اثرات منفی کمبود اسیدآمینه‌های لایزین و متیونین در جیره بر عملکرد رشد و ترکیب شیمیایی بدن ماهی صبیتی جوان (*Sparidentex hasta*)

مرتضی یعقوبی[1*]
جاسم غفله مرمضی[2]
امید صفری[3]

۱. دانشجوی دکتری، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، پژوهشکده آبزی‌پروری جنوب کشور، اهواز
۲. دانشیارگروه تغذیه، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، پژوهشکده آبزی‌پروری جنوب کشور، اهواز
۳. استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه فردوسی، مشهد

***مسئول مکاتبات**
m.yaghoubi@ut.ac.ir

کد مقاله: ۱۳۹۵۰۲۰۳۹۴
تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۰۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۲/۰۵
این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی است.

چکیده

لایزین و متیونین اغلب یکی از محدودکننده‌ترین اسیدهای آمینه در اجزای غذایی مورد استفاده در غذای ماهیان تجاری می‌باشد که این محدودیت در مواردی که پودر ماهی با منابع پروتئینی گیاهی جایگزین می‌شود، افزایش می‌یابد. در این پژوهش تأثیرات کاهش اسیدهای آمینه‌ی ضروری لایزین و متیونین در جیره به یک میزان ثابت بر روی فاکتورهای رشد، تغذیه، ترکیب شیمیایی لاشه ماهی صبیتی جوان در تابستان سال ۹۳ در ایستگاه تحقیقاتی ماهیان دریایی بندر امام خمینی موردبررسی قرار گرفت. بر این اساس این تحقیق در سه تیمار و سه تکرار به مدت ۴۲ روز بر مبنای تغذیه با جیره‌هایی غذایی نیمه خالص شامل جیره شاهد بدون کمبود غذایی و جیره‌ی لایزین و متیونین به ترتیب با کمبودهای غذایی لایزین و متیونین با بکار گیری اسیدهای آمینه‌ی خالص به انجام رسید. در پایان آزمایش اطلاعات مربوط به فاکتورهای رشد، تغذیه و نمونه‌هایی برای بررسی ترکیب شیمیایی و ترکیب اسیدهای آمینه لاشه جمع‌آوری شدند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده هیچ تفاوت معنی‌داری در بین تیمارها در درصد بقا مشاهده نشد اما همه‌ی شاخص‌های رشد و تغذیه شامل وزن نهایی، درصد افزایش وزن، شاخص رشد ویژه، کارایی پروتئین، تثبیت نیتروژنی و شاخص چربی احشایی در بین تیمارهای داری کمبود اسیدآمینه نسبت به تیمار کنترل به‌صورت معنی‌داری کاهش و شاخص ضریب تبدیل غذایی افزایش یافت. میزان چربی خام و متیونین لاشه در دو تیمار کاهش یافت ولی در میزان لایزین لاشه تغییر معنی داری مشاهده نشد. کاهش عملکرد در بسیاری از فاکتورهای رشد و تغذیه در تیمارهای داری کمبود اسیدآمینه‌ی متیونین و لایزین نشان‌دهنده اهمیت این دو اسیدآمینه در تغذیه ماهی صبیتی جوان بوده است. اسیدهای آمینه‌ی متیونین و لایزین همچنین بر متابولیسم و ذخیره‌ی چربی در ماهی صبیتی جوان مؤثر بوده است.

واژگان کلیدی: ماهی صبیتی (*Sparidentex hasta*)، کمبود اسیدآمینه، متیونین و لایزین، عملکرد رشد.

مقدمه

آمینواسیدها مولکول‌هایی هستند که عملکردهای هر دو گروه آمین‌ها و کربوکسیلیک‌ها را شامل می‌شوند. عملکرد اصلی آمینواسید کاربرد آن‌ها در ساختن پروتئین می‌باشد. بیست عدد از ۸۰ آمینواسید ممکن طبیعی در ساختن پروتئین نقش دارند که یک‌دوم از آن‌ها به‌عنوان محدودکننده یا

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

ضروری تلقی می‌شوند که باید حتماً در جیره غذایی فراهم شوند زیرا زنجیره‌ی کربنی آن‌ها توسط بدن حیوانات قابل ساختن نیستند(Rønnestad *et al.*, 2000). لایزین و متیونین اغلب یکی از محدودکننده‌ترین اسیدهای آمینه در اجزای غذایی مورداستفاده در غذای ماهیان تجاری می‌باشد که این محدودیت در مواردی که پودر ماهی با منابع پروتئینی گیاهی جایگزین می‌شود، افزایش می‌یابد (Mai *et al.*, 2006) و بر این اساس شناخت اثرات مستقیم و غیر مستقیم کمبود این اسیدهای آمینه در جیره‌ی ماهیان هدف در آبزی پروری لزوم و دلایل انجام مطالعه‌ی اخیر را نشان می دهد. افزودن لایزین غذایی باعث بهبود پاسخ ایمنی و توسعه‌ی معده و روده در ماهیان بی‌شکم می‌شود (Zhou, 2005). علاوه بر کاهش رشد و کارایی غذا، کمبود اسیدآمینه‌ی لایزین در جیره باعث برخی پیامدهای مربوط به سلامت ماهیان مانند پوسیدگی باله‌های پشتی و دمی در ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Onchorinchus myksis*) و کپور معمولی (*Syprinus carpio*) شده است (NRC, 2011). گذرگاه ترنسمیتیلیشن (انتقال گروه متیل از یک ترکیب به ترکیب دیگر)، ری متیلیشن (افزودن گروه متیل به یک ترکیب در پی حذف قبلی گروه متیل از آن ترکیب) و ترنسولفوریشن (انتقال سولفور یا بخش‌های حاوی سولفور بین دو ترکیب) متیونین برای ساختن سیستین و تائورین برای کبد پستانداران شناخته‌شده است و احتمالاً در ماهیان نیز با در نظر گرفتن اختلافات کمی در گونه‌های مختلف به همین‌گونه می‌باشد. به‌عنوان‌مثال تبدیل متیونین به تائورین برای ماهیان گزارش شده است (Wilson, 2003)، اما در مورد فعالیت آنزیم‌های مداخله کننده و همچنین تنظیمات هورمونی و تغذیه‌ای اطلاعات اندکی وجود دارد. متیونین عموماً به شکل DL در دسترس می‌باشد. ال متیونین که ایزومر طبیعی متیونین می‌باشد، به‌آسانی جذب و به‌صورت کاربردی توسط حیوانات مورداستفاده قرار می‌گیرد. کاهش فراهم‌سازی متیونین غذایی در ماهیان ممکن است باعث ایجاد کاتاراکت شود که این مطلب در مطالعات مربوط به ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان، آزاد اطلس (*Salmo salar*) و قزل‌آلای دریاچه‌ای (*Salvelinus namaycush*) گزارش شده است (Poston *et al.*, 1977)؛ بنابراین سطح غذایی اسیدهای آمینه‌ی لایزین و متیونین به‌صورت مهمی عملکرد رشدی و سلامت ماهیان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. دسترسی تجاری به اسیدآمینه‌های لایزین و متیونین غذایی و افزودن آن به جیره‌هایی که پروتئین آن‌ها بر مبنای پروتئین‌های گیاهی می‌باشد باعث کاهش مؤثر استفاده از پروتئین غذایی بدون تأثیر بر عملکرد رشدی می‌شود (Mai *et al.*, 2006). این استراتژی تغذیه‌ای همچنین می‌تواند باعث کاهش ترشح آمونیم و فسفر محلول توسط ماهی به محیط آب شود (Cheng *et al.*, 2003). اگر چه در داخل کشور مطالعات مشابه ای در مورد تاثیر کمبود اسیدهای آمینه‌ی ضروری بخصوص متیونین و لایزین در دسترس نمی باشد ولی مطالعات سنجش نیاز اسید آمینه ای بر اساس روش حذف اسید آمینه بر روی چندین گونه از ماهیان شامل قزل آلای رنگین کمان (Green and Hardy, 2002)، آزاد اطلس (Rollin *et al.*, 2003)، سیم سرطلایی (*Sparus aurata*) (Peres and Oliva-Teles, 2009) و تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) (Diógenes *et al.*, 2015) به انجام رسیده است که در این مطالعات اثرات کاهش اسیدهای آمینه‌ی ضروری بر فاکتورهای رشد و ترکیب شیمیایی بدن مورد بررسی قرار گرفته است.

هدف از این پژوهش مشخص کردن تأثیرات کاهش اسیدهای آمینه‌ی ضروری لایزین و متیونین در جیره به یک میزان ثابت بر روی فاکتورهای رشد، تغذیه و ترکیب شیمیایی و ترکیب اسیدهای آمینه لاشه ماهیان مورد تغذیه می‌باشد. با نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان تأثیر جیره‌های غیر متوازن ازلحاظ اسیدآمینه‌های ضروری را بر روی ماهی صبیتی بررسی کرد و نقش‌های فیزیولوژیک این دو اسیدآمینه‌ی ضروری را در ماهی صبیتی جوان شناخت.

مواد و روش‌ها

محل انجام این تحقیق در ایستگاه تحقیقاتی ماهیان دریایی بندر امام خمینی (ره) بود. تعداد ۲۲۵ قطعه ماهی ۴/۷ گرمی به محل انجام آزمایش انتقال داده شد. شرایط دمایی، pH و شوری متناسب با شرایط طبیعی منطقه بود و در طول دوره به‌صورت روزانه اندازه‌گیری گردید. این تحقیق

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

از ۹ عدد تانک ۳۰۰ لیتری پلی‌اتیلنی مدور برای انجام آزمایش استفاده می‌شد که در داخل هر تانک یک سنگ هوا برای تأمین اکسیژن و یک لوله‌ی تعویض آب به‌گونه‌ای که در طول شبانه‌روز دو بار آب کاملاً تعویض شود، تعبیه شد. برای آبگیری مخازن، آب دریا به حوضچه‌های رسوب‌گیر منتقل و پس از عبور از فیلتر شنی، حوضچه کلرزنی و فیلتر اشعه‌ی ماروابنفش به سالن آزمایش منتقل شد. در هر تانک ۲۵ قطعه ماهی قرار داده و به مدت ده روز قبل از شروع آزمایش با شرایط جدید سازگاری یافتند. در تمام مراحل آزمایش ماهی‌ها ۴ نوبت در روز در حد سیری (Visual satiation) غذادهی شدند (Green and Hardy, 2002). این آزمایش با ۳ تیمار و در ۳ تکرار اجرا گردید. تنها تفاوت موجود در تیمارهای این آزمایش کاهش ۴۰ درصد از کل اسیدآمینه‌های لایزین و متیونین در تیمارهای آزمایشی نسبت به تیمار کنترل بود (Green and Hardy, 2002). آزمایش فوق با توجه به استفاده از اسیدهای آمینه‌ی خالص در جیره بر اساس مطالعه‌ی (Peres and Oliva-Teles, 2009) بر روی ماهی سیم سر طلایی از ماهیان هم خانواده ماهی صبیتی در مدت ۶ هفته به انجام رسید.

هر ۳ جیره‌ی آزمایشی به‌گونه‌ای فرموله شدند که به‌طور میانگین حاوی ۴۷۰ گرم پروتئین بر کیلوگرم جیره و انرژی خالص ۲۰/۷ کیلوژول بر گرم بودند (جدول ۲). پروتئین از منابع پودر ماهی، ژلاتین و آمینواسیدهای خالص تأمین شد. در جیره‌ی تهیه‌شده برای هر سه تیمار از الگوی اسیدهای آمینه‌ی کیلکا برای متعادل کردن جیره استفاده شد و در همه تیمارها ۶۰ درصد منبع پروتئین از پودر ماهی کیلکا و ۴۰ درصد مابقی از اسیدهای آمینه کریستاله تأمین شد. در تیمار شاهد هیچ محدودیتی در اسیدهای آمینه‌ی ضروری لحاظ نگردید ولی در تیمار کمبود اسیدآمینه‌ی لایزین از ۴۰ درصد ترکیب اسیدهای آمینه‌ی خالص استفاده‌شده در تیمار اول میزان لایزین صفر در نظر گرفته شد و با میزان مشابهی از مخلوط اسیدهای آمینه‌ی غیرضروری جایگزین گردید. برای تهیه‌ی تیمار کمبود اسیدآمینه‌ی متیونین نیز روند مشابه ای همانند تیمار لایزین به انجام رسید. به‌این‌ترتیب همه‌ی جیره‌ها هم نیتروژن بودند، بنابراین تنها تفاوت تیمار شاهد با تیمارهای دارای کمبود اسیدآمینه در کاهش ۴۰ درصدی میزان اسیدآمینه‌هایی لایزین و متیونین در تیمارهای دوم و سوم به ترتیب بود. سایر عناصر هم به‌جز آمینواسیدهای ضروری طوری تنظیم شد که همه‌ی جیره‌ها هم انرژی نیز باشند. اسیدهای آمینه خالص با یک درصد آگار به جهت تأخیر انداختن در هضم و جذب و افزایش کارایی آن‌ها در بدن بجای پروتئین پوشش دهی شدند (Green and Hardy, 2002). برای متعادل کردن جیره‌ها با منابع غذایی استفاده‌شده از نرم‌افزار WUFFF DA نسخه 1.0 استفاده شد. برای تهیه جیره‌های غذایی تمامی مواد با ترازوی دیجیتال توزین شدند. ابتدا ترکیبات خشک جیره که قبلاً آسیاب شده بودند به‌اضافه آمینواسیدهای خالص به مدت تقریباً ۲۰ دقیقه با یکدیگر مخلوط گردیدند سپس روغن با مواد ویتامینی مخلوط گشته و به مواد خشک اضافه گردید و همراه با اضافه کردن آب به مقدار لازم کاملاً مخلوط شدند. سپس خمیر به چرخ‌گوشت با چشمه ۲ میلی‌متری منتقل شد سپس رشته‌های ایجادشده بر روی سینی‌های خشک‌کن قرارگرفته و به دستگاه خشک‌کن (در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت) منتقل شد. جیره‌ها پس از خشک شدن به‌صورت دستی شکسته شد تا متناسب با اندازه دهان ماهی گردند.

اجزای غذای هر سه جیره‌ی ساخته‌شده برای این پژوهش در جدول یک نشان داده‌شده است که در همه‌ی جیره‌ها همه‌ی اجزای غذایی بکار برده شده به‌جز میزان لایزین خالص در تیمار کمبود لایزین و میزان متیونین خالص در تیمار کمبود متیونین یکسان می‌باشند. در جیره‌ی شاهد هیچ کمبودی بر اساس پروفیل پودر ماهی استفاده‌شده وجود ندارد. در جدول ۲ نتایج آنالیز شیمیایی جیره‌ها بیان گردیده است که همه‌ی جیره‌ها هم نیتروژن با میزان مساوی پروتئین تقریباً ۴۷ درصد و هم انرژی با انرژی خالص تقریباً ۲۰/۷ کیلوژول بر گرم می‌باشند در این جدول میزان چربی و فیبر و عصاره‌ی عاری از ازت نیز بیان‌شده است که تقریباً بین همه‌ی جیره‌یکسان می‌باشند. ترکیب آمینواسیدی جیره‌ها بر اساس ترکیب اسیدهای آمینه اجزای جیره به‌دست‌آمده از NRC و ترکیب اسیدهای آمینه پودر ماهی کیلکا توسط نرم‌افزار محاسبه و در جدول ۳ گزارش شده است (Köprücü and Özdemir, 2005; NRC, 2011). ترکیب اسیدهای آمینه برای هر دو جیره بر مبنای پروفیل آرد ماهی مورداستفاده تعیین شد و در هر سه جیره به‌جز اسیدآمینه‌های کاهش‌یافته‌ی لایزین و متیونین به ترتیب در جیره‌های کمبود لایزین و متیونین تقریباً یکسان بودند.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

در ابتدا و انتهای آزمایش زیست‌سنجی ماهیان به‌صورت گروهی با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین و با خط کش با دقت یک میلی‌متر طول ۵ عدد از هر تانک سنجیده شد. جهت ارزیابی عملکرد غذاهای مورداستفاده از شاخص‌های رشد استفاده شد تا نتایج بر مبنای آن‌ها مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گیرد. پس از اتمام دوره پرورش، میزان افزایش وزن بدن، میزان رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی، درصد بقاء، نرخ کارایی پروتئین، میزان تثبیت نیتروژن، فاکتور وضعیت و شاخص‌های کبدی احشایی و چربی احشایی بر اساس فرمول‌های زیر محاسبه گردید.

درصد افزایش وزن = وزن ثانویه − وزن اولیه / وزن اولیه * ۱۰۰

نرخ ویژه رشد = ۱۰۰* (ln وزن نهایی − ln وزن اولیه) / تعداد روز آزمایش

ضریب تبدیل غذایی = میزان غذایی مصرفی / افزایش وزن

نرخ بقا = تعداد ماهیان در ابتدای آزمایش − تعداد ماهیان در انتهای آزمایش / تعداد ماهیان در ابتدای آزمایش * ۱۰۰

نرخ کارایی پروتئین = (وزن نهایی − وزن اولیه) / (غذای خورده شده * میزان پروتئین جیره)

تثبیت نیتروژنی = ۱۰۰ * (نیتروژن پایانی لاشه − نیتروژن اولیه لاشه) / نیتروژن خورده شده

غذای خورده شده تیمار = کل غذای خورده شده / ((تعداد ماهیان در ابتدای آزمایش + تعداد ماهیان در انتهای آزمایش) / ۲)

شاخص غذای خورده شده روزانه = (غذای خورده شده / تعداد روز دوره) / [(وزن نهایی + وزن اولیه) /۲] (Turchini *et al.*, 2011).

ضریب چاقی = وزن / (طول)^{۳}

شاخص کبدی = وزن کبد / وزن بدن * ۱۰۰

شاخص احشایی = وزن احشاء / وزن بدن * ۱۰۰

شاخص چربی احشایی= وزن چربی احشایی / وزن بدن * ۱۰۰

با اتمام دورهٔ پرورش همه زی‌توده موجود در هر تانک به‌صورت جداگانه و به کمک آون در دمای زیر ۶۰ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و به‌منظور آنالیز لاشه به آزمایشگاه تغذیه پژوهشکده آبزی‌پروری جنوب کشور منتقل گردید. بدین ترتیب میزان پروتئین خام، چربی خام، فیبر خام، خاکستر و رطوبت کل بدن هر تکرار به‌صورت جداگانه به دست آمد. برای محاسبه پروتئین خام، پس از هضم نمونه‌ها (با استفاده از دستگاه Digest Automat K438, Buchi) مقدار نیتروژن کل در نمونه‌ها با استفاده از روش کلدال (دستگاه K370 Kejldahl Auto, Buchi) و تقسیم آن در عدد ۶/۲۵ تعیین گردید. چربی با روش سوکسله با استفاده از حلال کلروفروم با نقطه‌جوش ۵۰ تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ تا ۶ ساعت استخراج و با دستگاه fat Analyzer محاسبه شد. خاکستر با سوزاندن لاشه در کوره الکتریکی ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت اندازه‌گیری شد. میزان فیبر خام به‌وسیله دستگاه فیبر سنج (شرکت Velp) و با استفاده از هضم اسیدی (اسیدسولفوریک) و هضم قلیایی (هیدروکسیدسدیم) محاسبه شد. عصاره فاقد ازت (NFE) از طریق روش محاسباتی تفریق میزان پروتئین، چربی، فیبر، رطوبت و خاکستر از ۱۰۰ محاسبه گردید (AOAC, 2005). جهت تعیین پروفیل اسیدآمینه کل لاشه بعد از صید به‌صورت کامل و یکنواخت به‌وسیله آسیاب چرخ شده و سپس میزان ده گرم از آن با دستگاه فریز درایر خشک و پس از دو مرحله هضم و اشتقاق به‌وسیله‌ی دستگاه HPLC (Kauner, Germany) با روش (Lindroth and Mopper, 1979) در آزمایشگاه تغذیه‌ی دانشگاه علوم دریایی تربیت مدرس نور مورد سنجش قرار گرفت. طول ستون ۲۵۰×۴ میلی‌لیتر، دمای ستون ۳۰ درجه سانتی‌گراد و نوع آن C18 بود. از آشکارساز فلورسنس بین دو طول‌موج Excitation 330 nm و Emission 450 nm نیز جهت شناسایی اسیدآمینه‌ها استفاده شد و درنهایت نتیجه به‌صورت درصد بیان گردید.

شیوه نمونه‌برداری به‌صورت طرح کاملاً تصادفی بود. بعد از تحقق دو شرط اصلی آزمون‌های پارامتری یعنی نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف- اسمیرنف و یکنواختی واریانس‌ها با استفاده از آزمون Levene، از آزمون ANOVA در سطح اعتماد ۹۵ درصد استفاده

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

شـد. داده‌های درصـدی به Arcsinus تبدیل شـدند. داده‌های به‌دسـت‌آمده در ارتباط با تأثیر کاهش هریک از اسـیدآمینه‌های ضـروری بر شاخص‌های رشد، بازماندگی ماهی صبیتی به کمک آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA Analysis) صورت پذیرفت و سپس برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون Tukey استفاده شد. برای انجام آنالیزهای فوق از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ استفاده شد.

جدول ۱: درصد و اجزاء غذایی تشکیل‌دهنده جیره‌ها (گرم بر صد گرم جیره خشک).

	جیره‌ها		
اقلام غذایی	**شاهد**	**کمبود لایزین**	**کمبود متیونین**
پودر کیلکا[۱]	36/00	36/00	36/00
نشاسته ذرت[۱]	20/50	20/50	20/50
آرد سفید گندم[۱]	7/00	7/00	7/00
ژلاتین[۱]	4/00	4/00	4/00
روغن ماهی[۱]	11/00	11/00	11/00
آگار[۲]	1/00	1/00	1/00
مکمل ویتامینی[a ۱]	1/00	1/00	1/00
مکمل معدنی[a ۱]	1/00	1/00	1/00
[۲]L-arginine	0/85	0/85	0/85
[۳]L-lysine-HCl	1/15	0/00	1/15
[۲]L-threonine	0/80	0/80	0/80
[۲]L-histidine	0/50	0/50	0/50
[۳]L-isoleucine	0/85	0/85	0/85
[۲]L-leucine	1/40	1/40	1/40
[۲]L-methionine	0/60	0/60	0/00
[۲]L-phenylalanine	0/75	0/75	0/75
[۲]L-tryptophan	0/20	0/20	0/20
[۲]L-valine	0/95	0/95	0/95
[۲b] NEAA mixture	10/20	11/35	10/80

[۱] موارد تهیه‌شده از شرکت خوراک دام، طیور و آبزیان ۲۱- بیضا. [۲] تهیه‌شده از شرکت مرک. [۳] موارد تهیه‌شده از شرکت فلوکا. [a] ویتامین A ۲۰۰۰ واحد استاندارد بر کیلوگرم، ویتامین D: ۸۰۰ واحد استاندارد بر کیلوگرم، ویتامین E: ۸۸ واحد استاندارد بر کیلوگرم، ویتامین K: ۳ میلی گرم بر کیلوگرم، ویتامین C: ۲۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم، ویتامین B1: ۱۲ میلی گرم بر کیلوگرم، ویتامین B2: ۱۴ میلی گرم بر کیلوگرم، ویتامین B5: ۷۰ میلی گرم بر کیلوگرم، ویتامین B3: ۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم، ویتامین B6: ۱۲ میلی گرم بر کیلوگرم، ویتامین B9: ۳ میلی گرم بر کیلوگرم، ویتامین B12: ۰/۰۱۶ میلی گرم بر کیلوگرم، ویتامین H2: ۰/۱۴ میلی گرم بر کیلوگرم، سلنیم: ۱۶۸ میلی گرم بر کیلوگرم، سولفات آهن۲۰ میلی گرم بر کیلوگرم، سولفات مس ۲ میلی گرم بر کیلوگرم،یدات کلسیم: ۲ میلی گرم بر کیلوگرم، اکسیدمنگنز: ۱۶/۸ میلی گرم بر کیلوگرم، اکسیدروی: ۳۳/۲ میلی گرم بر کیلوگرم، کبالت: ۰/۳۳۶ میلی گرم بر کیلوگرم. [b] ترکیب اسیدهای آمینه‌ی غیرضروری برحسب درصد شامل: L-alanine: 13; L-aspartic acid: 20; sodium glutamate: 32; L-glycine: 15; L-serine: 10; and L-proline: 10. _علامت خط زیر نشان‌دهنده عدم جایگزینی اسیدهای آمینه‌ی ضروری بعد از حذف ۴۰ درصد از جیره می‌باشد.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

جدول ۲: آنالیز بیو شیمیایی ترکیب جیره‌ها (درصد در سه تکرار).

جیره‌ها	ماده خشک	انرژی ناخالص[1]	پروتئین	چربی	فیبر خام	عصاره‌ی عاری از ازت[2]	خاکستر
شاهد	92/91±0/4	20/92±0/05	46/67±0/57	20/14±0/01	1/08±0/04	19/14±0/5	6/75±0/07
کمبود لایزین	92/02±0/4	20/46±0/07	47/92±0/19	18/91±0/3	0/41±0/09	19/34±0/01	5/84±0/09
کمبود متیونین	92/5±0/25	20/35±0/03	46/87±0/35	19/23±0/15	0/43±0/08	20/16±0/62	6/24±0/12

[1] محاسبه انرژی ناخالص بر اساس میزان انرژی موجود در هر گرم پروتئین (۲۳/۶ کیلوژول بر گرم)، چربی (۳۹/۵ کیلوژول بر گرم) و کربوهیدرات (۱۷/۲ کیلوژول بر گرم) محاسبه شد (NRC, 2011). [2] عصاره عاری از نیتروژن = ۱۰۰ – (فیبر+خاکستر+رطوبت+چربی+پروتئین).

جدول ۳: ترکیب آمینواسیدی جیره‌های آزمایش (گرم بر صد گرم جیره در یک تکرار).

	آمینواسیدها													
جیره‌ها	ARG	LYS	THR	HIS	ILE	LEU	MET	PHE	TRP	VAL	CYS	TYR	GLY	SER
شاهد	2/56	2/۱۵	1/9	1/15	2/07	2/43	1/38	1/84	0/45	2/33	0/27	0/87	5	2/04
کمبودلای زین	2/56	1/29	1/9	1/15	2/07	2/32	1/38	1/84	0/45	2/33	0/27	0/87	5/33	2/21
کمبودمتیو نین	2/56	2/۱۵	1/9	1/15	2/07	2/45	0/79	1/84	0/45	2/33	0/27	0/87	5/11	2/1

در جدول فوق (ARG) اسیدآمینه‌ی آرژنین، (LYS) اسیدآمینه‌ی لایزین، (THR) اسیدآمینه‌ی ترئونین، (HIS) اسیدآمینه‌ی هیستدین، (ILE) اسیدآمینه‌ی ایزولوسین، (LEU) اسیدآمینه‌ی لوسین، (MET) اسیدآمینه‌ی متیونین، (PHE) اسیدآمینه‌ی فنیل آلانین، (TRP) اسیدآمینه‌ی تریپتوفان، (VAL) اسیدآمینه‌ی والین، (CYS) اسیدآمینه‌ی سیستئین، (TYR) اسیدآمینه‌ی تیروزین، (GLY) اسیدآمینه‌ی گلایسین، (SER) اسیدآمینه‌ی سرین می‌باشد. _ خط زیر نشان‌دهنده اسیدهای آمینه‌ی کاهش‌یافته در هر جیره می‌باشد.

نتایج

در طول این آزمایش همه‌ی ماهی‌ها سالم بودند. اگرچه نرخ بقا در تیمار کمبود اسیدآمینه‌ی لایزین به میزان ده درصد و در تیمار کمبود متیونین به میزان تقریباً ۵ درصد به‌صورت میانگین نسبت به تیمار کنترل کاهش یافت اما این تغییرات ازلحاظ آماری معنی‌دار نبود. فاکتورهای رشد، تغذیه و شاخص‌های بیومتری مربوط به این آزمایش در جدول شماره ۴ گزارش شده است. همه‌ی جیره‌های آزمایشی به‌خوبی توسط ماهی‌ها پذیرفته شدند و همه‌ی ماهی‌ها در طول آزمایش به مدت ۴۲ روز به‌خوبی به‌صورت فعال به تغذیه پرداختند. در همه‌ی فاکتورهای رشد و تغذیه در بین تیمارها تفاوت‌های معنی‌داری گزارش گردید؛ که همه‌ی موارد در هر دو تیمار آزمایشی نسبت به تیمار کنترل به کاهش عملکرد مشاهده شد ($P < ۰/۰۵$). در شاخص‌های وزن نهایی، کارایی پروتئین و مصرف غذا و درصد مصرف روزانه‌ی غذا تنها بین تیمارهای کمبود اسیدآمینه و کنترل تفاوت‌ها به‌صورت معنی‌دار بود ولی بین کمبود اسیدآمینه‌ی لایزین و متیونین تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد ($P<۰/۰۵$) ولی در شاخص‌های درصد افزایش وزن، شاخص رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و تثبیت نیتروژنی هر سه تیمار موردبررسی با یکدیگر متفاوت بودند و عملکرد ماهیان در این شاخص‌ها به‌گونه‌ای بود که بیشترین عملکرد رشد و تغذیه در تیمار کنترل مشاهده شد و در بین تیمارهای کمبود لایزین و متیونین عملکرد ماهیان تیمار کمبود متیونین بهتر از لایزین بود ($P<۰/۰۵$). در اندیس‌های بیومتری تنها شاخص چربی احشایی با کاهش در تیمارهای کمبود لایزین و متیونین به‌صورت معنی‌دار مواجه گردید. سایر فاکتورهای بیومتری شامل شاخص وضعیت، شاخص کبدی و فاکتور وضعیت بدون تفاوت معنی‌داری در بین تیمارها مشاهده شدند.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

جدول ٤: رشد، مصرف غذا، بقا و پارامترهای بیومتریک ماهی صبیتی جوان در انتهای دوره‌ی آزمایش (میانگین ± خطای استاندارد در ۳ تکرار). [۱]

عملکرد رشد و تغذیه	شاهد	کمبود لایزین	کمبود متیونین
IBW (g) [a]	4/64±0/08	4/67±0/04	4/71±0/02
FBW (g) [b]	12/84±0/53 [a]	7/78±0/29 [b]	8/83±0/40 [b]
WG (%) [c]	177/03±5/9 [a]	66/89±2 [c]	87/60±1 [b]
SGR [d]	2/39±0/12 [a]	1/21±0/07 [c]	1/50±0/10 [b]
S (%) [e]	100	90 ±4/19	95/7±2/96
FCR [f]	2/00±0/11 [c]	4/09±0/07 [a]	3/17±0/08 [b]
PER [g]	1/12±0/11 [a]	0/55±0/08 [b]	0/67±0/10 [b]
Feed intake (g $fish^{-1}$) [h]	16/27±0/41 [a]	12/52±0/33 [b]	13/54±0/23 [b]
Daily feed intak [i]	0/۰۴۴±0/00 [b]	0/۰۴۸±0/00 [a]	0/047±0/00 [a]
N Retention [j]	17/06±0/97 [a]	6/21±0/7 [c]	10/15±0/53 [b]
اندیس‌های بیومتری			
K [k]	2/4±0/00	2/4±0/00	2/4±0/00
HSI [l]	2/04±0/02	1/66±0/31	2/18±0/16
VSI [m]	9/49±0/43	7/45±0/60	7/97±0/51
IPF [n]	1/80±0/16 [a]	0/41±0/10 [b]	0/48±0/11 [b]

[۱] حروف مختلف در هر ردیف نشان‌دهنده‌ی تفاوت آماری (P < ۰/۰۵) و عدم وجود حروف در ردیف‌ها نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن اختلاف در پارامترهای مذکور است. [a] وزن اولیه، [b] وزن نهایی، [c] درصد افزایش وزن، [d] نرخ ویژه رشد، [e] نرخ بقا، [f] نرخ کارایی غذا، [g] نرخ کارایی پروتئین، [h] میزان مصرف غذا، [i] میزان مصرف غذای روزانه (Turchini *et al*., 2011)، [j] تثبیت نیتروژنی، [k] ضریب چاقی، [l] شاخص کبدی، [m] شاخص احشایی، [n] شاخص چربی احشایی.

جدول ٥: آنالیز ترکیب کل لاشه (درصد وزن تر) ماهی صبیتی جوان در انتهای آزمایش (میانگین ± خطای استاندارد در ۳ تکرار

	اولیه	شاهد	کمبود لایزین	کمبود متیونین
رطوبت	۷۲/۳۷±۱/۱۶	۷۰/۱۸±۰/۶۷ [b]	75/3±1/32 [a]	73/25±0/81 [ab]
پروتئین خام	۱۷/۵۵±۰/۶۰	۱۷/۲۴±۰/۲۶	15/34±0/45	16/65±0/55
چربی خام	۵/۱۱±۰/۲۸	۷/۳۲±۰/۲۲ [a]	5/17±0/21 [b]	4/69±0/13 [b]
خاکستر	۴/۲۹±۰/۱۶	۴/۸۵±۰/۲۱	4/27±0/08	4/35±0/13
انرژی ناخالص [۱]	۶/۲۲±۰/۰۲	۷/۰۴±۰/۰۷ [a]	5/67±0/03 [c]	5/83±0/02 [b]

[۱] محاسبه انرژی ناخالص (کیلو ژول بر گرم) بر اساس میزان انرژی موجود در هر گرم پروتئین (۲۳/۶ کیلوژول بر گرم)، چربی (۳۹/۵ کیلوژول بر گرم) و کربوهیدرات (۱۷/۲ کیلوژول بر گرم) محاسبه شد (NRC, 2011).

آنالیز ترکیب شـیمیایی کل بدن ماهیان مورد آزمایش در دو تیمار و همچنین در ماهیان شـروع آزمایش در جدول شماره ۵ گزارش گردیده است. آنالیز آماری فقط برای نتایج انتهای آزمایش گزارش شـده اسـت؛ که بر اسـاس نتایج حاصله میزان پروتئین خام و خاکستر لاشه در بین تیمارها تغییرات معنی‌داری را نشـان نداد. میزان رطوبت به‌صـورت معنی‌داری در تیمار لایزین بیشتر از تیمار کنترل بود (P<۰/۰۵) ولی با تیمار متیونین تفاوت معنی‌داری را نشان نداد همچنین تیمار متیونین با هیچ یک از تیمارهای دیگر تفاوت معنی‌داری را نداشت. چربی لاشه در تیمارهای دارای کمبود اسـیدآمینه کمتر از میزان مشـاهده‌شـده در تیمار کنترل بود (P<۰/۰۵). انرژی ناخالص در تیمار کمبود اسیدآمینه‌ی لایزین کمتر از تیمار کمبود اسـیدآمینه‌ی متیونین بود و در هر دو تیمار کمتر از میزان مشـاهده‌شـده در تیمار کنترل بود که این تغییرات به‌صـورت معنی‌دار مشـاهده گردید (P<۰/۰۵).

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

در جدول ۶ ترکیب آمینواسیدی لاشه‌ی ماهیان بر اساس گرم بر صد گرم پروتئین هم در تیمارهای آزمایشی و هم در ابتدای آزمایش بیان‌شده است؛ که بر اساس نتایج به‌دست‌آمده در مقایسه بین تیمارهای موردمطالعه در بین اسیدهای آمینه، اسیدهای آمینه‌های آرژنین، لایزین، ترئونین، گلوتامیک اسید، گلایسین و سیستین بدون تغییر مشاهده شدند. اسیدهای آمینه‌ی هیستیدین و متیونین به‌صورت معنی‌داری در تیمار کمبود متیونین کمتر از تیمار کمبود لایزین بود و در تیمار کنترل بیشتر از هر دو تیمار مورد آزمایش مشاهده شد (P <۰/۰۵). اسیدآمینه‌ی ایزولوسین در تیمار لایزین کمتر از دو تیمار متیونین و کنترل بود (P <۰/۰۵) ولی تفاوت معنی‌داری در بین تیمار کنترل و متیونین مشاهده نشد. اسیدآمینه‌ی لوسین در بین دو تیمار آزمایشی کمتر از میزان مشاهده‌شده در تیمار کنترل اندازه‌گیری شد (P <۰/۰۵). اسیدآمینه‌ی والین تنها اسیدآمینه‌ی ضروری بود که در تیمار کمبود متیونین نسبت به کنترل افزایش‌یافته بود ولی در تیمار لایزین دارای کمترین میزان نسبت به سایر تیمارها بود (P <۰/۰۵). اسیدهای آمینه‌ی غیرضروری پرولین در هر دو تیمار آزمایشی و آلانین در تیمار لایزین نسبت به کنترل افزایش یافتند (P <۰/۰۵). اسیدهای آمینه‌ی سرین و آسپارتیک اسید در هر دو تیمار آزمایشی و اسیدآمینه‌ی تیروزین تنها در تیمار کمبود لایزین نسبت به کنترل کاهش یافتند (P <۰/۰۵)؛ که میزان اسیدآمینه‌ی متیونین در تیمار کمبود اسیدآمینه‌ی لایزین به‌صورت معنی‌داری کاهش‌یافته است و در بین اسیدهای آمینه‌ی غیرضروری میزان اسیدآمینه‌ی آلانین به‌صورت معنی‌داری در تیمار کاهش اسیدآمینه‌ی لایزین افزایش‌یافته است (P<۰/۰۵). به‌طورکلی در تیمار لایزین میزان اسیدآمینه‌های ضروری کاهش و میزان اسیدهای آمینه‌ی غیرضروری افزایش یافتند (P <۰/۰۵).

جدول ٦: ترکیب آمینواسیدی لاشه ماهیان در ابتدا و انتهای آزمایش (گرم بر ١٦ گرم نیتروژن در ٣ تکرار)[1].

	اولیه	شاهد	کمبود لایزین	کمبود متیونین
اسیدآمینه‌های ضروری				
آرژنین	6/45 ± 0/03	7/83 ± 0	7/69 ± 0/06	7/88 ± 0/06
هیستیدین	2/93 ± 0/03	2/6 ± 0/01 a	2/55 ± 0/01 c	2/69 ± 0 b
ایزولوسین	3/97 ± 0/02	4/03 ± 0/08 a	3/52 ± 0/01 b	4/07 ± 0/09 a
لوسین	7/58 ± 0/1	7/59 ± 0/07 a	7/17 ± 0/03 b	7/16 ± 0/02 b
لایزین	8/61 ± 0/04	7/8 ± 0/03	7/82 ± 0/03	7/96 ± 0/08
متیونین	2/52 ± 0	3/1 ± 0/04 a	2/62 ± 0/05 c	2/82 ± 0/01 b
فنیل آلانین	3/92 ± 0/02	4/18 ± 0/08 a	3/96 ± 0/05 ab	3/79 ± 0/01 b
ترئونین	3/89 ± 0/06	4/78 ± 0/01	4/87 ± 0/11	5/06 ± 0/02
والین	4/86 ± 0/09	4/21 ± 0/1 b	3/86 ± 0/01 c	4/54 ± 0/07 a
اسیدآمینه‌های غیرضروری				
آسپارتیک اسید	11/11 ± 0/1	10/54 ± 0/03 a	10/3 ± 0/01 b	8/69 ± 0/07 c
گلوتامیک اسید	14/17 ± 0/07	14/79 ± 0/08	14/71 ± 0/22	14/96 ± 0/37
سرین	3/55 ± 0/04	4/6 ± 0/03 a	4/49 ± 0/08 a	4/13 ± 0/05 b
گلایسین	7/58 ± 0/09	6/63 ± 0/24	8/14 ± 0/09	8/26 ± 0/61
پرولین	3/5 ± 0/04	3/43 ± 0/03 b	3/59 ± 0/02 a	3/63 ± 0 a
آلانین	6/94 ± 0/02	7/08 ± 0/03 b	7/73 ± 0/13 a	6/91 ± 0/12 b
تیروزین	3/25 ± 0/02	3/17 ± 0/02 a	3/04 ± 0/01 b	3/02 ± 0/03 b
سیستین	0/95 ± 0/08	0/96 ± 0/12	0/92 ± 0/02	0/96 ± 0/02
Total EAA	44/72 ± 0/12	46/09 ± 0/35 a	44/05 ± 0/01 b	45/95 ± 0/14 a
Total NEAA	51/05 ± 0/2	51/18 ± 0/29 b	52/91 ± 0/04 a	50/54 ± 0/2 b
Total AA	95/77 ± 0/31	97/27 ± 0/11	96/96 ± 0/02	96/49 ± 0/06

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

[1] میانگین ۳ تکرار، حروف مختلف در هر ردیف نشان‌دهنده‌ی تفاوت آماری ($P < ۰/۰۵$) و عدم وجود حروف در ردیف‌ها نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن اختلاف در پارامترهای مذکور است.

بحث و نتیجه گیری

تأثیرات کاهش رشد و عملکرد تغذیه در اثر کمبود اسیدهای آمینه‌ی متیونین و لایزین نسبت به تیمار کنترل در جدول شماره ۴ به‌خوبی مشهود می‌باشد. دلایل کاهش عملکرد ماهی صبیتی در اثر کمبود اسیدهای آمینه‌ی ضروری لایزین و متیونین را می‌توان در نقش‌های فیزیولوژیک این اسیدهای آمینه‌ی ضروری مورد بررسی قرار داد. لایزین برای ساخت کارنیتین استفاده می‌شود که در انتقال اسیدهای چرب بلند زنجیره از سیتوسول به میتوکندری به جهت اکسید شدن کاربرد دارد. فواید بالقوه افزودن غذایی کارنیتین شامل افزایش رشد و محافظت در برابر سمیت آمونیوم و عوامل زنده خارجی، بهبود تحمل‌پذیری نسبت به تغییر ناگهانی دما و استرس‌های وابسته و افزایش عملکرد تولیدمثلی می‌باشد (Harpaz, 2005). کاداوارین محصول کربن‌زدایی لایزین در طول فساد بافت‌های حیوانی می‌باشد. افزودن ترکیب کاراوارین و هیستیدین باعث افزایش مصرف غذا و رشد میگوی آبی می‌شود (Tapia-Salazar *et al.*, 2004). از اهمیت‌های فیزیولوژیک متیونین می‌توان به بر تحریک ساخت پروتئین به‌صورت مستقیم (Belghit *et al.*, 2014) و بر افزایش قابلیت هضم و رشد به‌صورت تائورین (Gaylord *et al.*, 2007) را نام برد که در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان موردبررسی قرارگرفته است. تائورین که از متابولیت‌های متیونین می‌باشد در کاهش سندرم کبد سبز در ماهی سیم قرمز (*Pagrus major*) (Takagi *et al.*, 2006) و افزایش بقای سلولی در ماهی آزاد اطلس (Espe and Holen, 2013) مؤثر می‌باشد؛ بنابراین کاهش سطح غذایی لایزین و متیونین ایجادشده در مطالعه‌ی حاضر که به‌وسیله جیره‌های نیمه خالص بدست آمد و یا در اثر استفاده از منابع غذایی گیاهی که برای کاهش هزینه‌ی تولید غذا بکار می‌رود، می‌تواند باعث کاهش رشد در اثر ایجاد اختلال در تأثیرات فیزیولوژیک لایزین و متیونین و متابولیت‌های آن شود.

نیاز به لایزین برای چندین گونه از ماهیان موردبررسی قرارگرفته است که بر مبنای آن نیاز به لایزین در این ماهیان از ۳/۲ تا ۸/۸ درصد پروتئین متفاوت است (Forster and Ogata, 1998; Wilson, 1994). در مطالعه‌ی حاضر میزان لایزین غذایی از ۲/۸۸ درصد جیره در تیمار اول به میزان ۱/۷۳ درصد جیره در تیمار کمبود لایزین کاهش داده شد که این میزان با بیان دیگر برابر با ۶/۱۳ درصد پروتئین در جیره‌ی کنترل و ۳/۶۸ درصد پروتئین در جیره‌ی کمبود لایزین بود و این میزان با توجه به گوشت‌خوار بودن ماهی هدف در بالای رنج معرفی‌شده برای نیاز ماهیان مختلف قرار دارد. نیاز به اسیدآمینه‌ی لایزین در ماهیانی که وابستگی بیشتری به پروتئین در جیره دارند بیشتر می‌باشد. به‌عبارت‌دیگر نیاز ماهیان گوشت‌خوار به اسیدآمینه‌ی لایزین نسبت با ماهیان همه‌چیزخوار یا گیاه‌خوار بیشتر می‌باشد (Zhou *et al.*, 2007). میزان نیاز کمی به متیونین در بسیاری از ماهیان عمده‌ی پرورشی بین ۱/۸ تا ۳/۲ درصد پروتئین بیان‌شده است (Wilson, 2003) میزان نیاز بالا به پروتئین در ماهی صبیتی می‌توانند نشان‌دهنده نیاز بالای به متیونین در این ماهی باشد زیرا عموماً ماهیانی که نیاز بالایی به پروتئین در جیره خود دارند به میزان بیشتری از اسیدآمینه‌ی متیونین علاوه بر لایزین نیازمندند (Zhou *et al.*, 2006). کمبود لایزین باعث کاهش اشتها و عملکرد رشد می‌شود که این مطلب در مورد کپور بزرگ هندی (Ahmed and Khan, 2004) سی‌باس ژاپنی (Mai *et al.*, 2006) و ماهی کوبیا (Zhou *et al.*, 2007) بیان‌شده است. در مطالعه‌ی حاضر نیز همانند مطالعات ذکرشده کاهش اشتها، کاهش عملکرد رشد و تغذیه در تیمار کمبود اسیدآمینه‌ی لایزین مشاهده گردید. از اثرات کمبود متیونین بر روی ماهیان علاوه بر موارد ذکرشده برای اسیدآمینه لایزین به آب‌مروارید چشمی در ماهیان آزاد اشاره شده است (Cowey *et al.*, 1992; Rumsey *et al.*, 1983; Walton *et al.*, 1982) که در مطالعه ی حاضر مشاهده نشد. علت اصلی کاهش فاکتور های رشد و تغذیه در هنگام تغذیه‌ی ماهی از جیره‌های دارای کمبود اسیدهای آمینه‌ی متیونین و لایزین را می‌توان به اختلال در نقش‌های فیزیولوژیک این دو اسیدآمینه و متابولیت‌های وابسته به آنها و همچنین نقش اصلی اسیدهای آمینه در تولید پروتئین نسبت داد (Zhou *et al.*, 2007; Zhou *et al.*, 2006).

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

کاهش میزان چربی خام لاشه که با کاهش میزان فاکتور چربی احشایی در تیمارهای آزمایشی نسبت به تیمار کنترل مشاهده شد نشان‌دهنده بروز اختلال در متابولیسم و ذخیره‌ی چربی در بدن ماهیان هنگام مواجه‌شدن با جیره‌های دارای کمبود اسیدهای آمینه‌ی لایزین و متیونین می‌باشد؛ که این مطلب به‌خوبی با نقش متیونین و لایزین در ساخت کارنیتین قابل توضیح می‌باشد، زیرا کارنیتین در انتقال اسیدهای چرب بلند زنجیره در بدن نقش دارد (Harpaz, 2005). اگرچه در مطالعه‌ی حاضر میزان چربی احشایی و چربی خام ترکیب لاشه‌ی ماهیان آزمایشی کاهش‌یافته است که نشان‌دهنده‌ی اختلال در متابولیسم چربی می‌باشد اما این موضوع برخلاف مطالعات مشابه در هنگام مواجه با کمبود اسیدهای آمینه‌ی لایزین و متیونین در مطالعه‌ی حاضر مشاهده شد. در مطالعات مشابه افزایش میزان چربی ذخیره‌شده در بدن در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (Rodehutscord *et al.*, 1997) و ماهی آزاد اطلس (Espe *et al.*, 2007) گزارش گردید. با بررسی میزان اسیدآمینه لایزین در تیمارهای آزمایشی و مقایسه با تیمار کنترل مشاهده می‌شود که علی رقم کاهش میزان لایزین در تیمار کمبود لایزین، میزان این اسیدآمینه در این تیمار کاهش نیافته است و تفاوت معنی‌داری در میزان این اسیدآمینه در مقایسه با تیمار شاهد مشاهده نمی‌شود؛ که می‌توان گفت ذخیره‌سازی اسیدآمینه‌ی لایزین در هنگام مواجه با کمبود این اسیدآمینه رخداده است که این مطلب با این فرض که مکانیسمی در ماهیان برای کاهش مصرف اسیدآمینه‌ی ضروری کاهش داده‌شده وجود دارد، دریک راستا می‌باشد (Jarss and Bastrop, 1995). نتایج مشابهی در مطالعه‌ی ماهی آزاد اطلس گزارش شده است (Rollin *et al.*, 2003). برخلاف اسیدآمینه‌ی لایزین اسیدآمینه‌ی متیونین همانند برخی دیگر از اسیدهای آمینه در مطالعه‌ی حاضر دستخوش تغییرات متفاوتی شدند.

به‌طورکلی با بررسی نتایج حاصل از این آزمایش به این نتیجه می‌رسیم که کاهش میزان اسیدآمینه‌ی لایزین و متیونین در جیره‌ی ماهی صبیتی به‌صورت کاملاً معنی‌داری همه‌ی فاکتورهای رشد و تغذیه‌ی ماهی تحت تأثیر قرار گرفت که مشخص‌کننده اهمیت این اسیدهای آمینه‌ی ضروری در جیره‌ی ماهی صبیتی جوان می‌باشد. علاوه بر این کاهش میزان چربی لاشه و فاکتور چربی احشایی نشان‌دهنده به وجود آمدن اختلال در متابولیسم و ذخیره‌سازی چربی بوده است. در این مطالعه با کاهش اسیدآمینه‌ی ضروری لایزین در جیره‌ی ماهی صبیتی میزان این اسیدآمینه‌ی لاشه در بین تیمارها بدون تغییر مشاهده شد که نشان دهنده‌ی ذخیره‌سازی این اسیدآمینه در بدن در مواجهه با کمبود آن می باشد.

سپاسگزاری

این مقاله از طرح مصوب صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور با کد شماره ۹۲۰۱۱۶۱۰ استخراج شده است. نویسندگان از پرسنل پژوهشکده آبزی پروری جنوب کشور و ایستگاه تحقیقاتی ماهیان دریایی بندر امام خمینی کمال تشکر و قدردانی را به جهت همکاری‌های صورت گرفته دارند.

منابع

Ahmed, I. and Khan, M. A., 2004. Dietary lysine requirement of fingerling Indian major carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). Aquaculture, 235: 499-511.

AOAC, 2005. *Official Methods of Analysis*, MD: Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg.

Belghit, I., Skiba-Cassy, S., Geurden, I., Dias, K., Surget, A., Kaushik, S., Panserat, S. and Seiliez, I., 2014. Dietary methionine availability affects the main factors involved in muscle protein turnover in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). British Journal of Nutrition, 112: 493-503.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

Cheng, Z. J., Hardy, R. W. and Usry, J. L., 2003. Plant protein ingredients with lysine supplementation reduce dietary protein level in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets, and reduce ammonia nitrogen and soluble phosphorus excretion. Aquaculture, 218: 553-565.

Cowey, C. B., Cho, C. Y., Sivak, J. G., Weerheim, J.A. and Stuart, D. D., 1992. Methionine Intake in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*), Relationship to Cataract Formation and the Metabolism of Methionine. The Journal of nutrition, 122: 1154-1163.

Diógenes, A., Fernandes, J., Dorigam, J., Sakomura, N., Rodrigues, F., Lima, B. and Gonçalves, F., 2015. Establishing the optimal essential amino acid ratios in juveniles of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by the deletion method. Aquaculture Nutrition. doi:10.1111/anu.12262.

Espe, M. and Holen, E., 2013. Taurine attenuates apoptosis in primary liver cells isolated from Atlantic salmon (*Salmo salar*). British Journal of Nutrition, 110: 20-28.

Espe, M., Lemme, A., Petri, A. and El-Mowafi, A., 2007. Assessment of lysine requirement for maximal protein accretion in Atlantic salmon using plant protein diets. Aquaculture, 263: 168-178.

Forster, I. and Ogata, H.Y., 1998. Lysine requirement of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* and juvenile red sea bream *Pagrus major*. Aquaculture, 161: 131-142.

Gaylord, T. G., Barrows, F. T., Teague, A. M., Johansen, K. A., Overturf, K. E. and Shepherd, B., 2007. Supplementation of taurine and methionine to all-plant protein diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 269: 514-524.

Green, J. and Hardy, R., 2002. The optimum dietary essential amino acid pattern for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), to maximize nitrogen retention and minimize nitrogen excretion. Fish Physiology and Biochemistry, 27: 97-108.

Harpaz, S., 2005. L-carnitine and its attributed functions in fish culture and nutrition - a review. Aquaculture, 249: 3-21.

Jarss, K. and Bastrop, R., 1995. Amino acid metabolism in fish, in" Biochemistry and Molecular Biology of Fishes"(ed. by PW Hochachka and TP Mommsen), Vol. 4. Elsevier Science, Amster dam.

Köprücü, K. and Özdemir, Y., 2005. Apparent digestibility of selected feed ingredients for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture, 250: 308-316.

Lindroth, P. and Mopper, K., 1979. High performance liquid chromatographic determination of subpicomole amounts of amino acids by precolumn fluorescence derivatization with o-phthaldialdehyde. Analytical chemistry, 51: 1667-1674.

Mai, K., Zhang, L., Ai, Q., Duan, Q., Zhang, C., Li, H., Wan, J. and Liufu, Z., 2006. Dietary lysine requirement of juvenile Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. Aquaculture, 258: 535-542.

NRC, 2011. *Nutrient Requirements of Fish and Shrimp*, The National Academies Press, Washington, DC.

Peres, H. and Oliva-Teles, A., 2009. The optimum dietary essential amino acid profile for gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles. Aquaculture, 296: 81-86.

Poston, H., Riis, R., Rumsey, G. and Ketola, H., 1977. The effect of supplemental dietary amino acids, minerals and vitamins on salmonids fed cataractogenic diets. The Cornell Veterinarian, 67: 472-509.

Rodehutscord, M., Becker, A., Pack, M. and Pfeffer, E., 1997. Response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to supplements of individual essential amino acids in a semipurified diet, including an estimate of the maintenance requirement for essential amino acids. The Journal of nutrition, 127: 1166-1175.

Rollin, X., Mambrini, M., Abboudi, T., Larondelle, Y. and Kaushik, S. J., 2003. The optimum dietary indispensable amino acid pattern for growing Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fry. British Journal of Nutrition, 90: 865-876.

Rønnestad, I., Conceição, L. E., Aragão, C. and Dinis, M. T., 2000. Free amino acids are absorbed faster and assimilated more efficiently than protein in postlarval Senegal sole (*Solea senegalensis*). The Journal of nutrition, 130: 2809-2812.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]

Rumsey, G. L., Page, J. W. and Scott, M. L., 1983. Methionine and cystine requirements of rainbow trout. The Progressive Fish-Culturist, 45: 139-143.

Takagi, S., Murata, H., Goto, T., Ichiki, T., Endo, M., Hatate, H., Yoshida, T., Sakai, T., Yamashita, H. and Ukawa, M., 2006. Efficacy of taurine supplementation for preventing green liver syndrome and improving growth performance in yearling red sea bream *Pagrus major* fed low-fishmeal diet. Fisheries science, 72: 1191-1199.

Tapia-Salazar, M., Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Pike, I. H., Smith, T. K., Harris, A., Nygård, E. and Opstvedt, J., 2004. Effect of fishmeal made from stale versus fresh herring and of added crystalline biogenic amines on growth and survival of blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* fed practical diets. Aquaculture, 242: 437-453.

Turchini, G., Francis, D., Senadheera, S., Thanuthong, T. and De Silva, S., 2011. Fish oil replacement with different vegetable oils in Murray Cod: evidence of an "omega-3 sparing effect" by other dietary fatty acids. Aquaculture, 315: 250-259.

Walton, M.., Cowey, C.. and Adron, J.., 1982. Methionine metabolism in rainbow trout fed diets of differing methionine and cystine content. The Journal of nutrition, 112: 1525-1535.

Wilson, R., 1994. Amino acid requirements of finfish. Amino acids in farm animal nutrition: 377-399.

Wilson, R.., 2003. 3 - Amino Acids and Proteins In *Fish Nutrition (Third Edition)* (Hardy, J.E.H.W. ed.), pp. 143-179. Academic Press, San Diego.

Zhou, Q. C., Wu, Z. H., Chi, S. Y. and Yang, Q. H., 2007. Dietary lysine requirement of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). Aquaculture, 273: 634-640.

Zhou, Q. C., Wu, Z. H., Tan, B. P., Chi, S.-Y. and Yang, Q. H., 2006. Optimal dietary methionine requirement for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). Aquaculture, 258: 551-557.

Zhou, X., 2005. Use of synthetic lysine in fish feeds: a review on research and application. Feed Ind, 27: 1-7

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2025-07-09]