیشتر ماهیان به جیره گیاهی پس از ایجاد پیشینه، نشان‌دهنده درک محرک تغذیه‌ای و ثبت آن در حافظه است. حافظه چشایی و تحریک لوب بویایی ماهیان تغذیه شده با کنجاله سویا در ابتدای چرخه زندگی سبب می‌شود که تمایل ماهیان به پذیرش این نوع از جیره‌های غذایی در دوران بعدی، توسعه بیشتری پیدا کند [۵۲]. از طرفی، تغییرات ترنسکریپتومیک و فیزیولوژیک در طول مراحل اولیه به‌طور معنی‌داری مقاومت ماهیان را به عوامل مختلف تحت تاثیر قرار می‌دهد و سازگاری آنها در طول زمان به فرمولاسیون‌های اختصاصی افزایش می‌یابد [۵۳].

در انتهای مرحله مواجهه بین شاخص‌های مختلف خون‌شناسی در تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. احتمالا یکی از دلایل عدم وجود اختلاف معنی‌دار در مرحله نهایی، تغذیه تمامی گروه‌ها با جیره یکسان (جیره حاوی کنجاله سویا به جای پودر ماهی به میزان ۴۵٪) است. مطالعات مرتبط با راهبرد برنامه‌ریزی تغذیه‌ای به‌ندرت به بررسی شاخص‌های خون‌شناسی در ماهیان پرداخته‌اند. با این وجود، شاخص‌های خون‌شناسی راهکاری با ارزش، سریع، غیر کشنده و ارزان در سنجش سلامتی ماهیان هستند که توسط شرایط محیطی، گونه، اندازه، سن و جیره تحت تاثیر قرار می‌گیرند [۵۴]. در این مطالعه، مقادیر هماتوکریت و هموگلوبین و سایر شاخص‌ها در محدوده طبیعی خود بود و اختلافی بین تیمارهای مختلف وجود نداشت. به‌نظر می‌رسد جایگزینی پودر ماهی با کنجاله سویا به میزان ۴۵٪ اثرات مخربی در کاهش سلولی‌های خونی یا افزایش حجم سلول در تاسماهی استرلیاد نمی‌گذارد. Jahanbakhshi و همکاران [۵۵] دریافتند که جایگزینی پودر ماهی با کنجاله گلوتن ذرت و کنجد به میزان ۴۸٪ در فیل ماهی (*Huso huso*) جوان اختلاف معنی‌داری در تیمارها بین هماتوکریت، MCH، MCHC، MCV و تعداد گلبول قرمز ایجاد نکرد. همچنین، پس از جایگزینی پودر ماهی با کنجاله کانولا (۲۰، ۳۰ و ۴۰٪) در تاسماهی سیبری جوان تفاوت معنی‌داری در مقادیر هماتوکریت، هموگلوبین و تعداد گلبول قرمز مشاهده نشد [۵۶]. Moreau و همکاران [۵۷] نیز اذعان داشتند که میان سطوح جایگزینی پودر ماهی و پروتئین‌های دیگر در جیره و اختلال در فاکتورهای خون‌شناسی ماهیان پرورشی لزوما رابطه‌ای وجود ندارد؛ با این حال برخی مطالعات حاکی از اثرات منفی افزایش سطوح جایگزینی پودر ماهی با پروتئین‌های گیاهی است. برای مثال، در پژوهش Matani Bour و همکاران [۵۸]، سطوح هماتوکریت و تعداد گلبول قرمز فیل ماهی جوان با افزایش کنجاله سویا در جیره از ۳۵ درصد تا ۷۵٪، کاهش معنی‌داری یافت که این نتایج با کاهش اسیدهای چرب در جیره حاوی مقادیر بالای کنجاله سویا در ارتباط بود. در مطالعه Yaghoubi و همکاران [۵۹] نیز ماهی صبیتی (*Sparidentex hasta*) جوان تغذیه شده با جیره حاوی ۷۵٪ جایگزینی پودر ماهی با کنجاله سویا دچار علایم کم خونی مانند کاهش گلبول های قرمز، هماتوکریت و افزایش حجم سلول شدند. وجود عوامل ضد مغذی مانند ساپونین در کنجاله سویا می‌تواند دلیل همولیز گلبول‌های قرمز و کم خونی باشد [۶۰]. شایان ذکر است که اثر افزایش سطوح مصرف کنجاله سویا بر شاخص‌های خون‌شناسی توام با به‌کارگیری برنامه‌ریزی تغذیه ای در تاسماهیان نیازمند بررسی‌های بیشتر در آینده است.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، استفاده از برنامه‌ریزی تغذیه‌ای در بهبود کارایی جیره گیاهی در تاسماهیان تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته و مطالعه حاضر برای اولین بار به این موضوع پرداخته است. با توجه به نتایج به‌دست آمده در مرحله مواجهه، ایجاد پیشینه تغذیه‌ای در دوران لاروی تاسماهی استرلیاد نقش موثری در بهبود مصرف خوراک و عملکرد رشد ماهیان طی مراحل بعدی چرخه زندگی خواهد داشت. بر این اساس، ایجاد پیشینه تغذیه‌ای

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-11-24]

در لارو تاسماهی استرلیاد با جیره‌های مبتنی بر سطوح مختلف کنجاله سویا به جای پودر ماهی، منجر به افزایش عملکرد رشد در مراحل جوانی این گونه پس از تغذیه با بالاترین سطح جایگزینی (۴۵٪ کنجاله سویا به جای پودر ماهی) شد، بدون این که اثر سویی در شاخص‌های خون‌شناسی، وضعیت سلامتی و بقای ماهیان داشته باشد. از این رو، به‌کارگیری راهبرد برنامه‌ریزی تغذیه‌ای در شروع تغذیه آغازین و تطابق با جیره فرموله، در بهبود سازگاری تاسماهی استرلیاد به جیره مبتنی بر کنجاله سویا توصیه می‌شود.

تشکر و قدردانی:
بدین‌وسیله از آقای دکتر عابد اوانی مدیر عامل کارخانه تولید خوراک آبزیان اوان دانه به جهت مساعدت در تهیه جیره‌های آزمایشی، دکتر مجید موسی‌پور به‌جهت راهنمایی‌های ارزنده در طول انجام آزمایش‌ها و کارکنان مرکز بازسازی و حفاظت از ذخایر ژنتیکی ماهیان دریایی شادروان دکتر یوسف‌پور سیاهکل کمال تشکر و قدردانی به‌عمل می‌آید.

تاییدیه‌های اخلاقی: تمامی آزمایش‌ها در این مطالعه تحت دستورالعمل‌های مرتبط با حیوانات آزمایشگاهی کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه گیلان با شناسه مرجع IR.GUILAN.REC.1401.089 انجام شدند.

تعارض منافع: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

سهم نویسندگان در مقاله: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

منابع مالی/حمایت‌ها: پژوهش حاضر بخشی از طرح تصویب شده با شناسه ۴۰۱۵۰۳۶ بوده و تحت حمایت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (بنیاد ملی علم ایران) انجام شد.

منابع

1- Collins SA, Øverland M, Skrede A, Drew MD. Effect of plant protein sources on growth rate in salmonids: Meta-analysis of dietary inclusion of soybean, pea and canola/rapeseed meals and protein concentrates. Aquaculture. 2013; 400: 85-100.

2- Naylor RL, Hardy RW, Bureau DP, Chiu A, Elliott M, Farrell AP, Forster I, Gatlin DM, Goldburg RJ, Hua K, Nichols PD. Feeding aquaculture in an era of finite resources. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2009; 106: 15103-15110.

3- Barreto-Curiel F, Focken U, D'Abramo LR, Mata-Sotres J, Viana MT. Assessment of amino acid requirements for *Totoaba macdonaldi* at different levels of protein using stable isotopes and a non-digestible protein source as filler. Aquaculture. 2019; 503: 550-561.

4- Kwasek K, Wojno M, Iannini F, McCracken VJ, Molinari GS, Terova G. Nutritional programming improves dietary plant protein utilization in zebrafish *Danio rerio*. PloS One. 2020; 15: e0225917.

5- Gatlin III DM, Barrows FT, Brown P, Dabrowski K, Gaylord TG, Hardy RW, Herman E, Hu G, Krogdahl Å, Nelson R, Overturf K. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. Aquaculture Research. 2007; 38: 551-579.

6- Barrows FT, Bellis D, Krogdahl Å, Silverstein JT, Herman EM, Sealey WM, Rust MB, Gatlin III DM. Report of the plant products in aquafeed strategic planning workshop: an integrated, interdisciplinary research roadmap for increasing utilization of plant feedstuffs in diets for carnivorous fish. Reviews in Fisheries Science. 2008; 16: 449-455.

7- Egerton S, Wan A, Murphy K, Collins F, Ahern G, Sugrue I, Busca K, Egan F, Muller N, Whooley J, McGinnity P. Replacing fishmeal with plant protein in Atlantic salmon (*Salmo salar*) diets by supplementation with fish protein hydrolysate. Scientific Reports. 2020; 10: 4194.

8- Ustaoglu S, Rennert B. The apparent nutrient digestibility of diets containing fish meal or isolated soy protein in sterlet (*Acipenser ruthenus*). International Review of Hydrobiology: A Journal Covering all Aspects of Limnology and Marine Biology. 2002; 87: 577-584.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-11-24]

9- Lund I, Skov PV, Hansen BW. Dietary supplementation of essential fatty acids in larval pikeperch (*Sander lucioperca*); short- and long-term effects on stress tolerance and metabolic physiology. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology. 2012; 162: 340-348.
10- Kemski M, Wick M, Dabrowski K. Nutritional programming effects on growth and reproduction of broodstock and embryonic development of progeny in yellow perch (*Perca flavescens*) fed soybean meal-based diets. Aquaculture. 2018; 497: 452-461.
11- Lucas A. Programming by early nutrition: an experimental approach. The Journal of Nutrition. 1998; 128: 401-406.
12- Fernández-Palacios H, Norberg B, Izquierdo M, Hamre K. Larval Fish Nutrition: Effects of broodstock diet on eggs and larvae. Oxford; 2011: 151-181.
13- Sinclair KD, Rutherford KM, Wallace JM, Brameld JM, Stöger R, Alberio R, Sweetman D, Gardner DS, Perry VE, Adam CL, Ashworth CJ. Epigenetics and developmental programming of welfare and production traits in farm animals. Reproduction, Fertility and Development. 2016; 28: 1443-1478.
14- Gisbert E, Williot P. Larval behaviour and effect of the timing of initial feeding on growth and survival of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) larvae under small scale hatchery production. Aquaculture. 1997; 156: 63-66.
15- Lazzarotto V, Corraze G, Larroquet L, Mazurais D, Médale F. Does broodstock nutritional history affect the response of progeny to different first-feeding diets? A whole-body transcriptomic study of rainbow trout alevins. British Journal of Nutrition. 2016; 115: 2079-2092.
16- Rocha F, Dias J, Geurden I, Dinis MT, Panserat S, Engrola S. Dietary glucose stimulus at larval stage modifies the carbohydrate metabolic pathway in gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles: an in vivo approach using 14C-starch. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology. 2016; 201: 189-199.
17- Vagner M, Zambonino-Infante J, Robin JH, Person-Le Ruyet J. Is it possible to influence European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juvenile metabolism by a nutritional conditioning during larval stage? Aquaculture. 2007; 267: 165-174.
18- Vagner M, Robin JH, Zambonino-Infante JL, Tocher DR, Person-Le Ruyet J. Ontogenic effects of early feeding of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae with a range of dietary n-3 highly unsaturated fatty acid levels on the functioning of polyunsaturated fatty acid desaturation pathways. British Journal of Nutrition. 2009; 101: 1452-1462.
19- Geurden I, Aramendi M, Zambonino-Infante J, Panserat S. Early feeding of carnivorous rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with a hyperglucidic diet during a short period: effect on dietary glucose utilization in juveniles. American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology. 2007; 292: 2275-2283.
20- Izquierdo MS, Turkmen SE, Montero D, Zamorano MJ, Afonso JM, Karalazos V, Fernández-Palacios H. Nutritional programming through broodstock diets to improve utilization of very low fishmeal and fish oil diets in gilthead sea bream. Aquaculture. 2015; 449: 18-26.
21- Perera E, Yúfera M. Soybean meal and soy protein concentrate in early diet elicit different nutritional programming effects on juvenile zebrafish. Zebrafish. 2016; 13: 61-69.
22- Geurden I, Borchert P, Balasubramanian MN, Schrama JW, Dupont-Nivet M, Quillet E, Kaushik SJ, Panserat S, Médale F. The positive impact of the early-feeding of a plant-based diet on its future acceptance and utilisation in rainbow trout. PloS One. 2013; 8: e83162.
23- Médale F, Blanc D, Kaushik SJ. Studies on the nutrition of Siberian sturgeon, *Acipenser baeri*. II. Utilization of dietary non-protein energy by sturgeon. Aquaculture. 1991; 93: 143-154.
24- Falahatkar B. The Siberian Sturgeon (*Acipenser baerii*, Brandt, 1869). Volume 1-Biology: Nutritional requirements of the Siberian sturgeon: an updated synthesis. Springer International Publishing; 2018: 207-228.
25- Bronzi P, Chebanov M, Michaels JT, Wei Q, Rosenthal H, Gessner J. Sturgeon meat and caviar production: Global update 2017. Journal of Applied Ichthyology. 2019; 35: 257-266.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-11-24]

26- Gisbert E, Williot P. Advances in the larval rearing of Siberian sturgeon. Journal of Fish Biology. 2002; 60: 1071-1092.
27- Gisbert E, Solovyev M, Bonpunt E, Mauduit C. The Siberian Sturgeon (*Acipenser baerii*, Brandt, 1869). Volume 2-Farming: Weaning in siberian sturgeon larvae. Springer, International Publishing; 2018: 59-72.
28- Wegner A, Ostaszewska T, Rożek W. The ontogenetic development of the digestive tract and accessory glands of sterlet (*Acipenser ruthenus* L.) larvae during endogenous feeding. Reviews in Fish Biology and Fisheries. 2009; 19: 431-444.
29- Falahatkar B, Sotoudeh E, Lazur AM. Evaluation of Artemia and formulated diets on performance of Persian sturgeon *Acipenser persicus* larvae. Journal of Applied Ichthyology. 2012; 28: 709-712.
30- Ghiasi S, Falahatkar B, Dabrowski K, Abasalizadeh A, Arslan M. Effect of thiamine injection on growth performance, hematology and germinal vesicle migration in sterlet sturgeon *Acipenser ruthenus* L. Aquaculture International. 2014; 22: 1563-1576.
31- Pourhosein Sarameh S, Bahri AH, Falahatkar B, Yarmohammadi M, Salarzadeh A. The effect of fish and rapeseed oils on growth performance, egg fatty acid composition and offspring quality of sterlet sturgeon (*Acipenser ruthenus*). Aquaculture Nutrition. 2019; 25: 543-554.
32- Lee DH, Lim S, Lee S. Dietary protein requirement of fingerling sterlet sturgeon (*Acipenser ruthenus*). Journal of Applied Ichthyology. 2021; 37: 687-696.
33- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (19th edn). Association of Official Analytical Chemists, Arlington; 2012: p.1263.
34- Luo L, Wei H, Ai L, Liang X, Wu X, Xing W, Chen P, Xue M. Effects of early long-chain n-3HUFA programming on growth, antioxidant response and lipid metabolism of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii* Brandt). Aquaculture. 2019; 509: 96-103.
35- Falahatkar B. Feeding and feed formulation in aquatic organisms; Institute of Technical and Vocational Higher Education, Tehran; 2015: p.334.
36- Feldman BF, Zinkl JG, Jian NC. Schalm's Veterinary Hematology, Lippincott, Williams and Wilkins Publication; 2000: p.1344.
37- Leonard JB, McCormick SD. Changes in haematology during upstream migration to American shad. Journal of Fish Biology. 1999; 54: 1218-1230.
38- Skov PV, Larsen BK, Frisk M, Jokumsen A. Effects of rearing density and water current on the respiratory physiology and haematology in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* at high temperature. Aquaculture. 2011; 319: 446-452.
39- Hu H, Liu J, Plagnes-Juan E, Herman A, Leguen I, Goardon L, Geurden I, Panserat S, Marandel L. Programming of the glucose metabolism in rainbow trout juveniles after chronic hypoxia at hatching stage combined with a high dietary carbohydrate: protein ratios intake at first-feeding. Aquaculture. 2018; 488: 1-8.
40- Zambonino-Infante JL, Panserat S, Servili A, Mouchel O, Madec L, Mazurais D. Nutritional programming by dietary carbohydrates in European sea bass larvae: Not always what expected at juvenile stage. Aquaculture. 2019; 501: 441-447.
41- Jiang HB, Chen LQ, Qin JG. Fishmeal replacement by soybean, rapeseed and cottonseed meals in hybrid sturgeon *Acipenser baerii*♀× *Acipenser schrenckii*♂. Aquaculture Nutrition. 2018; 24: 1369-1377.
42- Shen J, Liu H, Tan B, Dong X, Yang Q, Chi S, Zhang S. Effects of replacement of fishmeal with cottonseed protein concentrate on the growth, intestinal microflora, haematological and antioxidant indices of juvenile golden pompano (*Trachinotus ovatus*). Aquaculture Nutrition. 2020; 26: 1119-1130.
43- Przybył A, Mazurkiewicz J, Rożek W. Partial substitution of fish meal with soybean protein concentrate and extracted rapeseed meal in the diet of sterlet (*Acipenser ruthenus*). Journal of Applied Ichthyology. 2006; 22: 298-302.
44- Safaei H, Khara H, Falahatkar B, Vahabzadeh H. The replacement effect of soybean meal instead of fish meal in the diet on growth, quality of meat and some blood factors in sterlet fry (*Acipenser ruthenus*). Journal of Animal Environment. 2019; 11: 181-188.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-11-24]

45- Hung SSO. Sturgeon, Handbook of Nutrient Requirements of Finfish: *Acipenser* sp. CRC Press; 1991: 153-160.
46- Gomes EF, Rema P, Kaushik SJ. Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): digestibility and growth performance. Aquaculture. 1995; 130: 177-186.
47- Kasper CS, Watkins BA, Brown PB. Evaluation of two soybean meals fed to yellow perch (*Perca flavescens*). Aquaculture Nutrition. 2007; 13: 431-438.
48- Espe M, Lemme A, Petri A, El-Mowafi A. Can Atlantic salmon (*Salmo salar*) grow on diets devoid of fish meal? Aquaculture. 2006; 255: 255-262.
49- He M, Li X, Poolsawat L, Guo Z, Yao W, Zhang C, Leng X. Effects of fish meal replaced by fermented soybean meal on growth performance, intestinal histology and microbiota of largemouth bass (*Micropterus salmoides*). Aquaculture Nutrition. 2020; 26: 1058-1071.
50- Hou Z, Fuiman LA. Nutritional programming in fishes: insights from mammalian studies. Reviews in Fish Biology and Fisheries. 2020; 30: 67-92.
51- Clarkson M, Migaud H, Metochis C, Vera LM, Leeming D, Tocher DR, Taylor JF. Early nutritional intervention can improve utilisation of vegetable-based diets in diploid and triploid Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). British Journal of Nutrition. 2017; 118: 17-29.
52- Balasubramanian MN, Panserat S, Dupont-Nivet M, Quillet E, Montfort J, Le Cam A, Medale F, Kaushik SJ, Geurden I. Molecular pathways associated with the nutritional programming of plant-based diet acceptance in rainbow trout following an early feeding exposure. BMC Genomics. 2016; 17: 1-20.
53- West-Eberhard MJ. Phenotypic plasticity and the origins of diversity. Annual Review of Ecology and Systematics. 1989; 20: 249-278.
54- Grant KR. Fish hematology and associated disorders. Veterinary Clinics: Exotic Animal Practice. 2015; 18: 83-103.
55- Jahanbakhshi A, Imanpuor M, Taghizadeh V, Shabani A. Effects of replacing fish meal with plant protein (sesame oil cake and corn gluten) on growth performance, survival and carcass quality of juvenile beluga (*Huso huso*). World Journal of Fish and Marine Sciences. 2012; 4: 422-425.
56- Mohseni M, Malekpour M. Replacement of fish meal with canola meal and its effects on growth performance, digestion, indicas hematological and thyroid hormones level of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). Iranian Scientific Fisheries Journal. 2019; 27: 135-148.
57- Moreau R, Dabrowski K, Czesny S, Cihla F. Vitamin C-vitamin E interaction in juvenile lake sturgeon (*Acipenser fulvescens* R.), a fish able to synthesize ascorbic acid. Journal of Applied Ichthyology. 1999; 15: 250-257.
58- Matani Bour HA, Esmaeili M, Abedian Kenari A. Growth performance, muscle and liver composition, blood traits, digestibility and gut bacteria of beluga (*Huso huso*) juvenile fed different levels of soybean meal and lactic acid. Aquaculture Nutrition. 2018; 24: 1361-1368.
59- Yaghoubi M, Mozanzadeh MT, Marammazi JG, Safari O, Gisbert E. Dietary replacement of fish meal by soy products (soybean meal and isolated soy protein) in silvery-black porgy juveniles (*Sparidentex hasta*). Aquaculture. 2016; 464: 50-59.
60- Lim SJ, Kim SS, Ko GY, Song JW, Oh DH, Kim JD, Kim JU, Lee KJ. Fish meal replacement by soybean meal in diets for Tiger puffer, *Takifugu rubripes*. Aquaculture. 2011; 313: 165-170.

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-11-24]

Journal of Fisheries Science and Technology
Volume12, Issue 4, autumn 2023
Pages: 371-385

Effects of nutritional programming of sterlet sturgeon (*Acipenser ruthenus*) larvae by plant protein-based diet on growth performance and hematological indices

Faezeh Mortezaei[1], Bahram Falahatkar[1*], Mir Masoud Sajjadi[1], Roghieh Safari[2]

1- Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Guilan, Iran
2- Department of Fisheries, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

A B S T R A C T

The objective of this study was to evaluate the performance of nutritional programming on growth and hematological indices of sterlet sturgeon (*Acipenser ruthenus*) during the larval stage by partial replacement of fish meal (FM) with soybean meal (S). Fish with initial mean weight of 0.32 ± 0.01 g were randomly distributed into twelve circular concrete tanks (260 fish per each tank) and fed four experimental diets with substitution levels of 0 (control/FM), 15% (S15), 30% (S30) and 45% (S45) of fish meal with soybean meal during three phases in three replicates. In phase 1 (programming), fish were fed four different diets for 28 days. All the groups were then fed with FM during intermediate phases and S45 at final phase (challenge) for 28 days. At the end of each phase, growth indices were measured. Hematological indices including hemoglobin, hematocrit, mean corpuscular volume, mean corpuscular hemoglobin and mean corpuscular hemoglobin concentration were assessed at the end of the challenge phase. The growth performance was not significantly different in either programming or intermediate phases ($P > 0.05$); however, final weight, weight gain, specific growth rate, and average daily growth were significantly higher in S45 than FM during phase 3 ($P < 0.05$). In intermediate phase, feed conversation ratio was significantly reduced in FM than the other treatments ($P < 0.05$). Moreover, no significant difference was indicated among the groups in hematological indices ($P > 0.05$). According to the obtained results, early nutritional programming could effectively enhance the adaptation of sterlet sturgeon to plant-based protein later in life.

KEYWORDS: Feeding strategy, Nutritional programming, Plant protein, Fish meal replacement, Sterlet sturgeon

ARTICLE TYPE

Original Research

ARTICLE HISTORY

Received: 26 Aug 2023
Accepted: 23 Nov 2023
ePublished: 6 Dec 2023

* Corresponding Author:
Email address: falahatkar@guilan.ac.ir
Tel:
© Published by Tarbiat Modares University
ISSN: 2322-5513

[Downloaded from jfst.modares.ac.ir on 2024-11-24]