کارایی رشد، فراسنجه‌های سلولی خون، آنزیم‌های کبدی و قیمت فیل ماهی (*Huso huso*) پرورشی تغذیه شده با سه نوع غذای ایرانی

احمد سبحانی درزی‌محله[۱]، حبیب وهابزاده رودسری[۲*]

[۱] دانش‌آموخته گروه مهندسی شیلات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.

[۲] گروه مهندسی شیلات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۵/۱۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۶

چکیده

گسترش پرورش فیل ماهی(*Huso huso*) در مناطق کشور، تولید غذای تاسماهیان پرورشی توسط کارخانجات داخلی و تغییرات عمده قیمت غذاهای وارداتی، اهمیت انتخاب جیره مناسب را افزایش داده است. این پژوهش با هدف ارزیابی عملکرد و کارایی زیستی و اقتصادی سه نوع جیره رایج ماهیان خاویاری تولید ایران در پرورش فیل ماهی دو ساله طی ۴۵ روز انجام شد. ۳۲ فیل ماهی با میانگین وزنی ۳۳۶/۶۱ ± ۲۱۵۶/۹۴ گرم در ۴ گروه پلاک‌گذاری و کشت شدند. چهار تیمار شامل سه نوع غذای ایرانی (تیمارهای ۱، ۲ و ۳) و یک جیره خارجی[۱] (تیمار ۴) بطور پیش‌فرض فرمولاسیون متفاوت از نظر منابع و مقادیر پروتئین و چربی داشتند. غذادهی طبق دستورالعمل تولیدکنندگان بر پایه زیتوده کشت (زیست‌سنجی ۱۵ روز یکبار) و دمای آب انجام شد. نتایج نشان داد بالاترین مقادیر افزایش وزن بدن، ضریب چاقی و کمترین ضریب تبدیل غذایی در تیمار ۲ بود. تفاوت معنی‌داری بین شاخص‌های خونی گلبول‌های قرمز در بین تیمارها (به غیر از درصد هماتوکریت که در تیمار ۴ بالاتر بود) مشاهده نشد. اما تفاوت در تعداد گلبول‌های سفید و شمارش افتراقی آنها در تیمارها معنی‌دار شد. ماهیانی که از تیمارهای ۱ و ۳ تغذیه کردند، دارای مقادیر کمتری از آنزیم‌های کبدی در مقایسه با سایر تیمارها بودند. با در نظر گرفتن هزینه‌های مترتب به هر یک از جیره‌ها در مجموع تیمار ۲ بر سایر تیمارها برتری داشت.

واژه‌های کلیدی: فیل‌ماهی، رشد، جیره، ضریب تبدیل، سلول‌های خونی، ارزش.

مقدمه

افزایش مصرف سرانه آبزیان از طریق دو منبع آبزی‌پروری و صید در پنج دهه اخیر ۳/۲ درصد بوده که نسبت به نرخ افزایش جمعیت جهانی در همین زمان ۱/۶ درصد می‌باشد که نشان دهنده استقبال مردم جهان است. بطوریکه مصرف سرانه آبزیان در دهه ۱۹۶۰، ۹/۹ کیلوگرم بوده و در سال ۲۰۱۸ به بیش از ۲۱ کیلوگرم رسیده است (۲۰۱۸,FAO). اقلیم مناسب ایران برای پرورش، پایین بودن هزینه‌های تاسیسات و نیروی انسانی در مقایسه با کشورهای اروپایی، دانش فنی، تجربه بالا و همچنین آوازه کشورمان به عنوان تولیدکننده بهترین خاویار جهان سبب شده تا رشد این فعالیت از نظر اقتصادی در مقایسه با پرورش دیگر ماهی‌ها سرعت بیشتری داشته باشد. در میان ماهیان خاویاری قابل دسترس در ناحیه جنوبی دریای خزر

[۱] اسکرتینگ، بیضا، فرادانه، ماناکوآ(براساس حروف الفبا) جهت خودداری از تبلیغ نام تجاری، سوگیری ناخواسته در مقایسه‌ها و توجه به معیارهای علمی، تیمارها براساس شماره نامیده می شوند)

* نویسنده مسئول: habib.vahabzadeh@gmail.com

تاکنون فیل ماهی به دلیل دارا بودن رشد سریع تر و صرف هزینه کمتر نسبت به ۴ گونه دیگر جهت پرورش مطلوبتر بوده است. قابلیت تولید تجاری ماهیان توسط عواملی مثل تغذیه و رشد تعیین می‌شود. در صورت تهیه غذای کنستانتره مناسب، فیل ماهی از حداکثر رشد برخوردار خواهد شد و در عرض ۱۵ ماه به وزن ۳۵۰۰ تا ۵۰۰۰ گرم خواهد رسید(مومن نیا و همکاران، ۱۳۸۹). دستیابی به جیره غذایی مناسب پیش نیاز صنعت آبزیان است و سبب می شود تا تولیدات پرورش دهندگان با قیمتی مناسب عرضه شود. هزینه غذا حدود ۴۷ درصد کل هزینه پرورش را شامل می‌شود (پورعلی و همکاران، ۱۳۹۶). از آنجا که خوراک فرموله شده برای تاسماهیان هم مقرون به صرفه‌تر است، مدیریت آن آسان‌تر است (Lee و همکاران، ۲۰۱۸) و می‌تواند با مواد مغذی پایدار و غنی تولید شود. در آینده سود حاصل از آبزی‌پروری با توجه به عواملی مثل توانایی فرموله‌کردن دقیق جیره‌ها، عناصر غذایی و استفاده از مکمل‌های غذایی تعیین می‌شود (Hua و همکاران، ۲۰۱۹). مطالعات نشان می‌دهد که با توجه به تفاوت در میزان متابولیسم، کارایی تبدیل غذایی و فعالیت، جداول تبدیل و ترکیب غذایی کلاسیک برای گونه‌های دیگر جهت تعیین میزان تغذیه مناسب برای فیل ماهی قابل اطمینان نیستند و اگر مورد استفاده قرار گیرند، احتمال نتایج ناامید کننده‌ای در رشد ماهی در بر خواهد است (Falahatkar، ۲۰۱۲). بهینه‌سازی استراتژی تغذیه به منظور به حداکثر رساندن رشد و تبدیل غذایی، به حداقل رساندن ناهمگونی اندازه و محدود کردن اتلاف و کاهش هزینه‌ها ضروری است (Andrei و همکاران، ۲۰۱۸).

با گسترش پرورش ماهیان خاویاری در ایران، شرکت‌های تولید کننده نیز هریک با ادعای برتری و متناسب بودن جیره‌ها اقدام به فروش انواع جیره‌ها نموده‌اند و از سوی دیگر با افزایش مشکلات واردات نشان‌های تجاری خارجی استفاده از محصولات داخلی دست کم در مرحله پرواربندی توجیه‌پذیرتر شده است. با اینحال با توجه به ویژگی اقلیم و گونه پرورشی در ایران اطلاعات کافی بخصوص در مورد نیازهای غذایی و فرموله کردن غذاهای این ماهیان در دسترس نمی‌باشد (Silas، ۲۰۱۷). از نکات مهم در تغذیه این ماهیان منابع پروتئین در جیره غذایی این ماهیان جهت تامین نیاز شان می‌باشد. به علت فشار بر منابع پروتئین جانوری دریایی برای تولید آرد ماهی، استفاده از منابع دیگر حتی از منابع گیاهی در جیره به همراه محاسبه دقیق آن در غذای ماهیان در دستور کار قرار گرفته است و در برخی موارد سبب کاهش هزینه تولید غذا شده است (Hansen، ۲۰۰۹).

در سال‌های اخیر با افزایش تجربه تولیدکنندگان غذا و رشد تجهیزات ساخت غذا، کارخانجات تولید غذا توانسته‌اند غذایی با کیفیت بهتر نسبت به سابق و مخصوص برای ماهیان خاویاری تولید نمایند که اقدامی موثر جهت جایگزینی برای غذاهای خارجی می باشد. همچنین شروع تحریم‌ها می‌تواند فرصتی مناسب در جهت استفاده از غذاهای تولید داخل باشد. پژوهش حاضر با هدف اصلی ارزیابی و انتخاب گزینه‌های متناسب با شرایط پرورش فیل ماهی دوساله پیش از تعیین جنسیت و معرفی راهکار حل مشکلات کاهش واردات غذاهای خارجی و افزایش هزینه‌های خرید غذا با در نظر گرفتن شاخص‌های استاندارد رشد، سلامت، ایمنی و به صرفه بودن انجام شد.

مواد و روش کار

بخش میدانی این تحقیق در تابستان ۱۳۹۷ در مرکزتحقیقات علوم شیلاتی و فنون دریایی دکتر کیوان (چمخاله) وابسته به دانشگاه آزاد اسلامی به‌مدت ۴۵ روز انجام گردید.

عوامل فیزیکوشیمیایی آب: جهت بررسی شرایط کیفی، اکسیژن محلول و و دمای آب روزی ۳ بار (صبح، ظهر، شب) با استفاده ازدستگاه اکسی متر (OXI3230B/SET) و pH آب روزی یک بار با استفاده از دستگاه pHmeter مدل HANNA اندازه‌گیری شد. میانگین دمای آب ۰/۷۰ ± ۲۲/۹۰ درجه سانتی‌گراد، اکسیژن محلول در آب ۱/۵۴±۵/۳۷ میلی‌گرم در لیتر و pH آب ۱/۸±۷/۸ بود.

کشت ماهی: تعداد ۳۲ قطعه فیل‌ماهی با میانگین وزنی ۳۳۶/۶۱±۲۱۵۶/۹۴ گرم و میانگین طولی ۲۶/۵۳±۶۴/۵۸ سانتی‌متر بیومتری و به تعداد ۸ قطعه در مخزن‌های فایبرگلاس ۲۰۰۰ لیتری با عمق ۴۰ سانتی‌متر رهاسازی شدند. در ارزیابی بیومتری کشت اولیه اختلاف معنی‌دار آماری بین تیمارها وجود نداشت.

جیره‌های مورد استفاده: تیمارها شامل ۴ نوع غذا از شرکت‌های مختلف تولید غذای آبزیان عبارت بودند از: تیمار۱، تیمار ۲، تیمار ۳ و تیمار ۴. مبنای ترکیب شیمیایی جیره براساس ادعای شرکت‌های سازنده در نظر گرفته شد (جدول ۱).

جدول ۱- آنالیز تقریبی تیمارهای مختلف (براساس داده‌های تولیدکننده غذا)

نوع تیمار	وزن ماهی جهت غذادهی (گرم)	چربی خام (٪)	انرژی قابل هضم (کیلوکالری در کیلوگرم)	رطوبت (٪)	پروتئین خام (٪)
تیمار ۱	۵۰۰۰-۱۵۰۰	۱۸-۱۴	۴۴۰۰	۱۰>	۴۸-۴۴
تیمار ۲	۵۰۰۰-۳۰۰	۱۸-۱۶	۴۴۰۰	۱۰	۴۶-۴۴
تیمار ۳	۳۰۰۰-۱۵۰۰	۲۰	-	۱۰	۴۰
تیمار ۴	-	۱۴	-	-	۴۴

پرورش و تغذیه: آب ورودی به مخزن‌ها حالت چرخشی داشته و جهت خروج رسوبات و مدفوع ماهیان از خروجی مرکزی تخلیه می‌شد. به‌منظور ایجاد شرایط تغذیه‌ای مناسب مرحله سازگاری ماهیان در طی ۲ هفته در مخزن‌های فایبرگلاس به کمک غذادهی دستی انجام شد. در ابتدای کشت به منظور ارزیابی فردی، ماهیان با تگ‌های پلاستیکی شماره دار علامت‌گذاری گردیدند. سپس ماهیان در مخزن‌ها تیماربندی شدند. غذادهی به‌صورت یکنواخت، توسط ۴ نوع غذای متفاوت ایرانی (تیمارهای ۱، ۲و ۳) و خارجی (تیمار۴ به عنوان شاهد مثبت) پس از قطع جریان ورودی و پایین آوردن سطح آب انجام می‌گرفت. غذای مورد نیاز براساس توده زنده در مقاطع زمانی مختلف (معمولاً پس از هر بار زیست‌سنجی) و با توجه به تلفات محاسبه با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت (g) ۰/۰۱ توزین می‌شد. غذادهی ۳ بار در روز و با توجه به نیازهای ماهی از نظر ویژگی‌های بیوشیمیایی شامل دما، اکسیژن محلول و pH آب، و براساس دستورالعمل غذایی هر شرکت براساس جداول دمایی و وزنی انجام شد. حداکثر غذادهی براساس درصد بیوماس و در نظر گرفتن دما به ترتیب برای غذای ماناکوآ، بیضا، فرادانه و اسکرتینگ به‌ترتیب برابر با ۰/۹۸، ۰/۷، ۱/۱ و ۱/۲ درصد (براساس دستورالعمل پیشنهادی هر تولید کننده) بود. برای بررسی رشد ماهیان، هر دو هفته یک بار با اندازه‌گیری طول کل و وزن آنها زیست‌سنجی شدند (در مجموع ۳ بار). پس از هر بار زیست‌سنجی جهت ضدعفونی ماهیان در محلول نمک قرار گرفتند. ماهیان ۱۲ ساعت قبل و بعد از زیست‌سنجی به منظور کاهش استرس ناشی از دستکاری قطع غذادهی شدند.

بررسی شاخص‌های رشد: با توجه به میانگین طول و وزن اولیه و نهایی و افزایش وزن بدن بدست آمده از زیست‌سنجی ماهیان، بررسی روند رشد ماهیان با استفاده از شاخص‌های رشد با فرمول‌های زیر انجام شد (Merrifield و همکاران، ۲۰۱۱):

ضریب تبدیل غذایی (FCR):

$$FCR=F/(wt-wo)$$

F = مقدار غذای مصرف شده توسط ماهی، Wo = میانگین بیوماس اولیه (گرم)، Wt = میانگین بیوماس نهایی (گرم)

ضریب رشد ویژه (SGR)

$$S.G.R=(Lnwt-Lnwo)/t\times 100$$

Wo = میانگین بیوماس اولیه (گرم)، Wt = میانگین بیوماس نهایی (گرم)، T = تعداد روزهای پرورش

درصد افزایش وزن بدن (BWI%)

$$\%BWI=(Bwf-Bwi)/Bwi\times 100$$

Bwi= متوسط وزن اولیه در هر تانک، Bwf= متوسط وزن نهایی در هر تانک

رشد روزانه (GR) $G.R=(Bwf-Bwi)/n$

Bwi = متوسط وزن اولیه در هر تانک، Bwf= متوسط وزن نهایی در هر تانک، n = تعداد روزهای پرورش

ضریب چاقی (K یا CF) $CF=(Bw/TL^3)\times 100$

Bw= میانگین وزن نهایی بدن (گرم)، TL = میانگین طول کل نهایی (سانتی‌متر)

شاخص‌های خونی سلامت: پس از آخرین زیست‌سنجی ماهیان توسط سرنگ ۵ سی‌سی از پشت باله مخرجی ماهیان خونگیری به عمل آمد. ۰/۵ سی‌سی خون به ویال آغشته به ماده ضدانعقاد خون (هپارین) ریخته شد. ۱/۵ سی‌سی خون نیزدر ویال‌ها جهت تهیه سرم ذخیره و با سرعت ۱۵۰۰ دور در ۵ دقیقه با سانتریفوژ Multi speed (مدل Pars Azma) سانتریفوژ گردید. نمونه سرم با استفاده از میکروسمپلر جدا در ویال در فریزر در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند تا پس از اتمام همه مراحل نمونه‌برداری در ظروف نگهدارنده سرما به آزمایشگاه ویرومد رشت انتقال یافتند. تعداد کل گلبول‌های سفید (WBC)، تعداد گلبول‌های قرمز (RBC)، هموگلوبین (HB)، درصد هماتوکریت (HCT)، MCV، MCH، MCHC، نوتروفیل، لمفوسیت، مونوسیت، ائوزینوفیل، آنزیم آلانین آمینوترانسفراز (ALT)، آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) و آلکالین فسفاتاز (ALP) به روش‌های زیرتعیین شد:

گلبول قرمز (RBC) و سفید (WBC) به کمک محلول Rees در پیپت ملانژور رنگی شد روی لام نئوبار شمارش و با استفاده از فرمول‌های زیر تعیین شدند (Klontz، ۱۹۹۴):

تعداد گلبول قرمز در میلی‌متر مکعب خون = X (تعداد گلبول قرمز در ۵ مربع کوچک) × ۱۰۰۰۰

تعداد گلبول سفید در میلی‌متر مکعب خون = X (تعداد گلبول سفید در ۴ مربع کوچک) × ۵۰

اندازه‌گیری هموگلوبین به روش سیان مت هموگلوبین و با استفاده از اسپکتروفتومتر (مدل 2100- VIS ساخت شرکت Unico آمریکا) با طول موج ۵۴۰ نانومتر (Klontz، ۱۹۹۴) و بوسیله منحنی استانداردی که از پیش تهیه شده بود و براساس رابطه زیر محاسبه شد:

Hb (g/dl) = (OD نمونه / OD استاندارد) × غلظت استاندارد

اندازه‌گیری هماتوکریت توسط لوله‌های میکروهماتوکریت و با استفاده از میکروسانتریفیوژ Hettich با دور ۷۰۰۰ rpm در مدت ۵ دقیقه انجام شد. میزان MCV، MCH و MCHC با استفاده از روابط زیر محاسبه شد:

MCV = هماتوکریت × ۱۰ / RBC (میلیون)

MCH = هموگلوبین × ۱۰ / RBC (میلیون)

MCHC = هموگلوبین / هماتوکریت × ۱۰۰

جهت تشـخیص افتراقی گلبول‌های سـفید، رنگ آمیزی با اسـتفاده از متانول ۹۶٪ و محلول ۱۰٪ گیمسا (سـاخت شـرکت Merck آلمان) انجام شد و به کمک دسـتگاه شمارنده دستی به روش زیگزاگ و با استفاده از میکروسـکوپ نوری (مدل Nikon E600، سـاخت ژاپن) که به رایانه متصـل بود، شـمارش شـدند. تعداد لمفوسـیـت، نوتروفیـل، ائوزینوفیل و مونوسـیت بر حسب درصد بیان گردیدند.

آنزیم‌های آلانین آمینوترانسفراز (ALT)، آسپارتات آمینوترانسـفراز (AST) و آلکالین فسـفاتاز (ALP) با استفاده از دستگاه بیوشیمی آنالایزر (شرکت اپندورف، آلمان) به همراه کیت‌های شـرکت پارس آزمون اندازه گیری شـدند. در پایان بررسـی اقتصـادی هر جیره با توجـه بـه قیمـت بـه ازای هر کیلوگرم غـذا و هرکیلو میانگین افزایش وزن در هر تیمار جهت تصـمیم‌گیری در انتخـاب تیمـار مطلوب همراه بـا در نظر گرفتن پارامترهای رشد و سلامت انجام شد.

تجزیه و تحلیل آماری

در ابتـدای کار جهت بررسـی نرمال بودن توزیع داده‌ها در گروه‌ها و تکرارها و تنظیم تیمارها از آزمون شـاپیرو–ویلک (Shapiro-Wilk) استفاده شد. سپس با توجه به نرمال بودن داده‌ها، مقایسه آماری بین گروه‌ها در تـیمـارهـا بـا آزمون آنـالیز واریـانس یکطرفـه (one way ANOVA) صـورت گرفت. پس از انجام آزمون همگن بودن واریـانس، مقـایسـه یـک به یک گروه‌ها با آزمون دانکن انجام شد. آنالیزهای آماری یاد شـده با اسـتفاده از نرم افزار SPSS ویرایش ۲۰ اجرا شد.

نتایج

مقـایسـه میـانگین‌هـای طول و وزن در تیمارهای مختلف در ۴ مرحله زیسـت سـنجی: بررسـی‌ها نشـان‌دهنده روند افزایشی در میانگین وزنی تیمارهای مختلف از مرحلـه ۱ تا ۴ بود (جدول ۲). براسـاس آزمون شـاپیرو–ویلک داده‌ها دارای توزیع نرمال بود (P>۰/۰۵) و آزمون چنـدوجهی دانکن نشـان داد میـانگین وزن مـاهیـان در تیمـارهـای مختلف دارای اختلاف معنی‌دار آماری نبوده است (P>۰/۰۵).

جدول ۲- مقایسه میانگین وزن در تیمارهای مختلف در ۴ مرحله زیست‌سنجی

فاکتور	تیمار	زیست سنجی۱	زیست سنجی۲	زیست سنجی۳	زیست سنجی۴
	تیمار ۱	۲۱۸۸/۸۹±۷۹/۳۹^{b}	۲۳۷۲/۲۲±۹۰/۱۸^{ab}	۲۴۱۶/۶۷±۱۰۶/۰۶^{ab}	۲۶۵۰±۱۳۲/۲۸^{a}
وزن	تیمار ۲	۲۱۶۸/۷۵±۱۳۴/۶۰^{b}	۲۳۶۱/۱۱±۲۰۰/۳۰^{ab}	۲۶۱۶/۶۷±۱۳۹/۴۴^{a}	۲۸۰۶/۲۵±۱۵۴/۲۳^{a}
(گرم)	تیمار ۳	۲۰۷۲/۲۲±۸۹/۴۰^{b}	۲۳۶۶/۶۷±۱۰۶/۳۹^{ab}	۲۳۲۷/۷۸±۱۱۰/۹۰^{ab}	۲۵۵۰±۱۵۲/۹۸^{a}
	تیمار ۴	۲۲۰۵/۵۵±۱۱۷/۳۹^{b}	۲۲۹۴/۴۴±۱۱۵/۶۰^{b}	۲۳۰۵/۵۵±۱۱۷/۳۹^{b}	۲۵۷۷/۷۸±۱۳۳/۶۲^{a}

حروف غیر همنام کوچک در ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار آماری می‌باشد.

تغییرات طول در ۴ مرحله زیسـت‌سـنجی، نشان‌دهنده روند افزایشـی در میانگین طولی تیمارهای مختلف از مرحلـه ۱ تـا ۴ بود (جـدول ۳)، اما در تیمار ۴ بین داده‌های طولی در ۴ مرحله زیسـت‌سـنجی اختلاف معنی‌دار آماری مشـاهده نگردید (P>۰/۰۵). براسـاس آزمون شـاپیرو–ویلک داده‌ها دارای توزیع نرمال بوده (P>۰/۰۵). بـا توجـه بـه آزمون دانکن میانگین طول ماهیان در تیمارهای ۱، ۲ و ۳ دارای اختلاف معنی‌دار آماری بود (P<۰/۰۵) (جدول ۲).

جدول ۳- مقایسه میانگین طول در تیمارهای مختلف در ۴ مرحله زیست‌سنجی

فاکتور	تیمار	زیست‌سنجی۱	زیست‌سنجی۲	زیست‌سنجی۳	زیست‌سنجی۴
طول (سانتی متر)	تیمار ۱	۷۵/۴۴±۰/۶۰ b	۷۶/۷۲±۱/۰۸ b	۷۷/۷۵±۰/۹۲ ab	۷۹/۳۳±۱/۱۰ a
	تیمار ۲	۷۵/۰۵±۱/۵۴ b	۷۵/۳۳±۲/۰۵ b	۷۵/۳۳±۲/۰۵ b	۸۰/۳۸±۱/۵۸ a
	تیمار ۳	۷۳/۵۰±۰/۸۹ b	۷۵/۳۹±۰/۸۸ b	۷۶±۱/۰۶ ab	۷۷/۸۹±۱/۰۸ a
	تیمار ۴	۷۵±۰/۹۳ ab	۷۵/۶۷±۰/۹۹ b	۷۶/۳۸±۱/۰۶ ab	۷۸/۱۱±۰/۹۹ a

حروف غیر همنام کوچک در ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار آماری می‌باشد.

مقایسه پارامترهای رشد: آزمون دانکن میانگین افزایش وزن بدن در تیمارهای مختلف را دارای اختلاف معنی دار آماری نشان داد (P<۰/۰۵). اما همین آزمون نشان داد میانگین ضریب چاقی ماهیان بین شاهد و سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار آماری نبوده است (۰/۰۹۶ = F؛ ۳ = df؛ ۰/۰۹۶۲= P). آزمون تجزیه واریانس یکطرفه در مقایسه میانگین ضریب تبدیل غذایی تیمارها اختلاف معنی‌دار آماری را نشان داد و نتایج آزمون دانکن در مقایسه دو به دو گروه‌ها با یکدیگر ضریب تبدیل غذایی ماهیان در تیمار ۲ به شکل معنی‌داری کمتر از سایر تیمارها بوده است. بیشترین میزان ضریب تبدیل غذایی در تیمار ۴ مشاهده گردید. همچنین آزمون دانکن نشان داد میانگین نرخ رشد ویژه ماهیان بین تیمارها اختلاف معنی‌دار آماری نداشته است (۰/۹۵۱ = F؛ ۳ = df؛ ۰/۱۱۴ =P). براساس نتایج همین آزمون حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار در میانگین درصد افزایش وزن تیمارها (۰/۰۶۷ = F؛ ۳ = df؛ ۰/۹۹۷ =P) و نیز عدم اختلاف درصد رشد روزانه تیمارها بود (۰/۰۶۷ = F؛ ۳ = df؛ ۰/۹۹۷ =P) (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه پارامترهای رشد در تیمارهای مورد بررسی

تیمار/پارامتر	افزایش وزن بدن (گرم)	ضریب چاقی	ضریب تبدیل غذایی(FCR)	نرخ رشد ویژه (SGR)	درصد افزایش وزن (%BWI)	رشد روزانه (ADG%)
تیمار ۱	۴۶۱/۱۱±۵۲/۸۹ b	۰/۵۲± ۰/۰۴	۲/۰۵± ۰/۱۴ b	۰/۴۹± ۰/۰۴	۲۴/۹۰±۲/۰۸	۰/۵۵±۰/۰۴
تیمار ۲	۵۳۷/۵±۱۹/۶۳ a	۰/۵۴ ± ۰/۰۴	۱/۳۹± ۰/۰۸ c	۰/۴۷± ۰/۰۳	۲۳/۹۷±۱/۷۴	۰/۵۳±۰/۰۳
تیمار ۳	۴۷۷/۷۸±۶۳/۵۸ b	۰/۵۳±۰/۰۴	۲/۰۹± ۰/۳۳ b	۰/۵۰± ۰/۰۶	۲۶/۰۴±۳/۷۱	۰/۵۸±۰/۰۸
تیمار۴	۳۷۲/۲۳±۱۶/۲۳ c	۰/۵۴± ۰/۰۳	۳/۰۷± ۰/۳۶ a	۰/۴۶± ۰/۱۰	۲۳/۸۰±۶/۴۹	۰/۵۲±۰/۱۴

حروف غیر همنام کوچک در ستون‌ها نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار آماری می‌باشد.

شاخص‌های سلول‌های خونی قرمز: استفاده از جیرهای متفاوت تاثیری بر شاخص‌های خونی قرمز شامل تعداد گلبول قرمز در واحد حجم خون، حجم گلبول‌ها و غلظت هموگلوبین نداشت (جدول ۵). در مقایسه درصد همانوکریت افزایش معنی دار آماری در تیمار ۴ ثبت شد (P<۰/۰۵).

جدول ۵- مقایسه پارامترهای مرتبط با سلولهای قرمز خون در تیمارهای مورد بررسی

تیمارها/شاخص‌ها	RBC/mm^3	Hb(g/dl)	Hct(%)	MCV(Fl)	MCH(pg)	MCHC(g/dl)
تیمار ۱	۷۷۳۳۳۳/۳۳ ±۱۷۶۳۸/۳۴	۶/۹۳ ±۰/۱۳	۲۹ ±۰/۵۷^b	۳۷۵ ±۱/۷۳	۸۹/۶۷ ±۱/۴۵	۲۳/۸۶ ±۰/۲۴
تیمار ۲	۷۶۰۰۰۰ ±۱۵۲۷۵/۲۵	۶/۸۳ ±۰/۲۰	۲۸ ±۰/۵۷^b	۳۶۸/۳۳ ±۲/۴۰	۸۹/۶۷ ±۱/۳۳	۲۴/۳۳ ±۰/۲۴
تیمار ۳	۷۵۵۰۰۰ ±۱۰۴۰۸/۳۳	۶/۸۰ ±۰/۱۷	۲۸ ±۰/۵۷^b	۳۷۰/۶۶ ±۳/۱۸	۸۹/۶۷ ±۱/۲۰	۲۴/۲۳ ±۰/۱۴
تیمار۴	۸۰۳۳۳۳/۳۳ ±۲۳۳۳۳/۳۳	۷/۲۷ ±۰/۱۵	۳۰/۳۳ ±۰/۸۸^a	۳۷۷ ±۳/۵۱	۹۰/۳۳ ±۰/۸۸	۲۳/۹۳ ±۰/۲۷

حروف غیر همنام کوچک در ستون‌ها نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار آماری می باشد.

شاخص‌های سلول‌های خونی سفید: تعداد گلبول‌های سفید و درصد فراوانی آنها تحت تاثیر تیمارهای مختلف جیره‌ای قرار گرفتند. جیره‌های ۱ و ۴ دارای گلبول‌های سفید کمتری نسبت به سایر تیمارها بودند. با این حال تیمار۲ نیز با این دو تیمار و نیز تیمار۳تفاوت معنی داری نشان نداد (P<۰/۰۵)، درصد فراوانی لنفوسیت‌های تیمار ۱ و ۴ بیش از سایر تیمارها بود، در حالیکه تیمارهای ۲ و ۳ درصد لنفوسیت کمتری داشتند (P<۰/۰۵). کمترین درصد نوتروفیل در تیمار ۴ ثبت شد. با اینحال تفاوتی با تیمارهای ۱و ۲ نداشت، اما میزان نوتروفیل‌های تیمار ۳ بیش از سایر تیمارها بود. تفاوت معنی‌داری در ائوزینوفیل مشاهده نشد (P>۰/۰۵). درصد مونوسیت‌ها در تیمارهای ۱و۴ نیز کمتر از سایر تیمارها بود (P<۰/۰۵) (جدول ۶).

جدول ۶- مقایسه پارامترهای مرتبط با سلول‌های سفید خون در تیمارهای مورد بررسی

تیمارها / شاخص‌ها	WBC/mm^3	Lymp(%)	Mono(%)	Eos(%)	Neut(%)
تیمار ۱	۵۶۳۳/۳۳ ±۳۵۲/۷۷^b	۸۴ ±۱/۵۲^a	۳/۳۳ ±۰/۳۳^b	۰/۳۳ ±۰/۳۳	۱۲/۳۳ ±۱/۴۵^{ab}
تیمار ۲	۶۴۳۳/۳۳ ±۹۸۲/۰۶^{ab}	۷۹/۳۳ ±۲/۰۲^b	۵/۶۷ ±۰/۳۳^a	۱ ±۰/۵۷	۱۴ ±۲/۰۸^{ab}
تیمار ۳	۸۳۳۳/۳۳ ±۹۷۳/۵۳^a	۷۶/۳۳ ±۲/۶۰^b	۴/۶۷ ±۰/۳۳^a	۱/۳۳ ±۰/۳۳	۱۷/۶۷ ±۲/۳۳^a
تیمار۴	۴۵۰۰ ±۱۷۳/۲۰ ^{b}	۸۴/۳۳ ±۱/۲۰^a	۳/۳۳ ±۰/۳۳^b	۰/۶۶ ±۰/۳۳	۱۱/۳۳ ±۰/۳۳^b

حروف غیر همنام کوچک در ستون‌ها نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار آماری می‌باشد.

مقایسه آنزیم‌های کبدی: جیره ۱ موجب افزایش معنی دار آنزیم ALP شد (P<۰/۰۵)، در حالی که تفاوت معنی‌داری در سایر تیمارها مشاهده نشد (P>۰/۰۵)، همچنین آنزیم ALT نیز در جیره‌های ۱ و ۲ بیش از تیمارهای ۳ و ۴ بود، کمترین مقدار آنزیم AST فقط در جیره ۴ (شاهد) ثبت شد (P<۰/۰۵) و سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشتند (P>۰/۰۵) (جدول ۷).

جدول ۷- مقایسه آنزیم‌های کبدی سرم خون در تیمارها

تیمار/پارامتر	(ul/l) ALP	(ul/l) ALT	(ul/l) AST	AST/ALT
تیمار ۱	۳۶۴ ±۱۵/۵۶^a	۳۶/۶۶ ±۴/۰۹^a	۴۱۱/۶۶ ±۶/۱۲^a	۱۱,۲۳
تیمار ۲	۲۳۰ ±۴۳/۲۴^b	۴۰/۶۶ ±۰/۸۸^a	۴۳۸/۶۶ ±۱۷/۵۷^a	۱۰,۷۹
تیمار ۳	۲۰۳ ±۳۰/۶۲^b	۲۱/۳۳ ±۹/۷۰^b	۴۱۱ ±۲۰/۵۹^a	۱۹,۲۷
تیمار۴	۲۲۱/۶۷ ±۳/۵۲^b	۲۱/۶۷ ±۲/۷۳^b	۳۱۸ ±۸/۱۹^b	۱۴,۷۲

حروف غیر همنام کوچک در ستون‌ها نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار آماری می باشد.

مقایسه شاخص قیمت در تیمارهای مختلف: با توجه به نتایج به‌دست آمده، و در نظر گرفتن قیمت غذاها در سال ۱۳۹۷ و قبل از افزایش غذای خارجی بیشترین قیمت به ازای هر کیلوگرم غذا در تیمار ۳ و کمترین آن در تیمار ۲ دیده شد (جدول ۷). همچنین، با توجه به ضریب تبدیل غذایی کمتر در تیمار ۲، کمترین هزینه برای افزایش هر کیلو وزن ماهی برای این جیره می باشد. همچنین به غیر از تیمار ۲ و بدلیل دستکاری ماهی طی زیست‌سنجی که موجب آسیب‌دیدگی و تلف شدن یک قطعه ماهی شد، بازماندگی همه تیمارها یکسان و ۱۰۰٪ بود.

جدول ۸- شاخص قیمت در تیمارهای مختلف (قیمت هر کیلو غذا در سال ۹۷)

فاکتور	تیمار	قیمت هر کیلوگرم غذا	هزینه غذا برای هر کیلو ماهی(ریال)
شاخص قیمت (ریال)	تیمار ۱	۵۸۰۰۰	۱۱۸۹۰۰
	تیمار ۲	۵۴۰۰۰	۷۵۰۶۰
	تیمار ۳	۶۲۷۰۰	۱۳۱۰۴۳۰
	تیمار ۴	۵۹۰۰۰	۱۸۱۱۳۰

بحث و نتیجه‌گیری

در فرایند پرورش تاسماهیان غذا عامل مهمی است که باید مدیریت شود. بهینه‌سازی جیره‌های غذایی از مشکلات صنعت آبزی پروری می‌باشد (Chebanov و Billard، ۲۰۰۱). افزایش تولید در صنعت آبزی پروری به قیمت و دسترسی آسان به غذا و ترکیبات موجود در آن مانند پروتئین، چربی، ویتامین‌ها، مواد معدنی وابسته است. ایجاد یک تعادل بین سرعت رشد ماهی و استفاده بهینه از غذا مسئله‌ای مهم در صنعت آبزی‌پروری می‌باشد (Boyd و همکاران، ۲۰۲۰) که با شناخت غذا و آگاهی از نحوه غذادهی برای پرورش آبزیان ضروری می یابد (Robb و Crampton، ۲۰۱۳). به علت در دسترس نبودن اطلاعات کافی در مورد تغذیه ماهیان خاویاری، پرورش این ماهیان با مشکلاتی روبرو می‌باشد جهت تولید تجاری ماهیان خاویاری، انتخاب جیره‌هایی مناسب که ترکیباتی ارزان، ضریب تبدیل غذایی پایین و شرایط رشد بهینه‌ای دارند ضروری می‌باشد (Kolman و Kapusta، ۲۰۱۸). در مطالعه حاضر با فرض پذیرش دستورالعمل تولیدکنندگان مختلف جیره‌های غذایی غذادهی براساس درصد بیومس و درجه حرارت پیشنهادی غذادهی انجام شد، با اینحال ارقام پیشنهادی شرکت‌ها تفاوت زیادی با یکدیگر نداشتند و می‌توان مقدار خوراک مصرفی از هریک از جیره‌ها را تقریبا یکسان در نظر گرفت، البته در محاسبه هزینه‌های صرف شده برای هر جیره این مقادیر مورد نظر قرار گرفتند.

جیره نامتعادل علاوه بر این که اثراتی نامطلوب بر سلامت ماهیان دارد، کارایی هضم پروتئین را کاهش داده و باعث تجمع چربی اضافی در اطراف روده، کبد و چاقی می‌شود که سبب کاهش انرژی لازم برای رشد و ذخیره‌سازی می‌شود (Plisetskaya و Silverstein، ۲۰۰۰). پروتئین جیره بیشترین هزینه جهت تامین انرژی را در بر می‌گیرد که منبع اصلی نیتروژن و اسیدهای آمینه در موجودات زنده می‌باشد. تجزیه اسیدهای آمینه سبب افزایش تولید آمونیاک در آب می‌شود. بنابراین باید از پروتئین به میزان بهینه در جیره استفاده شود. (Kim و Lee، ۲۰۰۵). از جمله عوامل موثر بر پروتئین مورد نیاز، دما، اندازه بدن، تراکم ماهیان و اکسیژن می‌باشد. با کاهش دمای آب،

دمای بدن ماهی نیز کاهش یافته، در نتیجه سوخت و ساز بدن هم کاهش می‌یابد. مقدار پروتئین مورد نیاز بچه‌ماهیان فیل‌ماهی با جیره غذایی ۳۵ درصد پروتئین خام قابل تامین می‌باشد (سلحشوری و همکاران، ۱۳۹۶). چربی موجود در جیره غذایی سرشار از انرژی، اسیدهای چرب ضروری و فسفولیپیدها بوده و به‌عنوان حامل سایر عناصر غذایی عمل می‌کند (Taşbozan و Gökçe، ۲۰۱۷). چربی جیره سبب بهبود رشد و ضریب تبدیل غذایی می‌شود (Hasan، ۲۰۰۱). میزان استاندارد چربی در جیره ماهیان ۱۰ تا ۲۰ درصد بوده که این مقدار هیچ گونه تأثیر منفی روی رشد ندارد (Yong و همکاران، ۲۰۱۵). رشد مطلوب عاملی مهم در جهت افزایش سوددهی در صنعت آبزی پروری می باشد وتغذیه مناسب عاملی موثر در رشد، تولیدمثل و طول عمر ماهی است (Robb و Crampton، ۲۰۱۳). از ویژگی های یک برنامه تغذیه‌ای مطلوب می‌توان به بهبود شاخص‌های رشد، درصد بازماندگی، ضریب تبدیل غذایی، کمک به کاهش فضولات ماهی، کاهش اتلاف غذا، کاهش تنوع اندازه، درصد افزایش تولید و بهبود کیفیت آب اشاره کرد (Tucker و همکاران، ۲۰۰۶). در نتایج مطالعه حاضر با وجود افزایش میانگین وزنی همه تیمارها تیمار ۲ دارای مقادیر بالاتری نسبت به سایر تیمارها در بسیاری از شاخص‌های رشد بود، بطوریکه بالاترین مقادیر افزایش وزن بدن، ضریب چاقی و کمترین ضریب تبدیل غذایی در تیمار ۲ مشاهده شد. علت بهبود شاخص‌های رشد در تیمار ۲ نسبت به سایر تیمارها میتواند بهینه پروتئین و چربی باشد. پس از تیمار ۲ ،تیمار ۳ در برخی شاخص‌های رشد عملکرد مناسبی داشت. پایین بودن شاخص‌های رشد در تیمار ۴ می‌تواند ناشی از مقادیر کمتر پروتئین در جیره بوده باشد. استفاده از چربی جهت تامین انرژی جیره سبب کاهش نیاز پروتئینی (Mohseni و همکاران ، ۲۰۰۷) و در نتیجه کاهش رشد ماهی می‌شود (دلاوری و همکاران، ۱۳۹۶). مقادیر بالای چربی نیز می‌تواند مانعی در جهت رشد بهینه باشد (Fotini و همکاران ، ۲۰۲۱). به با توجه به اینکه غذای اسکرتینگ در ایتالیا تولید و براساس نیازهای گونه‌های خاویاری بومی اروپا که سرما دوست تر هستند طراحی شده است، در پژوهش حاضر فیل‌ماهی پرورشی با وجود آنکه جزو گونه‌های سرمادوست محسوب می‌شود در شرایط اقلیمی ایران و در فصل تابستان پرورش داده شد؛ بنابراین بسیاری از پارامترها در تیمار ۴ می‌توانست تحت تاثیر این گزینه نیز باشد.

نتایج بررسی‌های انجام شده روی فیل‌ماهی در تیماری که دارای مقادیر پروتئین و چربی متعادل‌تری بود، شاخص‌های رشد بالاتری داشت (دلاوری و همکاران، ۱۳۹۶). جیره حاوی میزان متوسط چربی اثرات مطلوب‌تری بر رشد تاس‌ماهی سیبری (رمضانی و همکاران، ۱۳۹۴) و فیل‌ماهی (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۳) گذاشت. زمانی که انرژی جیره بیش از حد اندازه کاهش یابد پروتئین به‌عنوان منبع تامین انرژی مصرف می‌شود و به طبع آن رشد کاهش می‌یابد. تغییرات روند رشد متاثر از ترکیب شیمیایی جیره‌های مختلف غذایی می‌باشد (Sørensen و همکاران، ۲۰۲۱). تعیین سطوح بهینه چربی و کربوهیدرات جیره ماهیان باید تعیین شود تا پروتئین کمتری جهت تامین انرژی مصرف شود (Webster و Lim، ۲۰۰۲). بنابراین علت پایین بودن شاخص‌های رشد در تیمار ۱ نسبت به تیمارهای ۲ و ۳ می‌تواند در اثر کاهش میزان چربی در جیره و در نتیجه کاهش انرژی جیره باشد. پایین‌ترین ضریب تبدیل غذایی در تیمار ۲ مشاهده شد و بدین معناست که کارایی تغذیه و قابلیت هضم این تیمار نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود. در پژوهشی مشابه روی فیل ماهی پایین‌ترین ضریب تبدیل غذایی در تیماری دارای مقادیر پروتئین و چربی

متعادل تر مشاهده شد (دلاوری و همکاران، ۱۳۹۶). ضریب تبدیل غذایی از جمله عوامل اقتصادی است که در پرورش آبزیان دارای اهمیت بالایی می باشد. این عامل به نوبه خود سبب کاهش غذادهی و هزینه غذا می شود و همچنین مانع از آلودگی ثانویه آب و کاهش پارامترهای کیفی آب خواهد شد (Boyd و همکاران، ۲۰۲۱). مطالعه حاضر نشان داد که تیمار ۲ با مقدار پروتئین بالا، از رشد بیشتر برخوردار بوده و کمترین رشد در تیمار ۴ با توجه مقدار کم پروتئین و چربی مشاهده شد. در واقع تاثیر متقابل پروتئین و انرژی بر فاکتورهای رشد تایید شده است.

مطالعات آبزی‌پروری گلبول‌های قرمز، گلبول‌های سفید، هموگلوبین (هموگلوبین و هماتوکریت و همچنین پروتئین کل را به عنوان پارامترهای هماتولوژی رایج اندازه‌گیری کرده‌اند و برای پایش این تغییرات، دامنه‌های استاندارد گسترده‌ای برای گونه‌های مختلف در شرایط محیط پرورش گزارش شده است اما مقایسه داده‌های هماتولوژی به عنوان شاخص‌های بیولوژیکی بین گونه‌های ماهی یا حتی گونه‌های مشابهی که در شرایط آزمایشی مختلف پرورش می‌یابند، اگر غیرممکن نباشد، بسیار دشوار است (Esmaeili، ۲۰۲۱). با اینحال ارزیابی جیره در ماهیان را می‌توان با سنجش شاخص‌های خونی انجام داد (سلحشوری و همکاران، ۱۳۹۶). در تاس‌ماهی سیبری با افزایش مقادیر چربی جیره، کاهش تعداد گلبول‌های قرمز، هماتوکریت و هموگلوبین خون اتفاق افتاد (رمضانی و همکاران، ۱۳۹۴). درصد هماتوکریت حجم گلبول‌های قرمز را به پلاسما نشان می‌دهد (Esmaeili، ۲۰۲۱). در پژوهش ما بجز افزایش معنی‌دار درصد هماتوکریت تیمار ۴ (غذای خارجی) تفاوت معنی‌داری در هیچ کدام از شاخص‌های خونی سلول‌های قرمز مشاهده نشد که دست کم نشاندهنده عدم تفاوت در نسبت‌های ترکیب جیره‌های ساخت ایران می‌باشد.

گلبول‌های سفید به عنوان شاخص‌های وضعیت سلامت در ماهی شناخته می‌شوند و نقش مهمی در تنظیم عملکرد سیستم ایمنی دارند. کاهش یا افزایش درصد فراوانی سلول‌های مختلف می‌تواند نشان‌دهنده تحریک سیستم ایمنی ماهی باشد (Mokhtar و همکاران، ۲۰۲۳). داده‌های هماتولوژیک در مورد شاخص گلبول‌های سفید و شمارش افتراقی آن که از نمونه‌های پرورش یافته در سیستم‌های گردشی آبزی‌پروری در (*H. huso*) جمع آوری شده (Zarejabad و همکاران، ۲۰۰۹؛ Zarejabad و همکاران، ۲۰۱۰؛ Akrami و همکاران، ۲۰۱۳)، حاکی از آن است که فراسنجه‌های یاد شده تحت تاثیر عوامل محیطی مختلف شامل دما، فصل، سن، جنسیت و تغذیه بوده‌اند؛ در پژوهش حاضر با توجه به یکسان بودن تمام شرایط پرورش عامل تاثیرگذار بر تفاوت‌ها ناشی از کیفیت جیره‌های متفاوت بوده است، بطوری که تیمار۳ موجب افزایش سلول‌های خونی سفید شده حال آن که سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری با یکدیگر و نیز جیره وارداتی نداشته‌اند. لنفوسیت‌ها در تمام گونه‌ها فراوانترین سلول‌های سفید می‌باشند (Salkova و همکاران، ۲۰۲۲). در تیمارهای ۲ و ۳ کمتر از سایر تیمارها بودند که نشان از برتری این تیمارها نسبت به سایر جیره‌ها بود ($P<0/05$). نوتروفیل‌ها سلول‌هایی چند هسته هستند که نقش فاگوسیتوزی دارند نوتروفیل‌ها اولین گرانولوسیت‌هایی هستند که در محل آسیب دیده ظاهر می‌شوند و به دنبال آن ماکروفاژها قرار می‌گیرند. نوتروفیل‌ها از جریان خون مهاجرت می‌کنند و ماکروفاژها از مونوسیت‌های خون منشأ می‌گیرند (Biller-Takahashi و Urbinati، ۲۰۱۴). داده‌های این پژوهش حاکی از آسیب بیشتر ناشی از مصرف جیره شماره ۳ بوده است. عدم اختلاف

معنی‌دار (P>۰/۰۵) نوتروفیل‌ها در جیره‌های ۲،۱ و ۴ نشـان از شـرایط بهتر آنها داشـته اسـت. گزارش‌های مربوط بـه مونوسـیت‌ها در شـمارش افتراقی اغلب متناقض بودند. برخی از نویسـندگان هیچ مونوسیتی را در شـمارش افتراقی ذکر نکرده‌انـد، امـا در پژوهش حاضـر نسبت مونوسیت‌های تیمار۱و۴ از تیمارهای ۲ و ۳ بطور معنی‌داری کمتر بود. پژوهش‌هـای متعـدد نشـان داده اند که لیزوزیم توسـط لکوسیت‌ها (به طور عمده مونوسـیت‌ها و نوتروفیل‌ها) تولید می‌شود و در مخـاط، تخم، خون و بـافـت‌هـا یافت می‌شـود و بر پپتیـدوگلیکـان دیواره سـلولی پاتوژن‌ها عمل می‌کند (Biller-Takahashi و Urbinati، ۲۰۱۴). نسـبت‌های حاصـل از شـمارش افتراقی مونوسیت‌ها در تیمارهای ۱و ۴ با نتایج گزارش شـده برای فیل‌ماهی در شـرایط اسـتاندارد سـایر پژوهش‌ها (Akrami و همکاران، ۲۰۱۳؛ Mazandarani و همکـاران، ۲۰۱۵) مطـابقت داشـت. افزایش معنی‌دار فراوانی سـلول‌های سـفید خونی در تیمـارهای ۱و ۴ را می‌توان به تاثیر دو جیره یاد شـده ارتباط داد. افزایش مونوسـیت‌های تیمارهای ۲و۳ هم میتواند اثر هورمون‌های اسـترس دانسـت که بـاعـث افـزایـش تـکـثیر لنفوسـیـت هـا، آپوپتوز گرانولوسـیـت هـا و مهـاجرت مونوسـیـت هـا و گرانولوسـیت‌های نوتروفیل از بافت خونسـاز بخش جلویی کلیـه بـه خون محیطی می‌شـوند. تعداد زیاد گردش لکوسـیـت‌ها (لکوسـیتوز) می‌تواند موجب افزایش تعداد مونوسـیت‌ها (مونوسـیتوز) ونوتروفیل‌ها و همچنین کاهش همزمان تعداد لنفوسیت‌ها (لنفوپنی) را منعکس کند. این اختلال در تنظیم سـیسـتم ایمنی بـدن می‌توانـد بـه حالت التهابی مداوم در ماهی منجر شـود (Seibel و همکـاران، ۲۰۲۱). در جمع‌بنـدی افزایش نوتروفیلها و کاهش مونوسـیت‌ها در تیمارهای ۱و ۴ به این دلیل اسـت که مونوسـیت‌ها فاگوسیتوز و فعالیت‌های غیراختصـاصـی سم زدایی سلولی را انجام می‌دهند و سلول‌های گذرا در خون محسوب می‌شوند زیرا در طی فرآینـد التهـابی آنها از طریق بافت همبند مهـاجرت می‌کننـد و به ماکروفاژها تبدیل می‌شـوند (Biller-Takahashi و Urbinati، ۲۰۱۴).

شاخص‌های بیوشیمیایی مختلف در سرم می تواند به سـرعت وضـعیت سـلامت بافت‌ها و عملکردهای متـابولیکی بـدن را منعکس کند (Zheng و همکاران، ۲۰۲۳). در محیط‌های بالینی، سـطوح ALT، AST و ALP به عنوان شـاخص‌های آسـیب کبدی تعیین شـد (Reshma و همکـاران ، ۲۰۲۰). آمینوترانسـفرازهـا درتمـام موجودات زنده انتقال اسـیدهای آمینه به کتو اسـیدها را کاتالیز می‌کنند ودر صـورت لزوم امکان تبدیل متقابل بین متابولیسم کربوهیدرات و پروتئین را فراهم می کنند. هنگامی که آسـیب سـلول‌های کبدی رخ می دهـد، ALT و AST در ناحیه خارج سـلولی خون آزاد می شـوند که باعث افزایش سـطح فعالیت ترانس‌آمیناز در سـرم می‌شـود. افزایش قابل توجه در فعـالیـت‌هـای ALT و AST نشـان‌دهنـده افزایش فرآینـدهـای ترانس‌آمینـاز اسـت و نشـان‌دهنـده شـاخص‌های کلی آسـیب بافتی در بادکنک‌ماهی ببری (*Rubripes takifugu*) است (Gao و همکاران، ۲۰۲۰). با مقایسـه مقادیر آنزیم‌های ALT، AST و ALP و در نظر گرفتن تیمار۴ به عنوان شاهد، از نظر مشابهت هر سـه نوع آنزیم‌ها به تیمار شـاهد و کمترین آسـیب به سـلول‌های کبدی ناشـی از مصرف جیره‌هایی با منابع متفـاوت اجزا جیره و همانندی با اثرات ترکیبات جیره با استاندارد بین‌المللی تایید شده تیمار ۲ بوده است.

سـنجش پارامترهای اقتصـادی در تغذیه و تعیین نیـازهـای غـذایی در مـاهیـان جهت بالا بردن راندمان تولید و دسـتیابی به سـودی بیشـتر، امری ضـروری می‌بـاشـد (Hardy و همکـاران، ۲۰۲۲). آگـاهی از زیسـت‌شـناسـی و رفتار تغذیه‌ای گونه و همچنین مدیریت شـرایط زیسـت محیطی فرایند تولید ضـامن

موفقیت اقتصادی در زمینه پرورش آبزیان می باشد (Staykov و همکاران، ۲۰۰۷). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که از نظر اقتصادی (به ازای قیمت هر کیلوگرم غذا) تیمار ۲ مناسب ترین جیره غذایی می‌باشد. همچنین اگر قیمت هر کیلو گوشت فیل‌ماهی ثابت فرض شود، با توجه به این که بیشترین افزایش وزن بدن و کمترین ضریب تبدیل غذایی نیز در تیمار ۲ مشاهده شده، کمترین هزینه برای افزایش هر کیلو وزن ماهی صرف شد. یعنی صرف هزینه کمتر برای هر کیلو غذا، استفاده ازغذای کمتر برای رشد هر کیلو گوشت و بیشترین رشد بین ۴ نوع غذای مختلف را داشته است.

در پژوهش حاضر پارامترهای فیزیکوشیمیایی و شرایط محیطی در طول آزمایش یکسان و بدون تغییر بودند بنابراین با ارزیابی نتایج زیست‌سنجی و شاخص‌های سلول‌های خونی و آنزیم‌های کبدی می‌توان اذعان کرد که جیره‌های مختلف بر شاخص‌های رشد و سلامت تاثیرگذار بودند و این تاثیر برای تیمار ۲ در مقایسه با سایر جیره‌های ساخت داخل و نیز جیره شاهد وارداتی از دیدگاه اقتصاد و کیفیت پرورش مطلوب‌تر بوده است. بنابراین می‌توان تیمار ۲ را با توجه به وزن اکتسابی بیشتر، شاخصهای سلول‌های خونی قرمز و سفید، آسیب کبدی کمتر و هزینه اقتصادی آن در میان این ۴ تیمار به عنوان برترین غذا انتخاب نمود، به بیان دیگر دارای منابع مناسبتری از پروتئین و چربی و مقادیر متعادلی از آنها بوده است.

پیشنهادات

از آنجا که منبع تامین نهاده‌های تولید غذای ماهی در ایران متفاوت می‌باشد و کیفیت تولید در مراحل مختلف یک نشان تجاری با سایر مراحل اختلافاتی دارد و پژوهش حاضر نیز در شرایط فصل تابستان به اجرا درآمده، بنابراین نیاز به اجرا و ادامه پژوهش در فصول و مزارع دیگر با منابع آبی متفاوت می‌باشد تا با در اختیار داشتن بانک اطلاعاتی گسترده و قابل اطمینان تولید غذای با کیفیت یا استفاده از غذاهای متفاوت در شرایط فصلی یا مزارع خاص با ویژگی‌های منحصر به فرد تصمیم‌سازی برای تولیدکنندگان و تصمیم‌گیری برای پرورش‌دهندگان را با هدف کاهش هزینه‌ها، بهینه سازی پرورش و دستیابی به خودکفایی واقعی در صنعت تولید غذای ماهیان خاویاری را میسر سازد. جهت انجام این روند نیز سرمایه‌گذاری مشترک تولیدکنندگان غذا یا همکاری متقابل با یکدیگر و ایجاد شرایط تشویقی برای تولیدکنندگان بخش خصوصی در اجرا و در اختیار گذاشتن داده‌ها ضروری می‌باشد. نویسندگان مقاله به همین سبب و جهت جلوگیری از ایجاد شائبه در مورد کیفیت غذا یا تبلیغ ناخواسته نشان تجاری خاص از ذکر نام تیمارها طی نگارش متن احتراز نموده‌اند.

منابع

ابراهیمی، ع.، پور رضا، ج.، پاناماریوف، س.و.، کمالی، ا.، حسینی، ع.، ۱۳۸۳. اثر مقادیر مختلف پروتئین و چربی بر شاخص‌های رشد و ترکیب شیمیایی لاشه بچه‌ماهیان انگشت‌قد فیل‌ماهی (*Huso huso*). نشریه علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۲، ۲۲۹-۲۴۲.

دلاوری، س.، طاعتی، ر.، عبداله‌پور بی‌ریا، ح.، ۱۳۹۶. ارزیابی چهار جیره غذایی رایج در بازار ایران بر عملکرد رشد، برخی از فاکتورهای بیوشیمیایی و آنزیم‌های کبدی فیل ماهیان (*Huso huso*) پرورشی. مجله علمی-پژوهشی زیست‌شناسی جانوری تجربی ۴، ۹۹-۱۰۸.

رمضانی، ف.، محسنی، م.، نصری تجن، م.، ۱۳۹۴. تعیین برخی از شاخص‌های خونی، بیوشیمیایی و آنزیم‌های کبدی بچه‌تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) تغذیه شده با سطوح مختلف چربی. مجله بهره برداری و پرورش آبزیان ۲، ۱-۱۵.

سلحشوری، ا.، فلاحتکار، ب.، عفت‌پناه، ا.، ۱۳۹۶. تاثیر سطوح پروتئین جیره بر عملکرد رشد و شاخص‌های خونی بچه فیل‌ماهی (*Huso huso*)، نشریه توسعه آبزی پروری ۱۱ (۱)، ۵۱-۶۲.

مومن‌نیا، م.، آرین‌نژاد، غ.ر.، مینوفر، ک.، بهشتی سرشت، ن.، برادران طهوری، ه.، متین فر، ع.، ۱۳۸۹. تکثیر و پرورش ماهیان خاویاری، معرفی زمینه های سرمایه‌گذاری در زیربخش شیلات. ۷۴ صفحه.

Akrami, R., Gharaei, A., Karami, R., 2013. Age and sex specific variation in haematological and serum biochemical parameters of Beluga (*Huso huso* Linnaeus, 1758). International Journal of Aquatic Biology 1 (3), 132-137.

Andrei (Guriencu), R.C., Cristea, V., Cretu, M., Dediu, L., Docan, A. I., 2018. The effect of feeding rate on growth performance and body composition of Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*) juveniles. AACL Bioflux11(3), 645-652.

Biller-Takahashi, J., Urbinati, E., 2014. Fish Immunology. The modification and manipulation of the innate immune system: Brazilian studies, Annals of the Brazilian Academy of Sciences, http://dx.doi.org/10.1590/0001-3765201420130159

Boyd, C.E., D'Abramo, L.R., Glencross, B.D., Huyben, D.C., Juarez, L.M., Lockwood, G.S., Valenti, W.C. 2020. Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. Journal of the World Aquaculture Society. Blackwell Publishing Inc. https://doi.org/10.1111/jwas.12714

Chebanov, M., Billard, R., 2001. The culture of sturgeon in Russia: production of juveniles for stocking and meat for human consumption. Aquatic Living Resources 14, 375-381.

Esmaeili, M., 2021. Blood Performance: A New Formula for Fish Growth and Health. Biology, 10, 1236. https://doi.org/10.3390/biology10121236

Falahatkar, B., 2012. The metabolic effects of feeding and fasting in beluga *Huso huso*. Marine environmental research. 82. 10.1016/j.marenvres.2012.09.003.

FAO., 2018. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Fotini, K., Antigoni, V., Chrysanthi, N., Ataman, B.S., Vasileios, K., Eleni, F., 2021. Growth performance and fatty acid tissue profile in gilthead seabream juveniles fed with different phospholipid sources supplemented in low-fish meal diets, Aquaculture, Volume 544,2021,737052,ISSN 0044-8486,https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737052.

Gao, X.Q., Fei, F., Huo, H.H., Huang, B., Meng, X.S., Zhang, T., Liu, B.L., 2020. Impact of nitrite exposure on plasma biochemical parameters and immune-related responses in *Takifugu rubripes*. Aquatic Toxicology, 218, e105362.

Hansen, A.C., 2009. Effect of replacing fish meal with plant protein in diet for Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). Ph.D. thesis, Bergen University.

Hardy, R.W., Kaushik S.J., Mai, K., Charles Bai, S., 2022. Fish nutrition—history and perspectives, Editor(s): Ronald W. Hardy, Sadasivam J. Kaushik, Fish Nutrition (Fourth Edition), Academic Press, Pages 1-16,ISBN 9780128195871,https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819587-1.00006-9.

Hasan, M.R., 2001. Nutrition and feeding for sustainable aquaculture development in the third millennium. In: Aquaculture in the third millennium. Technical proceedings of the conference on aquaculture in the third millennium, Bangkok, Thailand, 20-25 February 2000, 193219. NACA, Bangkok and FAO, Rome.

Hua, K., Cobcroft, J. M., Cole, A., Condon, K., Jerry, D. R., Mangott, A., Praeger, C., Vucko, M.J., Zeng,C., Zenger, K., Strugnell, J. M., 2019. The Future of Aquatic Protein: Implications for Protein Sources in Aquaculture Diets, One Earth, Volume 1, Issue 3, Pages 316-329, ISSN 2590-322,https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.10.018.

Kim, L.O., Lee, S.M., 2005. Effects of the dietary protein and lipid levels on growth and body composition of bagrid catfish, *Pseudobagrus fulvidraco*. Aquaculture 243, 323-329.

Kolman, R., Kapusta, A., 2018. Food Characteristics and Feeding Management on Sturgeon with a Special Focus on the Siberian Sturgeon. 10.1007/978-3-319-61676-6_5.

Lee, S., Zhao, sH., Li, Y., Binkowski, F.P., Deng, D., 2018. Evaluation of Formulated Feed for Juvenile Lake Sturgeon Based on Growth Performance and Nutrient Retention, North American Journal of Aquaculture, 80, 223-236, DOI: 10.1002/naaq.10026.

Mazandarani, M., Taheri Mirghaed, A., Hoseini, S.M., 2015. Hematological characteristics and reproduction indices of wild beluga (*Huso huso*) broodstocks from the southeast of the Caspian Sea. Iranian Journal of Veterinary Medicine 9 (1), 65-71.

Merrifield, D.L., Bradley, G., Harper, G.M., Baker, R.T.M., Munn, C.B., Davies, S.J., 2011. Assessment of the effects of vegetative and lyophilized *Pediococcus acidilactici* on growth, feed utilization, intestinal colonization and health parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture Nutrition 17(3), 73-79.

Mohseni, M., Sajjadi, M., Pourkazemi, M., 2007. Growth performance and body composition of sub yearling Persian sturgeon, (*Acipenser persicus*, Borodin, 1987), fed different dietary protein and lipid levels. Journal of Applied Ichthyology 23(3), 204-208.

Mokhtar, D.M., Zaccone, G., Alesci, A., Kuciel, M., Hussein, M.T., Sayed, R.K.A., 2023. Main Components of Fish Immunity: An Overview of the Fish Immune System. Fishes, 8, 93. https://doi.org/10.3390/ fishes8020093

Reshma, K.J., Sumithra, T.G., Vishnu, B., Jyothi, R., Kumar, R.R., Pootholathil, S., Sanil, N.K., 2020. Indexing serum biochemical attributes of *Lutjanus argentimaculatus* (Forsskal, 1775) to instrument in health assessment. Aquaculture Research 51, 2590–2602.

Robb, D.H.F., Crampton, V.O., 2013. On-farm feeding and feed management: perspectives from the fish feed industry. On-farm feeding and feed management in aquaculture. In M.R. Hasan and M.B. New, eds. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 583. Rome, FAO. pp. 489–518.

Salkova, E., Gela, D., Pecherkova, P., Flajshans, M., 2022. Examination of white blood cell indicators for three different ploidy level sturgeon species reared in an indoor recirculation aquaculture system for one year. Vet Med-Czech 67, 138–149.

Seibel, H., Baßmann, B., Rebl, A., 2021. Blood Will Tell: What hematological analyses can reveal about fish welfare. Frontier veterinary sciences. 8:616955. doi: 10.3389/fvets.2021.616955.

Hung, S.S.O., 2017. Recent advances in sturgeon nutrition, Animal Nutrition, Volume 3, Issue 3, Pages 191-204, ISSN 2405-6545, https://doi.org/10.1016/j.aninu.2017.05.005.

Silverstein, J.T., Plisetskaya, E.M., 2000. The effects of NPY and insulin on food intake regulation in fish. American Zoologist 40, 296-308.

Sørensen, S.L., Ghirmay, A., Gong, Y., Dahle, D., Vasanth, G., Sørensen, M., Kiron, V., 2021. Growth, Chemical Composition, Histology and Antioxidant Genes of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Fed Whole or Pre-Processed Nannochloropsis oceanica and Tetraselmis sp. Fishes 6(3), 23. https://doi.org/10.3390/fishes6030023.

Staykov, Y., Spring, P., Denev, S., Sweetman, J., 2007. Effect of a mannan oligosaccharide on the growth performance and immune status of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture International 15: 153-161.

Taşbozan, O., Gökçe, M.A., Fatty Acids in Fish. In: Catala A, editor. Fatty Acids [Internet]. London: IntechOpen; 2017. Available from: https://www.intechopen.com/chapters/54572 doi: 10.5772/68048.

Tucker, B.J., Booth, M.A., Allan, G.L., Booth, D., Fielder, D., 2006. Effects of photoperiod and feeding frequency on performance of newly weaned Australian snapper *Pagrus auratus*. Aquaculture 258, 514-520.

Webster, C.C., Lim, C.E., 2002. Nutrient requirement and feeding of finfish for aquaculture. CAB International, CABI Publishing, 418 P.

Yong, A.S.K., Ooi, S., Shapawi, R., Biswas, A.K., Kenji, T., 2015. Effects of Dietary Lipid Increments on Growth Performance, Feed utilization, carcass composition and intraperitoneal fat of Marble Goby, *Oxyeleotris marmorata*, juveniles. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 15, 653-660. http://doi.org/10.4194/1303-2712-v15_3_10

Zarejabad, A.M., Sudagar, M., Pouralimotlagh, S., Bastami, K.D., 2009. Effects of rearing temperature on haematological and biochemical parameters of great sturgeon (*Huso huso* Linnaeus, 1758) juvenile. Comparative Clinical Pathology 19 (4), 367-371.

Zarejabad, A.M., Jalali, M.A., Sudagar, M., Pouralimotlagh, S., 2010. Hematology of great sturgeon (*Huso huso* Linnaeus, 1758) juvenile exposed to brackish water environment. Fish Physiology and Biochemistry 36 (3), 655-659.

Zheng, Y., Liu, J., Xu, J., Fan, H., Wang, Y., Zhuang, P., Hu. M., 2023. Comparison of Artificial Feed and Natural Food by the Growth and Blood Biochemistry in Chinese Sturgeon (*Acipenser sinensis*). Fishes 8, no. 1: 45. https://doi.org/10.3390/fishes8010045

Journal of New Technologies in Aquaculture Development, Azadshahr Branch, Islamic Azad University Vol. 17, No. 1, Spring 2023

Efficiency of growth blood cells parameters, hepatic enzymes and price of cultured Beluga (*Huso huso*) fed by three Iran-made diets

A. Sobhani Darzimahaleh[1], H. Vahabzadeh Roudsari[2]*

[1] Msc graduated in Aquaculture, Department of Fisheries, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran.

[2] Department of Fisheries, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran.

Abstract

Breeding expansion of giant sturgeon (Huso huso) in different regions of Iran and production of formulated food in sturgeon farms by domestic factories and changes in the price of imported foods, caused the importance of appropriate diet selection. This research was conducted to evaluate the diets' biological performances and economic efficiency of some diets produced in Iran for rearing two-years-old Beluga for 45 days. Several 32 pieces of giant sturgeon with an average weight of 2156.94 ± 336.61 grams were labelled and cultured in 4 groups. 4 treatments including three types of Iranian food (treatments 1, 2, and 3) and an imported diet (treatment 4) were determined, which by default had different formulations in terms of protein and fat sources and amounts. Feeding set up according to the manufacturer's instructions based on stocking density (every 15 days Biometry) and water temperature. The results showed that the highest values of body weight gain, obesity coefficient, and the lowest food conversion rate were observed in treatment 2. In the comparison of red blood indices, except for the haematocrit percentage of treatment 4, which was higher, there was a difference in the treatments was not observed. But the difference in the number of white blood cells counts and the differential count in the treatments were significant. The fish fed with treatments 3 and 1 had lower amounts of liver enzymes compared to other treatments. Considering the costs related to each of the rations, overall, treatment 2 was preferred to other treatments.

***Keywords*:** Beluga, Growth, Diet, Conversion ratio, Cost

* Corresponding authors; habib.vahabzadeh@gmail.com