بهره‌برداری و پرورش آبزیان
جلد چهارم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹٤
http://japu.gau.ac.ir

تعیین برخی از شاخص‌های خونی، بیوشیمیایی و آنزیم‌های کبدی بچه تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) تغذیه شده با سطوح مختلف چربی

فریبا رمضانی[۱]، *محمود محسنی[۲] و مهرداد نصری‌تجن[۳]

[۱]دانش‌آموخته کارشناس‌ارشد شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت، [۲]استادیار پژوهشی، موسسه تحقیقات بین‌المللی تاسماهیان دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت،
[۳]استادیار گروه شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرانزلی

تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۷/۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٤/۱۰/۵

چکیده

این پژوهش به‌منظور مقایسه اثر سطوح مختلف چربی جیره برعملکرد رشد، برخیاز شاخص‌های خونی، بیوشیمیایی و آنزیم‌های کبدی خون بچه تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) به‌مدت ۱۲ هفته طراحی و اجرا گردید. بدین منظور تعداد ۱۳۵ عدد بچه ماهی (۰/۳۳±۱۵/٦گرم) در ۹ تانک فایبرگلاس ۵۰۰ لیتری (به تعداد ۱۵ عدد در هر تانک) توزیع شدند. سه جیره آزمایشی محتوی سطوح متفاوت چربی شامل ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد (به‌عنوان سطوح پایین، بهینه و بالا) با پروتئین یکسان (٤۲ درصد) فرموله و در اختیار ماهیان داده شد. ماهیان در طول دوره پرورش، به‌صورت دستی ۳ بار در روز تا حد سیری تغذیه شدند. نتایج روند رشد در پایان دوره پرورش حاکی از آن بود که ماهیان تغذیه شده با جیره محتوی چربی ۱۵ درصد، به‌طور معنی‌داری از وزن کسب شده (WG) و شاخص رشد ویژه (SGR) بالاترین سبت به ماهیان تغذیه شده با تیمار حاوی ۲۰ درصد چربی برخوردار بودند. در حالی‌که ضریب تبدیل غذایی ماهیان تیمار فوق‌الذکر، به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از سایر تیمارها بود. همچنین برخی از شاخص‌های خونی (هماتوکریت، هموگلوبین، گلبولقرمز و گلبولسفید)، بیوشیمیایی (پروتئینکل و گلوکز) و آنزیم‌های کبدی (آمینوترانسفراز و آسپارتات آمینوترانسفراز)

*مسئول مکاتبه: mahmoudmohseni73@gmail.com

ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی چربی ۱۵ درصد، به‌طور معنی‌داری نسبت به ماهیان تغذیه شده با چربی ۲۰ درصد چربی بهبود یافت. با توجه به نتایج مطالعه حاضر می‌توان اذعان نمود، افزایش سطح چربی در جیره تا سطح ۱۵ درصد، سبب بهبود عملکرد روند رشد، کارایی غذا و شاخص‌های خونی و سیستم ایمنی بچه تاس ماهی سیبری خواهد شد.

واژهای کلیدی: چربی، فاکتورهای خونی، سیستم ایمنی، تاس ماهی سیبری (*Acipenser baerii*)

مقدمه

تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) از سال ۱۳۸۵ با هدف تولید خاویار و هیبریدگیری به کشور وارد گردید. همانند سایر گونه‌های پرورشی آبزی، از شروط ضروری برای موفقیت در پرورش این‌گونه ارزشمند شیلاتی توجه به تغذیه و فرمولاسیون جیره‌های غذایی مناسب آن است که بایستی پاسخگوی تمامی نیازهای غذایی آن‌ها را به تأمین نماید. در حال حاضر جیره غذایی اختصاصی تاسماهی سیبری در ایران موجود نبوده و عموماً از سایر خوراک‌های فرموله شده استفاده می‌شود که هم به لحاظ اقتصادی و هزینه تمام شده تولید چندان منطقی نبوده و هم مطابق با نیازهای غذایی آن نمی‌باشد (محسنی و همکاران، ۲۰۱۰). بنابراین، باید پژوهش‌هایی چند بعدی در مورد نیازهای تغذیه‌ای و فرمولاسیون غذایی مناسب برای این‌گونه از ماهیان صورت پذیرد که علاوه‌بر هزینه تمام شده پایین‌تر، دارای راندمانی بالا به لحاظ رشد نیز بوده و از سوی دیگر توان طبیعی ماهی را به لحاظ مقاومت در برابر عوامل استرس‌زای بیرونی (استرس‌های محیطی مانند استرس ناشی از درجه حرارت، شوری، اسیدیتی، قلیایی، اکسیژن و ...) و عوامل بیماریزا کاهش ندهد (دنگ، ۲۰۰۰، هانگ و دنگ، ۲۰۰۲).

اطلاعات در خصوص حد بهینه چربی در بسیاری از گونه‌های تاس‌ماهیان محدود می‌باشد، هرچند مطالعاتی در این زمینه بر روی تاس‌ماهی سفید (*Acipenser tranasmantanus*) (برن‌دان و همکاران، ۱۹۸۸)، فیل‌ماهی (*Huso huso*) (ابراهیمی و همکاران، ۲۰۰٤، محمدی و همکاران، ۲۰۰۲، محسنی و همکاران، ۲۰۰٦) و تاس‌ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) (ابراهیمی و همکاران، ۲۰۰٤، محسنی و همکاران، ۲۰۰۷ و سیدحسنی و همکاران، ۲۰۱۱) انجام شده است.

چربی‌ها، منابع اسیدهای چرب ضروری در جیره‌های آبزیان می‌باشند. آن‌ها منبع غنی از انرژی و فسفولیپیدهای غذایی هستند و این فسفولیپیدها به‌عنوان ترکیبات ساختاری غشاها و حیاتی می‌باشند. چربی‌های غذایی همچنین به‌عنوان حاملان دیگر عناصر غذایی قابل جذب از جمله ویتامین‌های محلول در چربی مانند ویتامین E, D, A, K و رنگدانه‌های طبیعی یا مصنوعی به‌کار می‌روند و منبع استرول‌های ضروری و فسفولیپیدها نیز می‌باشند. استرول‌ها وظایف بیولوژیکی بسیاری دارند و به‌عنوان مواد پیش‌ساز در سنتز ویتامین و هورمون‌ها به‌کار می‌روند. تحقیقات مربوط به تغذیه ماهی از چربی، در پیشرفت غذای آبزیان نقش کلیدی داشته‌اند. در بین گونه‌های مختلف و همچنین در مراحل مختلف زندگی فردی هرگونه، تفاوت‌های عمده‌ای در احتیاجات اسیدهای چرب ضروری به اثبات رسیده‌است. برای گونه‌هایی مثل آزاد ماهیان که نیازهای اسیدهای چرب ضروری آن‌ها مشخص شده است، بیشتر به‌روی تعادل مناسب بین چربی‌ها و دیگر عناصر غذایی و نقش آن‌ها در مجموعه انرژی محتوی جیره توجه می‌شود. علاوه‌بر این مصرف‌کنندگان فرآورده‌های ماهی و میگو نیز در مورد استفاده از چربی‌ها در جیره‌های غذایی این حیوانات به لحاظ اثر آن‌ها روی کیفیت گوشت و نقش آن در سلامت انسان توجه زیادی دارند (گود دارد استعفان، ۱۹٤۷). همچنین ثابت شده است که نسبت مناسب پروتئین به انرژی جیره غذایی نقش مهمی در استفاده بهینه ماهیان از پروتئین و انرژی دارد (هانگ و همکاران، ۱۹۹۷). شناخت فاکتورهای خونی علاوه‌بر شناخت فیزیولوژی آبزی شاخص مهم و منحصربه‌فرد هر گونه است که آن را از سایر ماهیان متمایز می‌کند. اهمیت این شناخت نه تنها در تشخیص گونه مهم است بلکه از نظر اقتصادی نیز می‌تواند در شناسایی بیماری‌ها و تعیین شرایط بهداشتی و سلامت ماهی مفید باشد (عبدل- توواب و همکاران، ۲۰۰۵، بهمنی و همکاران، ۲۰۰۱). تغییرات در شاخص‌های خونی ماهی که به‌خاطر صدمات یا عفونت بعضی از اندام‌ها اتفاق می‌افتد را می‌توان جهت بررسی و تأیید عدم آلودگی استفاده نمود. بنابراین در ماهیان شاخص‌های خونی در ارتباط با پاسخ همه اندام‌ها از قبیل اثر روی زنده ماندن ماهی، تکثیر و رشد هستند. اگرچه مکانیسم‌های واکنش فیزیولوژیک و بیوشیمیایی نسبت به‌عوامل خارجی به اندازه کافی بررسی نشده، اما روشناس تکه انواع متفاوتی از آن‌ها در ماهیان وجود دارد (رز و رز، ۱۹۹۹). به‌دلیل رشد مناسب‌تر نسبت به تاسماهی سیبری و رسیدگی جنسی سریع‌تر نسبت به فیل ماهی، توانایی زیستن در آب شیرین، قابلیت سازش با غذای دستی و سرعت رشد بالا هم اکنون یکی از گزینه‌های اصلی پرورش تاس‌ماهیان در جهان به‌شمار می‌آید. لذا انجام تحقیقات مختلف تغذیه‌ای، به‌منظور دستیابی به

مناسب‌ترین جیره غذایی برای هرگونه و در اوزان مختلف به‌منظور تولید گوشت و خاویار به‌منظور کاهش فشار بر ذخایر طبیعی تاس‌ماهیان به‌عنوان گونه‌های در حال انقراض، ضروری به‌نظر می‌رسد. بنابراین، مطالعه حاضر باهدف تعیین سطوح مناسب چربی در جیره غذایی در روند رشد، شاخص‌های خونی و سیستم ایمنی ماهی تاس‌ماهی سیبری پرورشی زیر یکسال، طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

جیره‌های غذایی و نحوه تهیه آن: به‌منظور تهیه جیره‌های غذایی، ابتدا ترکیبات غذایی موردنیاز جهت آنالیز به آزمایشگاه (آنالیز غذایی مرکز تحقیقات علوم دامی کشور و موسسه تحقیقات بین‌المللی تاس‌ماهیان دریای خزر) منتقل گردید تا براساس اطلاعات صحیح از ترکیب مواد اولیه نسبت به تنظیم جیره‌ها اقدام گردد (جدول ١). با استفاده از پودر ماهی کیلکا عمل‌آوری شده در دمای پایین و کنجاله سویا به‌عنوان منبع پروتئینی، روغن ذرت و روغن ماهی کیلکا (به نسبت مساوی) به‌عنوان منبع چربی و آردگندم به‌عنوان منبع کربوهیدرات، سه جیره آزمایشی با پروتئین خام یکسان (٤٢ درصد پروتئین) محتوی سطوح ١٠-١٥ و ٢٠ درصد چربی فرموله شدند. پس از تنظیم و تعیین درصد هریک از اجزای سازنده جیره‌ها، اقدام به ترکیب و آماده‌سازی آن‌ها توسط دستگاه پلتزن CPM شد. پلت‌ها به قطر ٢ میلی‌متر تهیه و به‌مدت ٢٤ ساعت در دستگاه خشک کندر دمای ٣٠ درجه سانتی‌گراد به‌منظور کاهش رطوبت تا رسیدن به‌میزان ٩ تا ١٠ درصد قرار داده شدند. جیره‌ها پس از خشک شدن، بسته‌بندی، شماره‌گذاری شده و تازمان مصرف در دمای منفی ١٨ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. یکساعت قبل از مصرف و توزیع غذا، جیره‌ها خارج و پس از متعادل شدن با دمای اتاق با استفاده از ترازوی دیجیتال توزین و در اختیار ماهیان قرار گرفت.

تهیه ماهیان و نحوه پرورش: تعداد ١٣٥ عدد بچه تاس‌ماهی سیبری (١٥ عدد در هر تانک) با وزن متوسط ١٥/٦±٠/٣٣ گرم به‌طور تصادفی در ٩ تانک فایبرگلاس ٥٠٠ لیتری (قطر ١٠٠ سانتی‌متر، ٥٣ سانتی‌متر ارتفاع و حجم مفید آب ٣٥٠ لیتر) در فضای سرپوشیده مجهز به سیستم هوادهی، تخلیه آب مرکزی و شیرهای تنظیم آب (به‌صورت فواره‌ای) بادبی آب ٤/٧٥ لیتر در دقیقه (آبرودخانه سفیدرود) در موسسه تحقیقات بینالمللی تاس‌ماهیان دریای خزر به‌مدت ١٢ هفته پرورش داده شدند. هرجیره به ٣ تانک فایبرگلاس داده شد. ماهیان ٣ بار در روز در ساعات ٨-١٦ و ٢٤ تا حد سیرابی به‌صورت دستی غذادهی شدند. منظور کاهش استرس، ١٢ ساعت قبل و بعد از زیست‌سنجی، غذادهی ماهیان

قطع می‌گردید. جهت زیست‌سنجی، ماهیان توسط محلول ۲۰۰ پی‌پی‌امپو در گل میخک بیهوش می‌شدند (محسنی و همکاران، ۲۰۰۶).

جدول ۱- فرمولاسیون جیره‌های مختلف غذایی مورد استفاده در آزمایش.

	جیره‌های آزمایشی		
ترکیبات جیره	۱	۲	۳
آردماهی (درصد)	٥٤	٥٤	٥٤
آردگندم (درصد)	۱۸	۱٦	۱۲/٥
شیرخشک (درصد)	٥	٥	٥
کنجاله سویا (درصد)	۸	۸	۸
روغن (ماهی و روغن ذرت درصد)	۳	٦	۸/٥
گلوتنذرت (درصد)	٥	٥	٥
مخمر (درصد)	۳	۳	۳
مخلوط مواد معدنی* (درصد)	۲	۲	۲
مخلوط مواد ویتامینی* (درصد)	۱	۱	۱

* مخلوط مواد معدنی (هر گرم شامل):

Iron, 5 mg; Zinc, 15mg; Copper, 3 mg; Manganese, 20 mg; Calcium lactate, 327 mg; Nacl, 43.5 mg; Potassium Iodate, 0.3 mg

* مخلوط مواد ویتامینی (هرگرم شامل):

Vitamin A, 5000 I.U; Vitamin D3, 500 I.U; Vitamin E, 3 mg; Vitamin K3, 1.5 mg; Vitamin B2, 1 mg; Ca. pantothenate, 4 mg; Vitamin B3, 15 mg, Vitamin B6, 0.3 mg.

جدول ۲- ترکیبات تقریبی جیره پایه.

جیره‌های آزمایشی	ترکیب تقریبی (درصد)				
	رطوبت	خاکستر	پروتئین	چربی	فیبر
جیره ۱	۹/۲ ±۰/۱	۷/۹ ± ۰/۰۲	٤۳/٥ ± ۰/۸	۱۰/٤± ۰/۲	۲/۰ ± ۰/۱
جیره ۲	۱۰/۲ ±۰/۱	۸/٤ ± ۰/۰٤	٤٤/۲ ± ۰/۸	۱٥/۱± ۰/۲	۲/۰ ± ۰/۱
جیره ۳	۹/۸ ±۰/۱	۸/۳ ± ۰/۰٤	٤۳/۷ ± ۰/۸	۲۰/۳± ۰/۲	۲/۰ ± ۰/۱

تعیین شاخص‌های رشد: استفاده از اطلاعات زیست‌سنجی هر تانک، فاکتورهای محاسباتی شامل وزن کسب شده (WG)، شاخص رشد ویژه (SGR)، ضریب تبدیل غذایی (FCR)، ضریب چاقی (CF) و نسبت بازده پروتئین (PER) محاسبه شد.

وزن ابتدایی- وزن انتهایی= میزان افزایش وزن (WG)

١٠٠ × دوره پرورش/ (لگاریتم وزن ابتدایی- لگاریتم وزن انتهایی)= نرخ رشد ویژه (SGR)

١٠٠ ×^{3}(طول)/ وزن= شاخص وضعیت (CF)

وزن تر تولید شده/ وزن غذای خورده شده= ضریب تبدیل غذایی (FCR)

١٠٠ × پروتئین مصرف شده/ وزن تر تولید شده= نرخ بازده پروتئین (PER)

در پایان دوره پرورش غذادهی ماهیان به‌مدت ٢٤ ساعت به‌منظور دفع محتویات لوله گوارش ماهیان قطع و عملیات خونگیری به‌منظور بررسی شاخص‌های خونی (هماتوکریت، هموگلوبین، گلبولقرمز و گلبولسفید)، بیوشیمیایی (پروتئین کلوگلوکز)، آنزیم‌های کبدی شامل آلانین آمینوترانسفراز (ALT)، آسپارتات آمینوترانسفراز (AST)، فاکتورهای ایمنی از قبیل اندازه‌گیری لیزوزیم خون ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی سطوح مختلف چربی از سیاهرگ دمی واقع در پشت باله مخرجی تاس‌ماهی سیبری پرورشی صورت گرفت. جهت انجام مطالعات خون‌شناسی از سرنگ‌هایی با حجم ٢ cc استفاده گردید. بعد از گرفتن ٢ cc خون توسط سرنگ از ورید ساقه دمی این ماهیان، ٠/٥cc خون به داخل تیوب‌های اپندروف آغشته به ماده ضدانعقاد خون (هپارین) شماره‌گذاری شده جهت انجام مطالعات فاکتورهای خونی ریخته و ١/٥ cc باقیمانده به داخل تیوب‌های اپندروف غیر هپارینه شماره‌گذاری شده جهت انجام مطالعات فاکتورهای ایمنی، نمونه‌ها در یک کلمن حاوی یخ خشک و به دور از تکان‌های شدید به آزمایشگاه هماتولوژی ارسال گردید. در این مطالعه تعداد گلبول‌های قرمز خون (RBC)، تعداد گلبول‌های سفید خون (WBC)، میزان هماتوکریت (PCV) و هموگلوبین (Hb) با استفاده از روش‌های آزمایشگاهی متداول اندازه‌گیری شد (فلدمن و همکاران، ٢٠٠٠). جهت انجام مطالعات سرولوژی خون موجود در لوله‌های اپندورف فاقد ماده ضدانعقاد هپارین توسط سانتریفوژ (مدل Labofuge ساخت شرکت Heraeus sepatch آلمان) با دور ٣٠٠٠ در دقیقه به‌مدت ١٠ دقیقه سانتریفوژ شده، سرم جدا و با سمپلر در اپندورف‌های تازه ریخته و در دمای ٨٠- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. اندازه‌گیری این شاخص‌ها با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی (شرکت پارس آزمون،

تهران) و به‌وسیله دستگاه اتوآنالایزر (Eurolyser, Belgium) صورت گرفت. اندازه‌گیری گلوکز به روش گلوکز اکسیداز، پروتئین تام به روش بیوره (Biuret)، صورت گرفت. سنجش آنزیم آلانین آمینوترانسفراز (ALT)، آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) به روش رنگ‌سنجی کینتیک صورت گرفت (شهسهوانی و همکاران، ۲۰۱۰).

برای اندازه‌گیری سطوح لیزوزیم در سرم خون، ۱/۷۵ میلی‌لیتر از سوسپانسیون (سیگما- آمریکا) باکتری میکروکوکوس لای‌سودیکتیکوس (Micrococcus lysodeikticus) معادل مقدار ۰/۳۷۵ میلی‌گرم در میلی‌لیتر از بافر فسفات سدیم ۰/۰۵ مولار با pH برابر ٦/۲) با ۲۵۰ میکرولیتر از نمونه‌های سرم مخلوط و جذب نوری پس از ۱۵ و ۱۸۰ ثانیه به روش طیف‌سنجی و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ٦۷۰ نانومتر قرائت شد. از بافر فسفات سدیم به‌عنوان بلانک استفاده شد.

آنالیز آماری: تحقیق حاضر در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی متعادل در سه تکرار روی بچه ماهیان مورد بررسی قرار گرفت. به‌منظور بررسی توزیع نرمال داده‌ها در گروه‌ها و تکرارها جهت تشکیل تیمارها از آزمون Kolmogorov-Smirnov استفاده شد. به‌منظور مقایسه آماری داده‌های حاصل از شاخص‌های رشد، ترکیب لاشه و شاخص‌های بیوشیمیایی بین گروه‌ها در تیمارها آزمون آنالیز واریانس یکطرفه (One-way ANOVA) به‌کار گرفته شد و پس از انجام آزمون همگنی واریانس‌ها، جهت مقایسه گروه‌ها با یکدیگر از آزمون دانکن استفاده شد. کلیه آنالیزهای آماری با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۲ صورت گرفت. اختلاف معنی‌دار آماری با سطح $P\leq ۰/۰۵$ در نظر گرفته شد. داده‌های این مطالعه به‌صورت Mean ± SD نشان داده شده است.

نتایج

نتایج پارامترهای کیفی آب هیچگونه اختلاف معنیداری را طول دوره پرورش در تیمارهای مورد بررسی نشان ندادند. بر اساس آزمون تجزیه واریانس یکطرفه و آزمون دانکن در میانگین وزن نهایی بچه ماهیان (جدول ۲) تغذیه شده از سطوح مختلف چربی اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده شد ($P\leq ۰/۰۵$). بیشترین میانگین وزن نهایی متعلق به ماهیان تیمار ۱۵ درصد چربی بود که به‌طور معنی‌داری نسبت به ماهیان تغذیه ۲۰ درصد چربی برتری داشت. هر چند اختلاف معنی‌دار آماری بین ماهیان تغذیه شده تیمارهای ۱۰ و ۱۵ درصد چربی مشاهده نشد.

جدول ٣- مقایسه میانگین شاخص‌های رشد در بچه تاس‌ماهی سیبری تغذیه شده با جیره‌های مختلف غذایی در پایان مدت ١٢ هفته آزمایش (mean± SD, n=3).

شاخص‌ها	جیره‌های آزمایشی مورد مطالعه		
	تیمار ١ (سطح ١٠ درصد چربی)	تیمار ٢ (سطح ١٥ درصد چربی)	تیمار ٣ (سطح ٢٠ درصد چربی)
وزن نهایی (گرم)	١١٣/٤±٨/٢٦[a]	١٢٥/١±٦/٤٨[a]	٩٣/٤±٤/٥٣[b]
وزن کسب شده (درصد)	٦١٨±١٦/٤١[a]	٦٩٣±١٢/٤١[a]	٥١٢±٩/٤١[b]
شاخص رشد ویژه (درصد در روز)	٢/٤٦±٠/١٥[a]	٢/٥٩±٠/١٨[a]	٢/٢٦±٠/٢١[b]
ضریب تبدیل غذا	١/٦٢±٠/٢٢[b]	١/٢٢±٠/٢٦[c]	٢/١٩±٠/١٩[a]

حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها است (P≤٠/٠٥).

جدول ٤ نتایج شاخص‌های خونی تاس‌ماهیان سیبری در پایان هفته ١٢ را نشان می‌دهد. ماهیان تغذیه کرده از چربی ٢٠ درصد کمترین میزان هموگلوبین و هماتوکریت را به خود اختصاص دادند که اختلاف معنی‌داری را با تیمارهای ١٠ و ١٥ درصد چربی نشان دادند (p≤٠/٠٥). بیشترین میزان گلبول قرمز خون متعلق به ماهیان تغذیه شده با تیمارهای حاوی چربی ١٠ درصد و ١٥ درصد بود که با تیمار ٢٠ درصد چربی دارای اختلاف معنی‌دار آماری بود (p≤٠/٠٥). در صورتی‌که بالاترین تعداد گلبول سفید در تیمار چربی ٢٠ درصد رویت گردید که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار آماری داشت (p≤٠/٠٥). در شاخص‌های بیوشیمیایی، ماهیان تغذیه کرده از چربی ٢٠ درصد بالاترین میزان گلوکز را به خود اختصاص دادند که از اختلاف معنی‌داری بین ماهیان تغذیه شده با تیمارهای ١٠ و ١٥ درصد برخوردار بودند.

ماهیان تغذیه کرده از تیمار حاوی چربی ٢٠ درصد بالاترین میزان آنزیم‌های کبدی آنزیم آلانین آمینوترانسفراز (ALT)، آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) را نشان دادند (p≤٠/٠٥). همچنین اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای ١٠ و ١٥ درصد چربی در مقادیر آنزیم‌های کبدی AST و ALT مشاهده نگردید.

جدول ٤- مقایسه میانگین شاخص‌های خونی، بیوشیمیایی و آنزیم‌های کبدی خون بچه تاس‌ماهی سیبری تغذیه شده با جیره‌های مختلف در پایان مدت ۱۲ هفته آزمایش (mean ± SD, n=3).

شاخص‌ها	جیره‌های آزمایشی		
	تیمار ۱ (سطح ۱۰ درصد چربی)	تیمار ۲ (سطح ۱۵ درصد چربی)	تیمار ۳ (سطح ۲۰ درصد چربی)
هماتوکریت (درصد)	۲۲/۸±۲/۲٤^{a}	۲۲/۸±۲/۵۸^{a}	۲۰/٤±۳/۵۸^{b}
هموگلوبین (g/dl)	٤/۸±۱/۱٦^{a}	٤/۹±۱/۰۹^{a}	۳/٦±۱/۲۷^{b}
گلبول‌های قرمز	۵۱۸±۵۲/۲^{ab}	۵۳٦±٤۹/۷^{a}	۵۰٦±۵۳/۹^{c}
گلبول‌های سفید	۱۲/۲±۱/۰۸^{b}	۱۲/۳±۱/۰۱^{b}	۱٦/۲±۱/۲۱^{a}
گلوگز (mg/dl)	۳۳/۸±۲/۰۷^{b}	۳۳/٦±۲/۱٤^{b}	٤۳/۵±۲/۳۳^{a}
آلانین آمینوترانسفراز (ALT; U/L)	۳۱۲±۹/۲۳^{a}	۳۱۱±۸/۹۵^{a}	۳۲۹±۸/۷۹^{b}
آسپارتات آمینوترانسفراز (AST;U/L)	۲/۸٦±۰/۱۱^{a}	۲/۸۱±۰/۱٤^{a}	٤/٤۷±۰/۲۹^{b}
توتال پروتیین (g/dl)	۳/۹۸±۰/۱۳^{a}	٤/۰٤±۰/۱۵^{a}	٤/۱۰±۰/۱۱^{a}
لیزوزیم (µg/ml serum)	۸/۰۷±۱/۱۷^{b}	۸/۱٦±۱/۱۹^{b}	۷/۲۳±۱/۲۲^{a}

بحث

نتایج این مطالعه نشان داد میزان چربی در جیره بچه تاس‌ماهی سیبری با میانگین وزنی تقریباً ۱٦ گرم برشاخص‌های رشد شامل وزن نهایی، افزایش وزن (WG)، درصد افزایش وزن بدن (BWI) و میزان رشد ویژه (SGR) تأثیرگذار است. با مقایسه بین سه سطح مختلف (بالا، متوسط و پایین) چربی جیره میتوان اذعان نمود که جیره حاوی میزان متوسط چربی اثرات مطلوب‌تری بر رشد این ماهیان داشته و اختلاف معنی‌داری را در این شاخص‌ها در تیمار ذکر شده نشان می‌دهد. وجود چربی در جیره ماهیان باعث بهبود رشد و ضریب تبدیل خوراک می‌شود، زیرا هم سهم منابع انرژی‌زای غیرپروتئینی در جیره افزایش می‌یابد و هم دفع نیتروژن کاهش خواهد یافت (حسن، ۲۰۰۱).

نتایج روند رشد در پایان دوره پرورش حاکی از آن بود که ماهیان تغذیه شده با جیره محتوی چربی ۱۵ درصد، به‌طور معنی‌داری از وزن کسب شده (WG) و شاخص رشد ویژه (SGR) بالاترین نسبت به ماهیان تغذیه شده با تیمار حاوی ۲۰ درصد چربی برخوردار بودند ($p\leq$۰/۰۵).

در مطالعه ابراهیمی و همکاران (٢٠٠٤)، محسنی و همکاران (٢٠٠٦) بر بچه فیل‌ماهیان زیر یکسال، میزان بهینه افزایش وزن بدن و نرخ رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی، در تیمار با سطوح مناسب چربی جیره مشاهده شدکه آن‌ها مطلوبیت غذای پرچرب و تمایل به مصرف آن‌را در ماهیان عامل تأثیرگذار بر افزایش شاخص رشد و کارایی ضریب مصرف غذا دانستند. افزایش چربی در رژیم غذایی با محتوای پروتئینی یکسان منجربه بهبود در عملکرد رشد و بازده غذایی شده و در واقع انرژی چربی را یک منبع یدکی برای پروتئین در فیل‌ماهیان ذکر کردند (محسنی و همکاران، ٢٠٠٦). از طرفی محسنی و همکاران (٢٠٠٦)، بالا بودن ضریب مصرف غذادر تیمارهای حاوی چربی پایین جیره را به دلیل سخت و خشن بودن دانه‌های غذایی به‌علت مصرف کمتر روغن در غذاهای با چربی کمتر و در نتیجه عدم تمایل بچه ماهیان به مصرف آن‌ها و افزایش پرت غذا دانستند. در تأیید این نظریه گزارش شده که ماهیان خاویاری نیز دانه‌های غذایی نر متر را ترجیح می‌دهند، زیرا سخت بودن دانه‌های غذایی مطلوبیت آن‌ها را کاهش می‌دهد (کواین قوی و همکاران، ٢٠٠٤). آجیبوی (٢٠١٢) بیان داشتند که وجود چربی در جیره ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نوعی صرفه‌جویی اقتصادی را به‌همراه خواهد داشت، زیرا چربی با تولید انرژی موردنیاز ماهی موجبات استفاده بهینه از پروتئین جیره را در ساخت بافت‌ها و رشد بیشتر فراهم می‌آورد و مانع از تجزیه پروتئین و تبدیل آن به انرژی برای فعالیت‌های ضروری ماهی می‌شود. هانگ و همکاران (٢٠٠٢) در این رابطه گزارش کردند که ضریب تبدیل خوراک با انرژی مصرفی ارتباط داشته و در صورت تأمین انرژی موردنیاز تاسماهی سفید (به‌ویژه از طریق مصرف چربی) به ازای هر گرم خوراک مصرفی افزایش وزن بیشتری حاصل می‌شود که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد. در مطالعه اخیر افزایش بهینه سطح انرژی از ١٠ به ١٥ درصد منجربه بهبود برخی از شاخص‌های خونی (گلبول قرمز، گلبول سفید، هماتوکریت و هموگلوبین)، بیوشیمیایی (پروتئین کل و گلوکز) و آنزیم آلانین آمینوترانسفراز (ALT)، آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) بچه تاس‌ماهی سیبری گردید. این امر احتمالاً نشان‌دهنده تأثیر مثبت انرژی در صرفه‌جویی پروتئین (Protein-Sparing) می‌باشد. این اثر در تاسماهی ایرانی (*A. Persicus*) (محسنی و همکاران، ٢٠٠٧)، آزاد ماسو (*Oncorhynchus masou* Brevoort) (لی و کیم، ٢٠٠١)، قزل‌آلای رنگین‌کمان (وسه‌روپ و همکاران، ١٩٩٧)، آزاد قهوه‌ای (آرزل و همکاران، ١٩٩٤) و گونه آزاد اقیانوس اطلس (هیلستاد و همکاران، ١٩٩٨) مشاهده و گزارش شده بود. نتایج دستاوردهای اکوریو و همکاران (٢٠٠٧) نشان داد که جیره‌های غذایی حاوی انرژی بهینه (١٥-١٤ درصد) می‌تواند باعث تسریع در

روند رشد، کارایی غذا و شاخص‌های خونی در گونه کفشک ماهی (*Paralichthys olivaceus*) گردید که با نتایج دستاورد مطالعه حاضر همخوانی دارد. در مطالعه حاضر اختلاف معنی‌داری بین تعداد گلبول‌های سفید خون ماهی تحت تأثیر جیره‌های مختلف غذایی مشاهده شده است. گلبول سفید خون ماهی یا هر موجود دیگری به‌عنوان یک عامل ایمنی و مقاومت موجود به برخی بیماری‌ها گزارش شده است (گبور و همکاران، ۲۰۰٦). افزایش گلبول سفید ممکن است بر اثر مهاجرت گلبول‌های سفید از طحال به جریان خون باشد (نیکو و همکاران، ۲۰۱۰). در بررسی حاضر کاهش تعداد گلبول‌های قرمز، هماتوکریت و هموگلوبین خون با افزایش مقادیر چربی جیره مشاهده گردید ($P<۰/۰۵$). از نقطه نظر کاربردی تعداد گلبول‌های قرمز میزان هماتوکریت و هموگلوبین برروی تعیین محل اکسیژن به‌کار می‌رود. کاهش تعداد گلبول‌های قرمز، میزان هماتوکریت و هموگلوبین توانایی حمل اکسیژن کاهش می‌یابد (گبور و همکاران، ۲۰۰٦).

نتایج مطالعات محسنی و همکاران (۲۰۱۳) در خصوص گونه فیل‌ماهی نشان داد، در سطح پروتئین و چربی بهینه مقادیر هماتوکریت به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. عبدل تواب و همکاران (۲۰۰۱) با توجه به مقادیر بهینه هموگلوبین بهترین سطح پروتئین در بچه ماهیان انگشت قد و جوان نیلتیلاپیا (*Oreochromis niloticus*) را ٤٥ درصد جیره بیان داشتند.

کیم و همکاران (۲۰۰۱) نیز بالاترین میزان هماتوکریت را در ماهیان تغذیه شده با میزان پروتئین ٤٥ درصد جیره گزارش نمودند. پروتئین دارای خاصیت ترموژنیک می‌باشد، هضم و جذب آن نیاز به انرژی زیادی دارد. بنابراین می‌توان اذعان نمود، در جیره‌های با درصد پروتئین و چربی بهینه، علاوه‌بر صرف انرژی بالایی، دفع آمونیاک و در نتیجه آن سمی شدن محیط برای آبزیان را بر دارد.

میزان پروتئین کل در تحت تأثیر جیره غذایی قرار گرفت که بیانگر این است که پروتئین کل پلاسمای خون تحت تأثیر درصد چربی جیره می‌باشد. البته غلظت پروتئین کل غالباً به‌عنوان شاخصی از وضعیت تغذیه‌ای پذیرفته شده است. مطالعات عبدل و همکاران (۲۰۰۵) نیز نشان داد، غلظت پروتئین کل بیشتر تحت تأثیر ترکیبات جیره بوده و با افزایش پروتئین جیره، افزایش می‌یابد و با سلامت ماهی رابطه نزدیکی دارد. در مطالعه حاضر با افزایش درصد چربی جیره غذایی میزان گلوکز خون به‌طور معنی‌داری ($P>۰/۰۵$) افزایش یافت. احتمالاً کاهش میزان گلوکز نشان‌دهنده تأثیر میزان چربی جیره بر متابولیسم انرژی در بدن ماهیان است.

کمترین میزان آنزیم ALT و AST خون متعلق به ماهیان تغذیه شده با جیره محتوای ۱۰ و ۱۵ درصد لیپید بود که دارای اختلاف معنی‌دار آماری با ماهیان تغذیه شده با جیره محتوی ۲۰ درصد چربی بود. احتمالاً در سطوح بالای چربی جیره سیستم ایمنی بچه تاس‌ماهی سیبری به‌دلیل استرس اکسیداتیو (Oxidative Stress) تحریک و آسیب‌پذیر خواهد شد، هر چند نیاز به مطالعات بیشتر در این خصوص ضروری می‌باشد. در صورتی‌که سطوح پایین مقادیر عددی آنزیم‌های کبدی نشانه سلامت این اندام است، ولی باید به‌این نکته مهم توجه نمود در صورتی‌که پایین‌تر از حد نرمال باشد می‌تواند دلیل برسوء تغذیه و کمبود پروتئین باشند. نتایج حاکی از آن است که با افزایش چربی جیره تا حد ۲۰ درصد مقادیر هماتوکریت (PVC) و لیزوزیم (Lysozyme) در حد قابل توجهی کاهش، قند خون و آنزیم‌های کبدی افزایش یافته که دارای اختلاف معنی‌دار آماری با میزان چربی ۱۰ و ۱۵ درصد جیره دارد. لازم به ذکر است که بالاترین علت افزایش آنزیم‌های کبدی می‌تواند به‌علت افزایش بیش از حدمقادیر چربی جیره باشد.

با توجه به نتایج به‌دست آمده از شاخص‌های رشد شامل وزن نهایی، طول کل نهایی، درصد افزایش وزن بدن، شاخص رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی که در تیمار چربی ۱۵ درصد محتوی ۱۹/۹ کیلوژول انرژی خام بر گرم جیره بهترین وضعیت را داشتند، می‌توان استناد کرد که این سطح از چربی در جیره تاسماهی سیبری لازم بوده و سبب افزایش روند رشد، بهبود کارایی تغذیه، کیفیت لاشه، بهبود و تقویت بسیاری از شاخص‌های خونی و بیوشیمایی می‌گردد. از طرف دیگر می‌توان اذعان نمود که استفاده بهینه از چربی در شرایط یکسان پرورشی هزینه تولید غذا را کاهش داده و در نتیجه از نظر اقتصادی مقرون به صرفه می‌باشد.

سپاسگزاری

پژوهش حاضر در قالب طرح مصوب شورای تحقیقات و فناوری استان گیلان- شهرستان رشت (با حمایت مالی استانداری استان گیلان) در قالب پروژه **"بهینه‌سازی جیره غذایی با هدف افزایش شاخص‌های رشد، بهبود کارایی تغذیه و ارتقای سیستم ایمنی تاسماهیان پرورشی (فاز اول: فیلماهی و تاسماهی سیبری) با کد ٩٤١٠٤-٣٢-٣٢-٤"** در موسسه تحقیقات بین‌المللی تاسماهیان دریای خزر، اجرا گردید. از کلیه همکاران و عزیزانی که طی مراحل اجرایی پروژه از حمایت‌های بی‌دریغ آنان بهره‌مند شدیم، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نماییم.)

منابع

1. Abdel-Fattah, M., El-Sayed, T., and Shin-ichi, T. 1992. Protein and energy requirements of Nile tilapia (*Orechromis niloticus*) fry. Aquaculture, 103: 55-63.
2. Ajiboye, O.O., Yakubu, A.F., and TAdams, T.E. 2012. A perspective on the ingestion an nutritional effects of feed additives in farmed fish species. World Journal of Fish and Marine Sciences, 4(1): 87-101.
3. Arzel, J., Martinez Lopez, F.S., Metailler, R., Stephan, G., Viau, M., Gandemer, G., and Guillaume, J. 1994. Effect of dietary lipid on growth performance and body composition of brown trout *(Salmo trotta*) reared in sea water. Aquaculture, 123: 361-375.
4. Bahmani, M., Kazemi, R., and Donskaya, P. 2001. A comparative study of some hematological features in young reared sturgeons (*Acipenser persicus* and *Huso huso*). Fish Physiol Biochem, 24: 135–140.
5. Ebrahimi, E., Pourreza, J., Panamariuf, S., Kamali, A., and Hossini, E. 1383. Effects of the dietary protein and lipid levelsin growth and body composition of beluga sturgeon, *Huso huso*. Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics, 11(3): 141-151.
6. Brendan, J., Hung, S.S.O., and Mederano, J. 1988. Protein requirement of hatchery-produced juvenile white sturgeon (*A. transmontanus*). Aquaculture, 71: 235-245.
7. Deng, X. 2000. Artificial reproduction and early life stages of the green sturgeon (*Acipenser medirostris*). MS thesis, University of California, Davis, USA. 63P.
8. Ellis, A.E. 1990. Lysozyme assay, Techniques in Fish Immunology. Fair Haven, USA. 103p.
9. Feldman, B.F., Zinkl, J.G., and Jian, N.C. 2000. Schalm's veterinary hematology. Lippincott Williams and Wilkins publication, Philadelphia, USA. 32p.
10. 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 thethird millennium, Bangkok, Thailand, 20-25 February 2000, 193219. NACA, Bangkok and FAO, Rome.
11. Hilestad, M., Johnsen, F., Austreng, E., and Asgard, T. 1998. Long- term effects of dietary fat level and feeding rate on growth, feed utilization and carcass quality of Atlantic salmon. Aquaculture, 4: 89-97.
12. Hung, S.O.O., Storebakken, T., Cui, Y., Tian, L., and Einen, O. 1997. High-energy diets for white sturgeon (*A. transmontanus*) Richardson. Aquaculture Nutrition, 3: 281-286.

13. Hung, S.S.O., and Deng, D.F. 2002. Sturgeon, Acipenser SPP. In: Nutrient requirements and feeding of fin fish for aquaculture C.D. Webster, C.E. lim (Eds). CABI publishing, London. Pp: 344-357.
14. Lee, S.M., and Kim, K.D. 2001. Effects of dietary protein and energy levels on the growth, protein utilization and body composition of juvenile masu salmon (*Oncorhynchus masou Brevoort*) Aquacalture research, 32: 39-45.
15. Mohammadi, M., Abedian, A., Shariatmadari, F., and Mohseni, M. 2002. Effects of the dietary protein levels in growth and body composition of beluga sturgeon, *Huso huso*. Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics, 4: 100-109.
16. Mohsen Abdel, M., Ahmad Yassir, H., Khattab, A.E., Abdel, M.E., and Shalaby, T. 2010. Effect of dietary Protein level, initial body weight, and their feed interaction on the growth utilization, and physiological alterations of Nile tilapia, *Oreachromis niloticus* (L.). Aquaculture, 298: 267-274.
17. Mohseni, M., Sajjadi, M., and 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 Icthyology, 23(3): 204-208.
18. Mohseni, M., Pourkazemi, M., Hosseini, M.R., Hassani, M.H., and Bai, S.C. 2013. Effects of dietary protein levels and protein to energy ratio in sub-yearling Persian sturgeon, *Acipencer persicus* (Borodin). Aquaculture Research, 44: 378–387.
19. Mohseni, M., Bahmani, M., Pourali, H.R., Mahbubi Sufiani, N., Haghighiyan, M., Zahedifar, M., and Jamalzad, F. 2006. Determining nutritional requirements in Beluga (*H. huso*) from larval stage up to marketable size. Final report of research project in Iranian Fisheries Research Organization, Tehran-Iran. 241p. (In Persian)
20. Mohseni, M., Bahmani, M., Pourali, H.R., Kazemi, R., and Hallajian, A. 2010. Study of production caviar and artificial propagation possibility in reared *Acipenser stallatus- A. persicus- A. nudiventris* and *H. huso*. Final report of research project in Iranian Fisheries Research Organization, Tehran-Iran. 134p. (In Persian)
21. Nikoo, M., Falahatkar, B., Alekhorshid, M., Nematdost, B., Asadollapour, A., Zarei, M. 2010. Physiological stress responses in kutum, *Rutilus frisii kutum*, subjected captivity. Internoral Aquatic research, 2: 55-60.
22. Okorie, E.O., Kim, Y.C. Lee, S., Bae, J.Y., Yoo, J.H., Han, K., and Bai, S.C. 2007. Reevaluation of the dietary protein requirements and optimum dietary protein to energy rations in Japanese Eel, *Anguilla japonica*. Journal of the World Aquaculture Society, 38(No.3): 48-53.
23. Quinghui, A., Kangsen, M., Huitao, L., Chunxiao, Z., Lu, Z., Qingyuan, D., Beiping, T., Wenbig, Z., and Zhigou, L. 2004. Effects of dietary protein to

energy ration on growth and body composition of juvenile Japanese sea bass, *Lateolabrax japonicus*. Aquaculture, 230: 507-516.
24. Ruban, G.I. 2005. The Siberian sturgeon *Acipenser Baerii* Branadt. World stargeon convention. 203p.
25. Ross, L.G., and Ross, B. 1999. Anesthetic and sedative techniques for aquatic animals. 2nd edition. Blackwell Science, Oxford, UK. P. 176.
26. Savolainen, L.C., and Gatlin, III, D.M. 2009. Evaluation of dairy–yeast prebiotic supplementation in the diet of juvenile goldfish in the presence or absence of phytoplankton and zooplankton. Journal of Aquatic Animal Health, 21: 156–163.