دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی"
دوره چهارم، شماره سوم، پاییز ۹۵
http://jair.gonbad.ac.ir

تأثیر سطوح مختلف بتائین جیره غذایی بر رشد، ترکیب لاشه و برخی فراسنجه‌های خون‌شناسی و بیوشیمیایی سرم خون بچه فیل‌ماهی پرورشی *Huso huso* (Linnaeus, 1758)

محمود محسنی*[۱]، محمد پورکاظمی[۲]، میرحامد سیدحسنی[۳]، حمیدرضا پورعلی[۴]

[۱]استادیار پژوهشی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی- مؤسسه تحقیقات بین‌المللی تاسماهیان دریای خزر، رشت، ایران
[۲]استاد پژوهشی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی- مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، تهران، ایران
[۳]کارشناس‌ارشد شیلات، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی- مؤسسه تحقیقات بین‌المللی تاسماهیان دریای خزر، رشت، ایران
[۴]مربی پژوهشی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی- مؤسسه تحقیقات بین‌المللی تاسماهیان دریای خزر، رشت، ایران
تاریخ ارسال: ۹۴/۱۰/۱۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱/۲۶

چکیده

بررسی حاضر به منظور ارزیابی اثرات سطوح مختلف مکمل بتائین جیره غذایی (۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲ و ۲/۵ درصد بتائین بر کیلوگرم از رژیم غذایی) بر عملکرد رشد، ترکیب لاشه و برخی فراسنجه‌های خون‌شناسی و بیوشیمیایی سرم خون بچه فیل‌ماهی پرورشی (*H. huso*)، طراحی و اجرا گردید. بدین منظور، تعداد ۱۵۰ قطعه ماهی (۰/۶۱ ± ۴/۶ گرم) به طور تصادفی در ۱۵ تانک فایبرگلاس (۵۰۰ لیتری، ۱۰ قطعه ماهی در هر تانک) توزیع شدند. برای هر تیمار، ۳ تکرار درنظر گرفته شد و ماهیان با یکی از ۵ جیره آزمایشی در حد سیری به مدت ۱۲ هفته تغذیه شدند. وزن نهایی، شاخص رشد ویژه، نسبت بازده پروتئین، ضریب چاقی و ضریب تبدیل غذایی ماهیانی تغذیه شده از جیره محتوی ۱/۵ تا ۲ درصد بتائین در انتهای دوره آزمایش، به طور معنی‌داری از ماهیان تغذیه شده از جیره حاوی ۰/۵ درصد بتائین مناسب‌تر بود. بالاترین میزان رشد و کارایی غذا نیز در ماهیان تغذیه شده با ۱/۵ تا ۲ درصد بتائین مشاهده گردید. با افزودن بتائین به جیره غذایی ماهیان، میزان پروتئین لاشه به طور معنی‌داری افزایش یافت. به علاوه، مقادیر متوسط گلبول‌های سفید خون و فعالیت آنزیم‌های کبدی مانند آلانین آمینوترانسفراز (ALT) و آسپارتات آمینوترانسفراز(AST) در ماهیان تغذیه شده با جیره غذایی حاوی ۱/۵ تا ۲/۵ درصد بتائین، نسبت به آن‌هایی که با جیره حاوی ۰/۵ درصد بتائین تغذیه شدند به طور معنی‌داری کمتر بود. در نتیجه، به منظور دستیابی به حداکثر رشد، ترکیب بهینه لاشه و

*نویسنده مسئول: mahmoudmohseni73@gmail.com

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

شاخص‌های خون‌شناسی و آنزیم‌های کبدی در بچه فیل‌ماهی پرورشی، پیشنهاد می‌شود از میزان ۱/۵ تا ۲ درصد بتائین در جیره غذایی این ماهی استفاده گردد.

***واژه های کلیدی*: *H. huso*، بتائین، رشد، کارایی غذا، فراسنجه‌های خون‌شناسی و بیوشیمیایی**

مقدمه

در سال‌های اخیر با کاهش صید تاسماهیان در دریای خزر (Pourkazemi, 2006) با توجه به صید بی‌رویه، آلودگی منابع آبی، تخریب زیستگاه‌ها، فقدان مدیریت و... پرورش گوشتی آن‌ها با هدف تولید گوشت و خاویار در جهان انگیزه‌های قوی را بدست آورده است. نتایج مطالعات اولیه پرورش گوشتی از بین تاسماهیان موجود در منطقه خزر جنوبی نشان داد، گونه فیل‌ماهی به دلیل بومی بودن، رشد نسبتاً سریع، امکان تولید مثل در شرایط اسارت، تأمین لارو و بچه‌ماهی آن با هزینه کمتر در مقایسه با سایر گونه‌های تاسماهیان، کاندید مناسبی برای پرورش جهت استحصال گوشت و خاویار در ایران به شمار می‌رود (Mohseni *et al.,* 2007). ۵۰ تا ۶۰ درصد هزینه پرورش ماهی، مربوط به غذا می‌باشد، بنابراین غذا یکی از فاکتورهای بسیار مهم در مدیریت پرورش محسوب می‌شود که بایستی همواره مد نظر قرار گیرد. مقایسه پرورش بچه‌ماهیان خاویاری با استفاده از جیره‌های مختلف حاکی از آن است که تأثیر جیره‌ها بر رشد به ترکیب مواد غذایی، تناسب و اندازه پلت و قطر گرانول‌ها با اندازه دهانی ماهی، همچنین به بو و مزه آن وابسته می‌باشد (Mohseni *et al.,* 2007). مطالعات آزمایشگاهی حاکی از آن است که تاسماهیان غذا را بیشتر به وسیله بو و طعم جذب می‌کنند (Kasumyan and Døving, 2003). حتی در مورد گونه‌هایی که غذا را از طریق دیدن تشخیص می‌دهند، طعم غذا در تصمیم نهایی ماهی که غذا را دفع یا بلع کند، اهمیت بسیار زیادی دارد. امروزه اضافه نمودن جاذب‌های شیمیایی در غذای فرموله ماهی اهمیت بسیاری داشته و استفاده از آن در آبزی‌پروری بسیار گسترش یافته است. ترکیبات فوق سبب افزایش بهبود کیفیت غذای مصرفی، به حداقل رسانیدن زمان غذاگیری ماهی، کاهش زمان ماندن غذا در آب و در نتیجه سبب کاهش و اتلاف مواد مغذی موجود در غذا گشته (Coutinho *et al.,* 2012) و به تبع آن آلودگی آب نیز به حداقل خواهد رسید (Webster and Lim, 2002; Marcouli *et al.,* 2006). بتائین و اسیدآمینه‌های خاصی مانند (متیونین و لیزین) جاذب‌های غذایی هستند که با اضافه نمودن آنها به جیره غذایی ماهیان با ایجاد طعم مناسب، در مراحل رشد ماهیان نیز می‌توانند اثرات سودمندی در مصرف مواد غذایی و رشد ماهی داشته باشند (Polat and Beklevik, 1999).

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

بتائین یا بتائین به نام‌های تری متیل گلیسین، N تری میتیل گلیسین، گلیسین بتائین، گلیکول بتائین 1-carboxy- N, N, N- trine thyelemethanasminium یک آمینواسید اشتقاقی غیرسمی و طبیعی محلول در آب که ترکیبات آن در آب پخش شده و سبب تحریک گیرنده‌های بویایی و چشایی ماهی می‌گردد که تقریبا در بدن تمامی موجودات زنده ساخته می‌شود، ولی فقط در بعضی از مهره‌داران و تعداد محدودی از گیاهان، این ماده را به مقدار زیاد در بدن خود ذخیره می‌کنند (Loguercio *et al.,* 2007). بتائین یک ترکیب مهم در مسیرهای متابولیکی آمینواسیدهای سولفوره به حساب می‌آید. نقش فیزیولوژیکی بتائین به عنوان یک محافظ اسمزی آلی (Osmoprotactant) و یا یک دهندهٔ متیل از طریق ترانس متیلیشن است، که در آن ممکن است نیازها را تا حدی برای دیگر دهنده‌های متیل (مانند متیونین، کولین و ...) کاهش دهد و در سوخت و ساز پروتئین و چربی شرکت کند. مراکز پرورش ماهی به علت عدم تعادل مناسب جیره (به ویژه تعادل هیدرات‌های کربن و پروتئین‌ها و نیز استفاده از چربی‌های اشباع) با مشکلات کبدی در ماهیان پرورشی خود روبرو هستند که به طور مستقیم و غیرمستقیم فاکتورهای رشد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. در این راستا بتائین به‌دلیل ویژگی‌هایی همانند خاصیت متیل دهندگی، ترمیم آسیب‌های کبدی، جلوگیری از تجمع چربی در کبد، بهبود کارایی کبد (Loguercio *et al.,* 2007)، تنظیم کننده فشار اسمزی و تسهیل متابولیسم چربی‌ها و محرک رشد می‌تواند در امر تغذیه بسیار مفید و ارزشمند باشد. مطالعات رومزی (Rumsey, 1991) نشان داد میزان ۱/۵ گرم بتائین در کیلوگرم جیره می‌تواند بیش از نیمی از نیاز کولین در جیره قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) را تأمین نماید. در حال حاضر منبع جامعی دربارهٔ کمیت بتائین در جیره غذایی تاسماهیان تجاری کشور وجود ندارد و مقادیر اضافه شده آن به جیره غذایی این گونه‌ها بر اساس منابع ارائه شده در گونه‌های سردآبی است، در حالیکه کمبود بتائین در جیره غذایی منجر به کاهش روند رشد و افزایش بیش از حد آن در جیره غذایی، هزینه تولید غذا را افزایش می‌دهد.

پرورش فیل‌ماهی (*H. huso*) صنعت نسبتاً جدیدی در ایران به شمار می‌آید و اطلاعات در مورد مدیریت مناسب پرورش و نیازمندی‌های غذایی این گونه محدود است. تعیین احتیاجات غذایی آن، اولین گام مؤثر در جهت تولید جیره غذایی کم هزینه با کارایی بالا در رشد ماهیان محسوب می‌شود. بنابراین انجام مطالعات مختلف تغذیه‌ای خصوصاً ریز مغذی‌ها که دوره زمانی رشد و هزینه‌های نگهداری ماهی را کاهش می‌دهند، به منظور دستیابی به مناسب‌ترین جیره برای هر گونه و در اوزان مختلف از اهمیت قابل توجهی برخوردار می‌باشد. با توجه به مطالب ارائه شده، مطالعه حاضر به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف بتائین بر روند رشد، ترکیب لاشه و برخی و برخی فراسنجه‌های خون‌شناسی و بیوشیمیایی سرم خون بچه فیل‌ماهی پرورشی (*H. huso*) صورت گرفت.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

مواد و روش‌ها

جیره‌های غذایی و نحوه تهیه آن: اقلام جیره پایه (جیره شاهد) در جدول ۱ نشان داده شده است (Mohseni *et al.,* 2014). به منظور تهیه جیره‌های غذایی، ابتدا ترکیبات غذایی مورد نیاز جهت آنالیز به آزمایشگاه (آنالیز غذایی مرکز تحقیقات علوم دامی کشور و مؤسسه تحقیقات بین المللی تاسماهیان دریای خزر) منتقل گردید تا بر اساس اطلاعات صحیح از ترکیب مواد اولیه نسبت به تنظیم جیره‌ها اقدام گردد (جدول ۱). با استفاده از پودر ماهی کیلکا عمل‌آوری شده در دمای پائین (به عنوان طعم دهنده غذا) و کازئین عاری از ویتامین (Sigma Chemical Co., Germany) و گلوتن گندم (Behpack industry, Iran, Mashhad) به‌عنوان منبع پروتئینی، روغن ذرت و روغن ماهی کیلکا (Industry Fish Meal Khazar Glougosan industry, Iran,) به نسبت مساوی به عنوان منبع چربی و دکسترین (Ghazvin) به‌عنوان منبع کربوهیدرات، پنج جیره آزمایشی (Mohseni *et al.,* 2014) ایزوکالریک (۱۲/۵٪ چربی خام) و با پروتئین خام یکسان (۴۲ درصد پروتئین) محتوی سطوح مختلف مکمل بتائین (۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲ و ۲/۵ درصد) فرموله و استفاده گردید.

مواد خشک قبل از ترکیب با مواد مرطوب با استفاده از آسیاب (Damicor Co, Tehran, Iran) به سایز کمتر از ۸۰۰ میکرون تبدیل شدند. برای تهیه سطوح مختلف بتائین، مکمل بتائین (با خلوص ۹۶ درصد بتائین) در میکسر (مخلوط کننده) مکمل معدنی و ویتامینی اضافه گردید (Yilmaz, 2005)، سپس با سایر مواد ریز مغذی از قبیل ال- کارنتین با پودر گندم به مدت ۱۵ دقیقه با استفاده از دستگاه هم زن (Twin- Shell) کاملاً با یگدیگر مخلوط شدند. سپس مجددا مخلوط حاصل به سایر ترکیبات اضافه و به مدت ۱۰ دقیقه دیگر در مخلوط کن (Pooya Notash Machinery Co., Mashhad, Iran) مخلوط شدند. محصول نهایی با استفاده از دستگاه پلت زن CPM (California Pellet Mill Co., San Francisco, Ca, USA) با توجه به اندازه دهان ماهی به قطر ۴ میلی‌متر پلت شدند. در جیره‌های مکمل شده با بتائین، مقدار یکسانی از سلولز خارج شد تا ظرفیت غذای مناسب نگه داشته شود. سپس پلت‌ها در خشک‌کن در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد تا جایی‌که رطوبت آنها به کمتر از ۱۰ درصد برسد، خشک شدند. جیره‌ها پس از خشک‌شدن شماره‌گذاری شده و در محفظه‌های عاری از هوا بسته‌بندی و تا زمان مصرف در دمای منفی ۱۸ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. یک ساعت 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 (Mohseni *et al.,* 2011).

تهیه ماهیان و نحوه پرورش: تعداد ۱۵۰ قطعه بچه فیل‌ماهی با وزن متوسط ۰/۵۶ ± ۴/۶ گرم (میانگین± انحراف معیار)، به طور تصادفی در ۱۵ تانک فایبرگلاس ۵۰۰ لیتری (قطر ۱۰۰ سانتی‌متر، ۵۳ سانتی‌متر ارتفاع و حجم مفید آب ۳۵۰ لیتر) در فضای سرپوشیده مجهز به سیستم هوادهی،

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

تخلیه آب مرکزی و شیرهای تنظیم آب (به صورت فواره‌ای) با دبی آب ۳/۸۸ لیتر در دقیقه (آب رودخانه سفیدرود) در مؤسسه تحقیقات بین المللی تاسماهیان دریای خزر به مدت ۱۲ هفته پرورش داده شدند. ماهیان ۴ بار در روز در فواصل زمانی منظم در ساعات ۸-۱۴-۲۰ و ۲ صبح و به میزان ۲ تا ۳ درصد وزن بدن به صورت دستی غذادهی شدند. به منظور کاهش استرس، ۱۲ ساعت قبل و بعد از زیست‌سنجی، غذادهی ماهیان قطع گردید (زیست‌سنجی ماهیان به صورت انفرادی دو با در هر ماه انجام و قبل از آن ماهیان توسط محلول ۲۰۰ پی پی‌ام پودر گل میخک (Mohseni *et al.,* 2014) بیهوش می‌شدند.

تعیین شاخص‌های رشد و کبدی: استفاده از اطلاعات زیست‌سنجی هر تانک، فاکتورهای محاسباتی شامل وزن کسب شده (WG%)، شاخص رشد ویژه (SGR %/day)، ضریب تبدیل غذایی (FCR)، ضریب چاقی (CF)، نسبت بازده پروتئین (PER) و شاخص کبدی (HSI%) محاسبه شد (Otubusin *et al.*, 2009).

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

۱۰۰ ×دوره پرورش به روز / (لگاریتم وزن ابتدایی− لگاریتم وزن انتهایی) = نرخ رشد ویژه (SGR; %/day)

۱۰۰ × طول کل ماهی (سانتی‌متر) / وزن نهایی ماهی (گرم) = شاخص وضعیت (CF)

افزایش وزن بدن به گرم / وزن غذای خورده شده به گرم= ضریب تبدیل غذایی (FCR)

۱۰۰ × وزن بدن به گرم / وزن کبد به گرم = شاخص کبدی (HSI)

پروتئین مصرف شده به گرم / افزایش وزن بدن به گرم = نرخ بازده پروتئین (PER)

آنالیز اجزاء جیره غذایی و ترکیب بدن فیل‌ماهی: آنالیز تقریبی ترکیبات، مواد اولیه و جیره‌های آزمایشی بر اساس روش‌های استاندارد جیره AOAC (1995) انجام شد. پس از ۱۲ ساعت قطع غذادهی در پایان دوره پروش، به منظور اطمینان از تخلیه محتویات شکمی ماهیان و بیهوش نمودن ماهیان توسط محلول ۲۰۰ پی پی‌ام پودرگل میخک، از هر تکرار ۳ قطعه ماهی به طور تصادفی برداشته و کبد و امعا و احشا، به منظور محاسبه شاخص کبدی، لاشه ماهیان جهت تجزیه ماهیچه لاشه (پروتئین، چربی و رطوبت) به آزمایشگاه ارسال گردید. نمونه جیره‌ها و ماهی در ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت تا رسیدن به یک وزن ثابت، برای اندازه‌گیری رطوبت خشک شدند. پروتئین با برآورد نیتروژن کل (N×۶/۲۵) با استفاده از روش کجلدال استخراج، چربی با روش سوکسله با استفاده از حلال کلروفروم با نقطه جوش ۵۰ تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ تا ۶ ساعت استخراج، میزان انرژی موجود در ترکیبات غذایی به وسیله بمب کالریمتر و خاکستر با سوزاندن در کوره

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

الکتریکی ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۹ ساعت اندازه‌گیری شدند. از ۳۰ درصد جمعیت ماهیان پس از گذشت ۱۸ ساعت از زمان قطع تغذیه با استفاده از سرنگ‌های ۲ سی‌سی از باله دمی ماهیان به منظور بررسی شاخص‌های خونی (CBC) و آنزیم‌های کبدی شامل آلانین آمینوترانسفراز (ALT)، آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) خونگیری به عمل آمد. بعد از گرفتن ۲ سی‌سی خون توسط سرنگ از ورید ساقه دمی این ماهیان، ۰/۵ سی‌سی خون به داخل تیوب‌های آغشته به ماده ضد انعقاد خون (هپارین) شماره‌گذاری شده جهت انجام مطالعات فاکتورهای خونی ریخته و ۱/۵ سی‌سی باقیمانده به داخل اپندروف غیر هپارینه شماره‌گذاری شده جهت انجام مطالعات آنزیم‌های کبدی، نمونه‌ها بلافاصله به آزمایشگاه هماتولوژی دکتر فدایی (رشت) ارسال گردید. تعداد گلبول‌های قرمز خون (;RBC Erythrocyte)، تعداد گلبول‌های سفید خون (WBC; Leukocyte)، پس از رقیق‌سازی خون به ترتیب به نسبت ۲۰۰ و۵۰ برابر با استفاده از لام هماتوسیتومتر شمارش گردید (Houston, 1990). شمارش کلی گلبول‌های قرمز و سفید ماهی به روش دستی و با استفاده از لام نئوبار صورت گرفت برای این کار و برای رقیق نمودن نمونه از محلول رقیق کننده Natt- Herrick استفاده شد (Bullis, 1993). مقدار هموگلوبین (Hb) به روش استاندارد با استفاده از کیت سنجش هموگلوبین ساخت شرکت زیست شیمی، تهران و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۴۶ نانومتر انجام (Houston, 1990) و مقدار هماتوکریت (PCV) با استفاده از لوله‌های میکروهماتوکریت و سانتریفوژ نمونه به مدت ۱۰ دقیقه در ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه با استفاده از سانتریفوژ میکروهماتوکریت صورت پذیرفت (Svetina *et al.*, 2002).

جهت انجام مطالعات فاکتورهای بیوشیمیایی (سرولوژی)، خون موجود در لوله‌های فاقد ماده ضد انعقاد هپارین توسط سانتریفوژ (مدل Labofuge ساخت شرکت Heraeus Sepatch آلمان) با دور ۳۰۰۰ در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ شده، سرم جدا و با سمپلر در اپندورف‌های تازه ریخته و در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. سنجش آنزیم آلانین آمینوترانسفراز (ALT)، آسپارتات آمینوترانسفراز (AST) به روش رنگ‌سنجی کینتیک صورت گرفت (Borges *et al.*, 2004).

آنالیز آماری: تحقیق حاضر در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی در سه تکرار و در ۵ تیمار غذایی با سطوح مختلف بتائین دربچه فیل‌ماهیان مورد بررسی قرار گرفت. پس از کنترل همگنی واریانس و نرمال بودن داده‌ها (به وسیله آزمون کولموگروف-اسمیرنوف)، نتایج به وسیله آزمون چند دامنه‌ای دانکن با سطح اطمینان ۹۵٪ بررسی شد. اختلاف معنی‌دار آماری در سطح ۵٪ در نظر گرفته شد. داده‌های این مطالعه به صورت Mean ± SD نشان داده شده است.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

جدول ۱- اجزای غذایی و ترکیب شیمیایی جیره شاهد مورد استفاده برای بچه فیل‌ماهیان پرورشی (*H. huso*)

ترکیبات غذایی	مقادیر (گرم بر کیلوگرم ماده خشک)
کازئین	۳۵۰
گلوتن گندم	۱۵۰
آرد ماهی	۱۰۰
دکسترین	۲۰۰
متیونین	۲۰
لیزین	۱۰
مکمل ویتامینی	۲۰
مکمل معدنی	۵
سلولز	۲۵
روغن (گیاهی + جانوری)	۱۲۰
جمع کل	۱۰۰۰

آنالیز تقریبی جیره‌های آزمایشی (درصد)					
	۰/۵ درصد	۱ درصد	۱/۵ درصد	۲ درصد	۲/۵ درصد
رطوبت	۱۰/۳	۱۰	۱۰/۱	۱۰/۴	۱۰/۴
پروتئین خام	۴۱/۷	۴۱/۴	۴۱/۲	۴۱/۹	۴۱/۷
چربی خام	۱۲/۵	۱۲/۹	۱۲/۸	۱۲/۶	۱۲/۵
انرژی خام (مگاژول در کیلوگرم)	۱۹/۸	۲۰/۱	۱۹/۹	۱۹/۸	۱۹/۸
بتائین (درصد)	۰/۵	۱	۱/۵	۲	۲/۵

[1]Analyzed to contain 150 mg choline /kg dry matter

مکمل ویتأمینی (برحسب IU یا میلی‌گرم در کیلوگرم):

د- ال- آلفا توکوفرول استات ۶۰ IU . یو،د- ال – کولکلسیفرول ۳۰۰۰ IU . تیامین ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، ریبوفلاوین ۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، پیرودوکسین ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، ویتامین B12 ۰/۰۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، نیکوتینیک اسید ۱۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، اسیدفولیک ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، اسیداسکوربیک ۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، اینوسیتول ۱۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم، بیوتین ۲/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، کلسیم پنتوتئات ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم.

مکمل معدنی (بر حسب میلی‌گرم یا گرم در کیلوگرم):

کربنات کلسیم ۴۰ درصد ۲/۱۵ گرم در کیلوگرم، اکسید منیزیوم ۱/۲۴ گرم در کیلوگرم، سیترات فریک ۰/۲ گرم در کیلوگرم، یدید پتاسیم ۰/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم، سولفات روی ۰/۴ میلی‌گرم در

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

کیلوگرم، سولفات مس ۰/۳ گرم در کیلوگرم، سولفات منگنز ۰/۳ گرم در کیلوگرم، کلسیم فسفات دو ظرفیتی ۵ گرم در کیلوگرم، سولفات کبالت ۲ میلی‌گرم در کیلوگرم، سلنیت سدیم ۳ میلی‌گرم در کیلوگرم، کلرید پتاسیم ۰/۹ گرم در کیلوگرم، کلرید سدیم ۰/۴ گرم در کیلوگرم.

نتایج

شاخص‌های رشد: در طول دوره پرورش، هیچ‌گونه مرگ و میری مشاهده نشد. تأثیر سطوح مختلف بتائین در پایان ۱۲ هفته پرورش بر شاخص‌های وزن نهایی، وزن کسب شده، شاخص رشد ویژه، نسبت بازده پروتئین، ضریب چاقی و ضریب تبدیل غذایی ماهیان در جدول ۲ آورده شده است.

وزن نهایی بدن (گرم)، وزن کسب شده و شاخص رشد ویژه، ماهیان تغذیه شده با تیمار ۱/۵، ۲ و ۲/۵ درصد بتائین در جیره غذایی به طور معنی داری ($p<۰/۰۵$) از ماهیان تغذیه شده با جیره شاهد بالاتر بود. همچنین هیچ‌گونه اختلاف معنی‌دار آماری در این شاخص‌ها بین تیمارهای ۱، ۱/۵ ، ۲ و ۲/۵ درصد بتائین در جیره غذایی مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). اختلاف معنی‌داری در شاخص‌های ضریب تبدیل غذا، ضریب چاقی، نسبت بازده پروتئین و شاخص کبدی ماهیان تغذیه شده با سطوح مختلف بتائین مشاهده نشد، به استثنای ماهیان تیمار شاهد که به طور معنی‌داری پائین‌تر از سایر تیمارها بود.

جدول ۲- مقایسه میانگین وزن ثانویه، وزن کسب‌شده، شاخص رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی، ضریب چاقی، نسبت بازده پروتئین و شاخص کبدی بچه فیل‌ماهیان پرورشی (*H. huso*) در تیمارهای مختلف غذایی در طی ۱۲ هفته.

شاخص‌ها	جیره‌های آزمایشی				
	۰/۵ درصد	۱ درصد	۱/۵ درصد	۲ درصد	۲/۵ درصد
وزن نهایی (گرم)	۷۶/۶±۹/۱۲^{b}	۱۰۲/۵±۷/۱۴^{ab}	۱۱۸/۴±۱۰/۴۹^{a}	۱۲۰/۴±۸/۳۹^{a}	۱۱۱/۹±۱۰/۶^{a}
وزن کسب شده (درصد)	۱۹۵۱±۴۸۸^{b}	۱۹۶۴±۴۳۳^{ab}	۲۴۴۲±۱۱^{a}	۲۵۷۷±۳۱۶^{a}	۲۳۸۵±۴۹۷^{a}
شاخص رشد ویژه (درصد در روز)	۲/۷۸±۰/۳۵^{b}	۳/۱۶±۰/۱۶^{ab}	۳/۵۸±۰/۲۳^{a}	۳/۶۵±۰/۱۸^{a}	۳/۵۵±۰/۲۹^{a}
ضریب تبدیل غذا	۱/۷۸±۰/۲۵^{a}	۱/۴۱±۰/۱۵^{b}	۱/۲۶±۰/۱۵^{b}	۱/۲۵±۰/۱۳^{b}	۱/۲۹±۰/۲۱^{b}
ضریب چاقی	۰/۴۴±۰/۰۹^{b}	۰/۵۸±۰/۰۶^{a}	۰/۶۷±۰/۰۹^{a}	۰/۶۴±۰/۰۴^{a}	۰/۶۴±۰/۰۴^{a}
نسبت بازده پروتئین	۱/۳۲±۰/۲۰^{b}	۱/۵۵±۰/۱۶^{a}	۱/۸۵±۰/۱۹^{a}	۱/۸۵±۰/۲۱^{a}	۱/۶۸±۰/۲۸^{a}
شاخص کبدی	۳/۸۷±۰/۳۵^{a}	۳/۱۴±۰/۳۱^{b}	۳/۰۸±۰/۲۹^{b}	۳/۱۳±۰/۳۳^{b}	۳/۰۹±۰/۳۷^{b}

میانگین (± انحراف معیار)، حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست ($p<۰/۰۵$).

ترکیب بدن: در جدول ۳ نتایج مربوط به اثر سطوح مختلف بتائین بر ترکیب بدن نشان داده شده است. کم‌ترین میزان پروتئین لاشه متعلق به ماهیان تغذیه شده با جیره شاهد بود که به‌طور

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

معنی‌داری نسبت به پروتئین لاشه ماهیان تغذیه شده با سایر تیمار به استثنای ماهیان تیمار محتوی ۱ درصد بتائین، دارای اختلاف معنی‌دار آماری بود (p<۰/۰۵). داده‌های ارائه شده بیانگر تأثیر معنی‌دار سطوح مختلف بتائین جیره بر مقادیر چربی و رطوبت لاشه بود. به‌طوری‌که با افزودن بتائین به جیره غذایی ماهیان، میزان چربی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. اختلاف معنی‌دار آماری در میزان خاکستر و رطوبت لاشه ماهیان تغذیه شده با جیره‌های مختلف غذایی مشاهده نشد (p>۰/۰۵).

جدول ۳- ترکیب لاشه بچه‌ماهیان فیل‌ماهی (*H. huso*) تغذیه شده با سطوح مختلف بتائین در پایان دوره پرورش (گرم در کیلوگرم وزن‌تر) در پایان دوره پرورش

شاخص‌ها	جیره‌های آزمایشی				
	۰/۵ درصد	۱ درصد	۱/۵ درصد	۲ درصد	۲/۵ درصد
پروتئین (٪)	۱۵/۰۵±۰/۲۴^{b}	۱۵/۷۸±۰/۲۱^{ab}	۱۶/۲۱ ±۰/۲۸^{a}	۱۶/۲۴ ±۰/۱۹^{a}	۱۶/۲۲ ± ۰/۲۷^{a}
چربی (٪)	۹/۴۱ ±۰/۲۱^{a}	۸/۹۰±۰/۳۲^{ab}	۸/۵۹±۰/۲۱^{b}	۸/۶۷ ±۰/۱۹^{b}	۸/۸۲ ±۰/۲۴^{b}
رطوبت (٪)	۷۴/۳±۱/۷۳	۷۲/۵±۱/۳۸	۷۲/۴±۱/۲۸	۷۲/۴±۱/۶۷	۷۲/۹±۱/۴۸
خاکستر (٪)	۱/۱۹±۰/۰۸	۱/۲۴±۰/۰۷	۱/۱۹±۰/۰۸	۱/۲۱±۰/۰۵	۱/۱۴±۰/۰۶

میانگین (± انحراف معیار): حروف متفاوت در هر ردیف نشانه وجود اختلاف معنی‌دار آماری است (p<۰/۰۵).

تأثیر سطوح مختلف بتائین بر فاکتورهای خون‌شناسی، آنزیم‌های کبدی و برخی پارامترهای بیوشیمیایی خون: نتایج حاصل از تأثیر جیره غذایی حاوی سطوح مختلف بتائین بر برخی پارامترهای خونی در جدول ۴ ارائه شده است. اختلاف معنی‌دار آماری در میزان هماتوکریت، هموگلوبین و گلبول قرمز خون در ماهیان تغذیه شده از جیره‌های مختلف غذایی مشاهده نشد.

مقادیر گلبول سفید خون (جدول ۴)، با مقادیر متوسط مکمل بتائین جیره غذایی ارتباط معکوس داشتند. بالاترین و کم‌ترین میزان گلبول سفید خون به ترتیب در ماهیان تغذیه شده با جیره شاهد و ۲/۵ درصد بتائین مشاهده شد. مقادیر متوسط گلبول سفید خون فیل‌ماهیانی که از ۱/۵، ۲ و ۲/۵ درصد بتائین تغذیه کرده بودند به‌طور معنی‌داری بالاتر از ماهیانی بود که از جیره شاهد استفاده کرده بودند.

نتایج حاصله، اختلاف معنی‌داری را در میزان فعالیت آنزیم‌های کبدی خون (آلانین آمینوترانسفراز و آسپارتات آمینوترانسفراز) در تیمارهای آزمایشی که با سطوح متفاوت بتائین تغذیه نموده بودند، در مقایسه با تیمار شاهد نشان دادند. تفاوت معنی‌داری در مقادیر متوسط آنزیم‌های کبدی خون (آلانین آمینوترانسفراز و آسپارتات آمینوترانسفراز) ماهیان تغذیه شده با تیمارهای مورد بررسی مشاهده نشد،

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

به استثنای مقادیر آنزیم‌های آلانین آمینوترانسفراز و آسپارتات آمینوترانسفراز ماهیان جیره شاهد که به طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها بود.

جدول ۴- میانگین مقادیر شاخص‌های خون شناختی، آنزیم‌های کبدی و برخی پارامترهای بیوشیمیایی سرم خون (میانگین± انحراف معیار) بچه فیل‌ماهیان پرورشی (*H. huso*) تغذیه شده با سطوح مختلف بتائین در پایان دوره پرورش

شاخص‌ها	جیره‌های آزمایشی				
	۰/۵ درصد	۱ درصد	۱/۵ درصد	۲ درصد	۲/۵ درصد
هماتوکریت (درصد)	۲۴/۱±۰/۴۱	۲۴/۷±۰/۳۴	۲۴/۶±۰/۷۴	۲۴/۸±۰/۵۸	۲۴/۹±۰/۵۶
هموگلوبین (گرم در دسی لیتر)	۵/۳۷±۰/۵۴	۵/۶۲ ± ۰/۵۵	۵/۸۳ ±۰/۳۹	۵/۸۸ ±۰/۸۹	۵/۸۳±۰/۶۷
گلبول‌های قرمز (میلی متر مکعب)	۰/۸۱ ±۰/۰۴	۰/۸۳±۰/۰۵	۰/۸۲±۰/۰۷	۰/۸۴ ±۰/۰۵	۰/۸۴ ±۰/۰۴
گلبول‌های سفید (میلی متر مکعب)	۷۲/۳±۲/۰۳^{a}	۷۰/۹±۲/۲۹^{ab}	۶۶/۵±۱/۰۹^{b}	۶۷/۶±۲/۱۱^{b}	۶۱/۵±۳/۱۴^{b}
آلانین آمینوترانسفراز (ALT; U/L)	۷۶۶/۸±۴۴/۹^{a}	۶۶۵/۸± ۶۵/۸^{b}	۶۵۰/۲ ±۴۷/۴^{b}	۶۴۱/۷±۴۹/۶^{b}	۶۴۲/۱±۶۷/۴^{b}
آسپارتات آمینوترانسفراز(AST;U/L)	۳۲/۲ ±۳/۷۸^{a}	۲۵/۴ ±۲/۵۹^{b}	۲۴/۴±۲/۷۱^{b}	۲۴/۸±۲/۶۴^{b}	۲۲/۳ ±۲/۴۱^{b}

میانگین(± انحراف معیار)؛ حروف متفاوت در هر ردیف نشانه وجود اختلاف معنی‌دار آماری است ($p<۰/۰۵$).

بحث و نتیجه‌گیری

وزن نهایی بدن (گرم)، وزن کسب شده و شاخص رشد ویژه ماهیان تغذیه شده با جیره محتوی ۱/۵، ۲ و ۲/۵ درصد بتائین به‌طور معنی‌داری از ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۰/۵ درصد بتائین بالاتر بودند. شاخص‌های رشد متأثر از افزایش وزن بدن می‌باشند که این فاکتور نیز خود وابسته به خوش‌خوراکی غذا و افزایش غذاگیری است. احتمالاً ترکیب فوق سبب تحریک سیستم بویایی فیل‌ماهی که در اطراف لب قرار دارد، می‌گردد و در تحریک‌پذیری غذا مؤثر و در نتیجه افزایش غذاگیری سبب افزایش وزن گردید. نوسلر و تامپسون (Nussler and Thompson, 1992) اذعان نمودند که محرک‌های ایمنی و غذایی سبب افزایش سوخت و ساز بدن نیز می‌شوند که به این ترتیب میزان جذب غذا و کارآیی آن افزایش می‌یابد. در ماهیان خاویاری تعداد زیادی جوانه‌های چشایی درون و اطراف دهان، اطراف سبیلک‌ها و ناحیه شکمی وجود دارد که دارای گیرنده‌های شیمیایی می‌باشد. گیرنده‌های شیمیایی درون دهانی و بیرون دهانی از نظر آستانه تحریک نسبت به مواد جاذب با یکدیگر تفاوت داشته به‌طوری‌که گیرنده‌های چشایی بیرون دهانی دارای حساسیت بیشتری بوده و حساسیت آن‌ها ۱۰ برابر گیرنده‌های چشایی درون دهانی می‌باشد. حس چشایی نقش کنترل کننده فاز نهایی رفتار تغذیه‌ای را در ماهیان خاویاری بر عهده دارد. زمانی که غذا در محل قرار داده می‌شود، ماهی از حس چشایی بیرون دهانی خود برای گرفتن و یا شکار طعمه و رفتارهای بلعیدن استفاده می‌کند، وقتی‌که غذا در دهان ماهی

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

قرار می‌گیرد، ماهی از گیرنده‌های چشایی داخل دهان برای تصمیم‌گیری نهایی برای اینکه غذا را ببلعد یا پس بزند، استفاده می‌کند (Kasumyan, 1999).

سوداگر و همکاران (Sudagar *et al.*, 2005) افزایش فاکتورهای رشد فیل‌ماهی را به دلیل افزایش خوش‌خوراکی غذا در نتیجه استفاده از بتائین و متیونین بیان نمودند. سوداگر و همکاران (Sudagar *et al.*, 2008)، استفاده از موادی نظیر اسید آمینه آسپارتیک و آلانین را مسبب تحریک گیرنده‌های چشایی و افزایش تحریک‌پذیری نسبت به غذا و مؤثر بر فاکتورهای رشد فیل‌ماهی بیان نمودند. ویرتانن و همکاران (Virtanen *et al.*, 1989) با استفاده از ۱/۵٪-۱٪ بتائین در جیره قزل‌آلای آتلانتیک (*Salmo salar*) منجر به افزایش ۱۲ درصدی شاخص رشد ویژه و کاهش ۶۰٪ مرگ و میر ماهیان در آب شور گردید. همچنین تأثیر بتائین در کاهش مرگ و میر در برابر استرس شوری و دما در میگوی سفید هندی (*Fenneropenaeus indicus*) (Asadi *et al.*, 2010) و ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (Niroomand *et al.*, 2011) به اثبات رسیده است.

در مطالعه حاضر، مقادیر متوسط ضریب تبدیل غذایی، میزان کارایی پروتئین و ضریب چاقی با افزایش سطح بتائین جیره به میزان بالای ۱ درصد به‌طور قابل ملاحظه‌ای نسبت به سایر تیمارها بهبود یافت. این خود بیانگر نیاز استفاده بهینه از بتائین جیره غذایی برای رشد است. زیو و کیو (Xue and Cui, 2001) جایگزینی بتائین در جیره غذایی ماهی کپور جوان (*Carassius auratus gibelio*) را باعث بهبود ضریب تبدیل غذایی دانستند. پرزیبیت و همکاران (Przybyt *et al.*, 1999) با اضافه نمودن بتائین به میزان ۰/۲ درصد در جیره غذایی لارو کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، افزایش شاخص‌های رشد، کاهش ضریب تبدیل غذایی و میزان تلفات را گزارش نمودند. همچنین، بنابر گزارش‌ها اضافه کردن ۰/۵درصد مکمل بتائین به جیره غذایی منجر به افزایش معنی‌داری کارایی غذا در تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) می‌گردد (Kasper *et al.*, 2002).

داده‌های ارائه شده بیانگر تأثیر معنی‌دار سطوح مختلف بتائین جیره بر مقادیر پروتئین، چربی و رطوبت لاشه بود. با افزودن بتائین به جیره غذایی ماهیان، میزان پروتئین به طور معنی‌داری افزایش و در مقابل چربی و رطوبت لاشه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. مشخص گردید، وجود بتائین در جیره غذایی ماهیان فعالیت پمپ سدیم-پتاسیم، که تعادل اسمزی را با صرف انرژی زیاد سلول‌ها حفظ می‌کند را می‌کاهد و این انرژی صرفه جویی شده را می‌تواند در جهت تولید در بدن استفاده کرده و در نتیجه ساخت پروتئین و رشد را در سلول‌ها تحریک کند (Moeckel *et al.*, 2002). بتائین به‌طور مستقیم نقش متیل دهندگی (وظیفه اصلی متابولیکی و فیزیولوژیکی) را در بدن ایفا می‌کند (Polat and Beklevik, 1999) که با توجه به این خاصیت در ساخت موادی نظیر متیونین و اسیدآمینه گلیسین و کارنیتین که باعث پروتئین سازی، رشد و همچنین اکسیداسیون چربی‌ها و عدم تجمع آن‌ها

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

در بدن می‌شوند، نقش دارند و در نتیجه نسبت ماهیچه به چربی در بدن افـزایش مـی‌یابـد. بـه عـلاوه بتائین به عنوان یک دهنده متیل می‌تواند بخشی از وظیفه متیونین را به عنوان دهنده متیل انجام دهد، بنابراین متیونین بیشتری می‌تواند صرف پروتئین سازی و رشد شود (Eklund *et al.,* 2005). نیرومند و همکاران (Niroomand *et al.,* 2011) اذعان نمودند بتـائین اثـر مثبتـی بـر شـاخص‌هـای رشـد و ترکیبات لاشه (افزایش پروتئین و کاهش چربی) در جیره قزل‌آلای رنگین‌کمان دارد که با نتایج حاصل از این تحقیق همخوانی دارد.

مقادیر متوسط گلبول‌های سفید خون فیل‌ماهیان تغذیه شده با سطوح بالای ۱/۵ درصد بتائین، بـه طور معنی‌داری از ماهیان تغذیه شده با جیره محتوی ۰/۵ درصد بتائین، پایین‌تر بـود. تـأثیر بتـائین بـر تعداد گلبول‌های سفید را شاید بتوان بـه خـواص تحریـک ایمنـی ایـن مـاده نسـبت داد. دربـاره تـأثیر محرک‌های رشد و ایمنی بر افزایش لکوسیت‌های ماهی گزارش‌های متعددی وجود دارد. به‌عنوان مثـال تجویز گلوکان و لیپو پلی‌ساکارید در ماهی کپور معمولی، افزایش تعداد و نسبت گلبـول‌هـای سـفید را باعث شده است (Thrall *et al.*, 2004). تاتینا و همکاران (Tatina *et al.,* 2010) نیز افزایش تعـداد لکوسیت‌های تاسماهی استرلیاد (*Acipenser ruthenus*) را به دنبـال اسـتفاده از ویتـأمین C و E بـه عنوان محرک ایمنی گزارش نمودند. آدامز (Adams, 2002) کاهش تعداد گلبول‌های سـفید را بیـانگر سرکوب ایمنی موجود و افزایش میزان آن‌ها را نشان دهنده پاسخ به استرس یا عفونـت بیـان نمـود. در مطالعه حاضر، بالاترین و کم‌ترین میزان گلبول سفید خون به ترتیب در ماهیان تغذیـه شـده بـا جیـره محتوی ۰/۵ درصد بتائین و سطوح بالای بتائین مشاهده شد که این نتایج می‌تواند نشان دهنـده تـأثیر مفید کاربرد بتائین در جیره غذایی بچه فیل‌ماهیان پرورشی باشد.

آنزیم‌های سرمی موجودات در شرایط مناسب فیزیولوژیک دارای سطح مشخصی در سرم می‌باشند. سطح سرمی این آنزیم‌ها تحت تأثیر عوامل گونـاگون قـرار مـی‌گیـرد کـه احتمـالاً عـواملی کـه باعـث آسیب‌های بافتی به ویژه بافت‌های کبد، قلب و عضلات شوند، منجر به افزایش این آنـزیم‌هـا مـی‌شـود (Lihninger, 1975). افزایش سطح آنزیم‌های سرمی نشان دهنده آشفتگی سلولی و ورود آنـزیم‌هـا از سیتوپلاسم سلول‌ها به سرم می‌باشد. در ماهی قزل‌آلا افزایش آنزیم آلکالین فسفاتاز (ALP) بـه دنبـال برخی استرس‌ها، مثل استرس شوری، سموم محیطی و بیماری‌های عفونی گزارش شده است (Bucher and Hofer, 1990). ALT گلوتامیک پیرورویک ترانس آمیناز (SGPT) و آسـپارتات آمینـو ترانسـفراز (AST) یا گلوتامیک اکسالوستات ترانس آمیناز (SGOT) دو آنزیم انتقال دهنده گروه آمین هستند که در برخی از بافت‌های بدن تولید می‌شوند، ولـی امـروزه بـه عنـوان دو آنـزیم بـرای تشـخیص تخریـب سلول‌های کبدی و عضلانی کاربرد دارند. این دو آنزیم شاخص خوبی بـرای ضـایعات کبـدی در مـاهی می‌باشند. در مطالعه حاضر مکمل بتائین به‌طور معنی‌داری باعث کاهش سطح ایـن دو آنـزیم در سـرم

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

فیل‌ماهی گردید. نتایج یافته‌های علمی نشان داد، بتائین با قدرت متیل دهندگی بالا (وظیفه اصلی) به عنوان یک لیپوتروپیک عمل کرده و سبب جلوگیری از تجمع چربی در کبد می‌شود (Kasper *et al.*, 2002).

باراک و همکاران (Barak *et al.*, 1993) از بتائین به‌عنوان یک ترکیب چربی دوست نام می‌برند که موجب تسهیل ورود چربی‌ها به متابولیسم بدن شده و کاهش چربی‌های بدن را باعث می‌شود. این خاصیت در دامپروری و آبزی‌پروری بسیار مطلوب بوده و سبب افزایش کیفیت لاشه و بالا رفتن نسبت گوشت به چربی می‌گردد.

با وجود توسعه کمی صنعت تاسماهی‌پروری در کشور، این صنعت هنوز از بسیاری جهات با چالش روبروست که میزان پایین نرخ رشد، بالا بودن ضریب تبدیل غذایی به ویژه در فصل زمستان با توجه به کاهش درجه حرارت آب و ... از آن جمله‌اند که فاکتورهای تغذیه‌ای و به ویژه کیفیت خوراک بیشترین تأثیر را در این بین دارند. یکی از معضلات مهم پرورش تاسماهیان خصوصا در فصل زمستان، بیماری کبد چرب (لیپوئیدوئیز) و بیماری شبه سرطان کبدی (هپاتوم کبدی) می‌باشد (مشاهدات شخصی)، بنابراین با توجه به اینکه بتائین در بهبود برخی شاخص‌های کبدی مؤثرند، می‌توان از آن در جیره غذایی فیل‌ماهی استفاده نمود.

در بررسی حاضر، مقادیر بهینه بتائین جیره غذایی، سبب افزایش شاخص‌های رشد و کاهش گلبول‌های سفید و فعالیت آنزیم‌های کبدی (آلانین آمینوترانسفراز و آسپارتات آمینوترانسفراز) گردید ($p<0/05$). بنابراین می‌توان اذعان نمود، بتائین باعث افزایش تحریک سیستم ایمنی فیل‌ماهی می‌شود. مشاهده روند کلی بهبود شاخص‌های مورد بررسی همزمان با افزایش سطوح بتائین جیره‌های غذایی مورد استفاده در این تحقیق تا سطح ۲/۵ درصد، نشان داد استفاده از جیره غذایی دارای حداقل ۱/۵ و حداکثر ۲ درصد بتائین، منجر به رشد مطلوب و مناسبی در بچه فیل‌ماهی پرورشی خواهد شد.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت مالی استانداری محترم استان گیلان در قالب پروژه تحقیقاتی با عنوان "مطالعه پرورش گوشتی فیل‌ماهی (*H. huso*) با استفاده از جیره‌های مختلف غذایی" (شماره مصوب: ۹۱۱۶۰-۱۲-۳۲-۴) در مؤسسه تحقیقات بین المللی تاسماهیان دریای خزر طراحی و اجرا گردید. از کلیه همکاران و عزیزانی که طی مراحل اجرایی پروژه از حمایت‌های بی‌دریغ آنان بهره‌مند شدیم، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

منابع

Adams S.M. 2002. Biological Indicators of Aquatic Ecosystem Stress. American Fisheries Society, Bethesda, MD. 644 P.

AOAC. 1995. Official methods of analysis of the association of official analytical chemist, 16th edition, Vol. I, Washington DC, USA. 771 P.

Asadi M., Azari-Takami G.H., Sajjadi M., Moezi M., Niroomand M. 2010. The effects of enriched rotifers with betaine and concentrate diet supplemented by betaine on the growth, survival and stress-resistance in Indian white shrimp larvae (*Fenneropenaeus indicus*). Iranian Journal of Fisheries, 3: 1-10. (In Persian).

Barak A.J., Beckenhauer H.C., Junila M., Tuma D.J. 1993. Dietary betaine promotes generation of hepatic S-adenosylmethionine and protect the liver from ethanol induced fatty infiltration. Alcoholism: Clinical and Experimental Research, 17(3): 552-555.

Bullis R.A. 1993. Clinical pathology of temperate freshwater and estuarine fishes. In: Stoskopf M.K. (Eds.). Fish medicine. W.B. Sanders CO., Philadelphia, pp: 232–239.

Bucher F., Hofer R. 1990. Effect of domestic wastewater on serum enzyme activities of brown trout (*Salmo trutta*). Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Comparative Pharmacology, 97(2): 381-385.

Borges A., Scotti L.V., Siqueira D.R., Jurinitz D.F., Wassermann G.F. 2004. Hematologic and serum biochemical values for jundia (*Rhamdia quelen*). Fish Physiology and Biochemical, 30: 21- 25.

Coutinho F., Peres H., Guerreiro I., Pousao-Ferreira P., Oliva-Teles A. 2012. Dietary protein requirement of Sharpsnout sea bream (*Diplodus puntazzo*, Cetti 1777) juveniles. Aquaculture, 35: 391-397.

Eklund M., Bauer E., Wanata J., Mosenthin R. 2005. Potential of nutritional and after social stress in pigs. Physiology and Behaviour, 85: 469-478.

Houston A.H. 1990. Blood and circulation. In: Schreck C.B., Moyle P.B. (Eds.). Methods for fish biology. Americanfisheries society: Bethesda, Maryland, pp: 273-335.

Kasper C.S., White M.R., Brown P.B. 2002. Betaine can replace choline in diets for juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Journal of Aquatics, 205: 119-126.

Kasumyan A.O. 1999. Olfaction and taste in sturgeon behaviour. Journal of Applied Ichthyology, 5: 228-232.

Kasumyan A.O., Døving K.B. 2003. Taste preference in fish. Fish and Fisheries, 4(4): 289–347.

Lihninger A. 1975. Biochemistry: Molecular Basis of Cell Structure and Function. Worth Publishers, Inc. 1104 P.

Loguercio C., Federico A., Trappoliere M., Tuccillo C., de Sio I., Di Leva B., Niosi M., D'Auria M.V., Capasso R., Del Vecchio B.C. 2007. The effect of a silybinvitamin E-phospholipid complex on nonalcoholic fatty liver disease: a pilot study. Digestive Diseases and Science, 52: 2387-2395.

Marcouli P., Alexis M.N., Andriopoulou A., Ilpopulou-Greor-Gudaki J. 2006. Development of a reference diet for use in indispensable amino acid requirement studies off gilthead sea bream *Sparus aurata* L. Aquaculture Nutrition, 10: 335-354.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

Moeckel G.W., Shadman R., Fogel J.M., Sadrzade S.M.H. 2002. Organic osmolytes betaine, sorbitol and inositol are potent inhibitors of erythrocyte membrane ATPase. Lifestock Science, 71: 2413-2433.

Mohseni M., Hassani M.H., Pourali, F.H., Pourkazemi M., Bai S.C. 2011. The optimum dietary carbohydrate/lipid ratio can spare protein in growing beluga, *Huso huso*. Journal of Applied Icthyology, 27: 737-742.

Mohseni M., Pourali H.R., Kazemi R., Bai Sunhchal C. 2014. Evaluation of the optimum dietary protein level for the maximum growth of juvenile beluga (*Huso huso* L. 1758). Aquaculture Research, 45: 1832–1841.

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 Icthyology, 23: 204-208.

Niroomand M., Sajjadi M., Yahyavi M., Asadi M. 2011. The impact of different levels of Betaine on growth factors of ration, survival, the chemical composition of the body and the resistance of the rainbow trout (*Oncorhynchos mykiss*) fry. Iranian Journal of fisheries, 1: 135-146. (In Persian).

Nussler A.K., Thompson A.W. 1992. Immunomodulatory agents in the laboratory and clinic. Journal of Parasitology, 105: 5-23.

Otubusin S.O., Ogunleye F.O., Agbebi O.T. 2009. Feeding Trials using local protein sources replace fishmeal in pelleted feeds in Catfish (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822) culture. European Journal of Scientific Research, 31: 142-147.

Polat A., Beklevik G. 1999. The importance of betaine and some attractive substances as fish feed additives, In: Brufu J., Tacon A. (Eds.). Feed Manufacturing in the Mediterranean Regiaon: Recent Advances in Research and Technology Zaragoza, CIHEAM, IAMZ, Spain, pp: 217-220.

Pourkazemi M. 2006. Caspian Sea sturgeon conservation and fisheries: past, present, future. Proceeding of the 5th International Symposium On Sturgeon, Ramsar, Iran, pp: 9-13.

Przybyt A., Mazurkiewicz J., Madziar M., Hallas M. 1999. Effects of betaine addition on selected indices of carp fry rearing in ponds. Archives of Polish Fisheries, 7(2): 321-328.

Rumsey G.L. 1991. Choline-betaine requirements of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture, 95: 107-116.

Svetina A., Matasin Z., Tofant A., Vucemilo M., Fijan N. 2002. Hematology and some blood chemical parameters of young carp till the age of three years. Acta Veterinaria Hungarica, 50: 459–467.

Sudagar M., Azari Takami G.H., Panomarev C.A., Mahmoudzade H., Abedian A., Hosseini S.A. 2005. The effect of different dietary levels of betaine and methionine as attractant on growth factors and survival rate of juvenile beluga (*Huso huso*). Iranian Scientific Fisheries Journal, 14(2): 41-50. (In Persian).

Sudagar M., Gafari Shamushaki V., Hosseini S.A., Gorgin S., Aghili K. 2008. Effect of amino acids aspartic and alanine as a feed attractant affecting growth and feed conversion of juvenile beluga (*Huso huso* Linnaeus, 1758). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 15(1): 1-11. (In Persian).

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]

Tatina M., Bahmani M., Soltani M., Abtahi B., Gharibkhani M. 2010. Effects of different levels of dietary vitamins C and E on some of hematological and biochemical parameters of sterlet (*Acipenser ruthenus*). Journal of Fisheries and Aquatic Science, 5: 1-11.

Thrall M.A., Baker D.C., Campbell T.W., De Nicola D.B., Fettman M.J., Lassen E.D., Rebar A., Weiser G. 2004. Veterinary Hematology and Clinical Chemistry. Lippincott Williams & Wilkins. 618 P.

Virtanen E., Junial M., Soivio A. 1989. Effect of food containing betaine Amino acid additive on the osmotic adaptation of young Atlantic salmon (*Salmo salar)*. Aquacuiture, 83: 109-122.

Webster C.D., Lim C.E. 2002. Nutriet Requirement and Feeding of Finfish for Aquaculture (CAB). CABI publishing. 416 P.

Xue M., Cui Y. 2001. Effect of several feeding stimulants on diet preference by juvenile, gibel carp *Carassius auratus* gibelio, fed, diets with or without partial replacement of fish, meal by meat and bone meal. Aquaculture, 198: 281-292.

Yilmaz E. 2005. The effects of two chemo-attractants and different first feeds on the growth performances of African catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell, 1822) at different larval stages. Turkish Journal of Veterinary and Animal, 29: 309-314.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-11-03]