Downloaded from aqudev.liau.ac.ir at 13:45 +0330 on Tuesday December 11th 2018

اثرات منفی کمبود اسیدآمینه‌های ترئونین و هیستیدین در جیره‌ی ماهی صبیتی جوان (*Sparidentex hasta*)

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

۱- موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، پژوهشکده آبزی‌پروری جنوب کشور، اهواز، ایران

۳- گروه شیلات، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۷ تیر ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: ۸ آذر ۱۳۹۶

چکیده

در این پژوهش تأثیرات کاهش اسیدهای آمینه‌ی ضروری ترئونین و هیستیدین در جیره به یک میزان ثابت بر روی فاکتورهای رشد، تغذیه، ترکیب شیمیایی لاشه ماهی صبیتی جوان با هدف بررسی اهمیت این اسیدهای آمینه در جیره مورد مطالعه قرار گرفت. این آزمایش در تابستان سال ۹۳ در ایستگاه تحقیقاتی ماهیان دریایی بندر امام خمینی با تعداد ۲۲۵ قطعه ماهی ۴/۷ گرمی با سن ۱۴۰ روز و با شرایط دمایی (۲۸/۹ ± ۱/۵ °C)، pH (۷/۶ ± ۰/۲) و شوری (۴۸ ± ۰/۵ g L^{-1}) متناسب با شرایط طبیعی منطقه، انجام شد. این تحقیق در سه تیمار و هر یک با سه تکرار به مدت ۴۲ روز بر مبنای تغذیه با جیره‌هایی غذایی نیمه خالص با بکار گیری اسیدهای آمینه‌ی خالص به انجام رسید. جیره‌های این آزمایش شامل جیره شاهد، بدون کمبود غذایی و دو جیره‌ی دارای کمبود غذایی ترئونین و هیستیدین به میزان ۴۰ درصد کم‌تر از جیره‌ی شاهد بود. در پایان آزمایش اطلاعات مربوط به فاکتورهای رشد، تغذیه و نمونه‌هایی برای بررسی ترکیب شیمیایی و پروفیل آمینواسیدی لاشه جمع‌آوری شدند. همه‌ی شاخص‌های رشد و تغذیه شامل وزن نهایی، درصد افزایش وزن، شاخص رشد ویژه، کارایی پروتئین و تثبیت نیتروژنی و همچنین شاخص چربی احشایی در بین تیمارهای دارای کمبود اسیدآمینه نسبت به تیمار کنترل به‌صورت معنی‌داری کاهش و شاخص ضریب تبدیل غذایی افزایش یافت. درصد بقا در تیمار کمبود اسیدآمینه‌ی ترئونین به‌صورت معنی‌داری کم‌تر از سایر تیمارها بود. میزان چربی خام و انرژی ناخالص لاشه در دو تیمار نسبت به کنترل کاهش یافت. اسیدهای آمینه‌ی ترئونین و هیستیدین در لاشه‌ی ماهیان بدون تغییر معنی‌داری گزارش شدند که نشان‌دهنده ذخیره سازی اسیدهای آمینه کاهش یافته بود. کاهش عملکرد در بسیاری از فاکتورهای رشد و تغذیه در تیمار کمبود ترئونین نسبت به تیمارهای کنترل و تیمار کمبود هیستیدین نشان‌دهنده اهمیت این اسیدآمینه در تغذیه ماهی صبیتی جوان می‌باشد. اسیدآمینه‌ی هیستیدین به‌صورت بینابینی باعث کاهش رشد گردید که احتمالاً مکانیسمی برای کاهش مصرف این اسیدآمینه در بدن ماهی در مواقع کمبود در جیره موجود می‌باشد.

کلمات کلیدی: ماهی صبیتی، کمبود اسیدآمینه، ترئونین، هیستیدین.

* عهده‌دار مکاتبات (✉). m.yaghoubi@ut.ac.ir

Downloaded from aqudev.liau.ac.ir at 13:45 +0330 on Tuesday December 11th 2018

مقدمه

آمینواسیدها مولکول‌هایی هستند که عملکردهای هر دو گروه آمین‌ها و کربوکسیلیک‌ها را شامل می‌شوند. ازآنجاکه مفهوم رشد عموماً افزایش پروتئین عضلات می‌باشد و اسیدهای آمینه منشأ این پروتئین‌ها و منبع اصلی انرژی به‌خصوص در مراحل ابتدایی رشدی می‌باشند و نیاز به اسیدهای آمینه در مراحل رشدی ماهی بسیار زیاد می باشد. بیست عدد از ۸۰ آمینواسید ممکن طبیعی در ساختن پروتئین نقش دارند که یک‌دوم از آن‌ها به‌عنوان محدودکننده یا 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). با بررسی مطالعات مربوط به حیوانات خشکی زی و آبزی مشخص شده است که بسیاری از اسیدآمینه‌ها تنظیم‌کننده گذرگاه‌های حساس متابولیکی می‌باشند که برای بقا، رشد و تولیدمثل و پاسخ ایمنی بسیار مهم و بحرانی می‌باشند؛ که این‌ها اسیدهای آمینه‌ی وظیفه‌دار نامیده می‌شوند. اسیدهای آمینه‌ی هیستیدین و ترئونین از اسیدآمینه‌های ضروری در جیره‌ی ماهیان می باشند و از لحاظ رشد و همچنین فعالیت‌های فیزیولوژیکی داری اهمیت می باشند (Li *et al.*, 2009). در این مطالعه با کاهش شدید سطح غذایی اسید آمینه‌های هیستیدین و ترئونین در جیره‌ی ماهی صبیتی جوان تلاش شده است که تاثیرات مستقیم این دو اسید آمینه بر روی رشد و برخی فاکتورهای شیمیایی بدن بررسی شود. هیستیدین یکی از فراوان‌ترین اسیدآمینه در آلبومین پلاسمای ماهی می‌باشد (Szebedinszky and Gilmour, 2002). این اسیدآمینه همچنین در عضلات ماهی همچون کارنوسین فراوان می‌باشد. هیستیدین در متابولیسم واحد یک کربنه شرکت می‌کند و بنابراین ساخت DNA و پروتئین را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به‌علاوه به‌عنوان یک منبع انرژی در طول گرسنگی اهمیت دارد و همچنین هیستیدین یک ترکیب اصلی از بافرهای غیر کربنه می‌باشد و از ماهی در برابر تغییر pH که نتیجه کمبود اکسیژن و لاکتواسیدوسیز[1] افزایش‌یافته، محافظت می‌کند. ظرفیت سیستم بافر غیر کربنی در میان ماهیان گونه‌های مختلف به‌صورت قابل ملاحظه‌ای متفاوت است که احتمالاً به دلیل عادت دهی طولانی مدت به محیط می‌باشد. به‌طور قابل ملاحظه‌ای غلظت هیستیدین بین ماهیچه‌ای به‌صورت ذاتی قبل از مهاجرت برای تخم‌ریزی افزایش می‌یابد و در ماهیان آزاد (Mommsen *et al.*, 1980) این احتمال وجود دارد که متابولیسم هیستیدین و احتیاج غذایی آن در ماهی به‌وسیله‌ی بسیاری از شاخص‌های درونی و محیطی تنظیم شود. ازآنجاکه هیستیدین و ترکیبات وابسته به آن مانند انسرین و کارنوسین که از آن مشتق می‌شوند، باعث ایجاد مزه جالب و بافت مناسب می‌شود (به‌عنوان‌مثال شیرینی، سنگینی و استحکام بافت)، افزودن غذایی هیستیدین می‌تواند تحریک‌کننده‌های حسی به‌عنوان‌مثال مزه غذاهای دریای (Ogata, 2002) را بهبود بخشد. به‌علاوه افزودن غذایی هیستیدین سطح هیستیدین بین ماهیچه‌ای و pH را افزایش داده درحالی‌که کاهش رخنه‌های ماهیچه‌ای را در ماهی روغن آتلانتیک پس از مرگ سبب می‌شود که باعث افزایش بیشتر کیفیت فیله می‌گردد (Førde-Skjærvik *et al.*, 2006). اغلب مطالعات صورت پذیرفته در مورد ترئونین روی حداقل نیاز غذایی به این اسیدآمینه در چندین گونه ماهی به علت کمبود آن در منابع پروتئینی

[1] Lactacidosis

Downloaded from aqudev.liau.ac.ir at 13:45 +0330 on Tuesday December 11th 2018

گیاهی صورت پذیرفته است. سطح غذایی ترئونین می‌تواند سطح ایمنی را در پستانداران تحت تأثیر قرار دهد (Corrêa *et al.*, 2007). به‌علاوه ترئونین ترکیب اصلی موسین موجود در موکوس روده کوچک می‌باشد؛ بنابراین تنظیم یکپارچگی و عملکرد روده کوچک را بر عهده دارد. هرچند به استفاده بالقوه از ترئونین در غذاهای آبزیان فراتر از نیاز تغذیه‌ای توجه اندکی شده است (Li *et al.*, 2009).

ماهی صبیتی با نام علمی *Sparidentex hasta* (Valenciennes 1830) تنها گونه از جنس Sparidentex در خانواده‌ی Sparidae می‌باشد و از غذاهای باارزش دریایی بوده که به میزان زیادی در خلیج‌فارس، سواحل هند و قسمت‌های غربی اقیانوس هند یافت می‌شود. این ماهی به آسانی در اسارت تخم ریزی می کند و در شرایط ایده آل رشد سریعی را از خود نمایش می دهد و دامنه‌ی وسیعی از شرایط فیزیکو شیمایی آب را تحمل می کند این گونه به عنوان یکی از نمایندگان آبزی پروری دریایی در ایران و حوضه‌ی خلیج فارس دارای مورد توجه می باشد (Basurco *et al.*, 2011; Moshayedi *et al.*, 2015). استفاده از روش‌های پیشرفته در تکثیر و پرورش این ماهی برای تأمین نیاز بازار اهمیت زیادی دارد درحالی‌که اطلاعات اندکی در مورد تغذیه و احتیاجات غذایی این ماهی به‌ویژه در زمینه‌ی اسیدهای آمینه‌ای در دسترس می‌باشد.

هدف از این پژوهش مشخص کردن تأثیرات کاهش اسیدهای آمینه‌ی ضروری ترئونین و هیستیدین در جیره به یک میزان ثابت بر روی فاکتورهای رشد، تغذیه و ترکیب شیمیایی و پروفیل آمینواسیدی لاشه ماهیان مورد تغذیه بود. 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 بیشتر 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 با سن ۱۴۰ روز به محل انجام آزمایش انتقال داده شد. شرایط دمایی (۲۸/۹ ± ۱/۵ °C)، pH (۷/۶ ± ۰/۲) و شوری (۴۸ ± ۰/۵ g L^{-1}) متناسب با شرایط طبیعی منطقه بود و در طول دوره به‌صورت روزانه اندازه‌گیری گردید. این تحقیق از ۹ عدد تانک ۳۰۰ لیتری پلی‌اتیلنی مدور برای انجام آزمایش استفاده شد که در داخل هر تانک یک سنگ هوا برای تأمین اکسیژن (میانگین اکسیژن محلول: ۶/۸ ± ۰/۴ mg L^{-1}) 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 ۱۵ قطعه ماهی قرار داده و به مدت ده روز قبل از شروع آزمایش با شرایط جدید سازگاری یافتند. در تمام مراحل آزمایش ماهی‌ها ۳ نوبت در روز در ساعات ۷ و ۱۲ و ۱۷ در حد سیری غذادهی شدند. این آزمایش با ۳ تیمار و در ۳ تکرار اجرا گردید. تنها تفاوت موجود در تیمارهای این آزمایش کاهش ۴۰ درصد از کل اسیدهای آمینه لوسین، ایزولوسین و والین در تیمارهای آزمایشی نسبت به تیمار شاهد بود. آزمایش فوق ۶ هفته به طول انجامید.

Downloaded from aqudev.liau.ac.ir at 13:45 +0330 on Tuesday December 11th 2018

جیره‌نویسی و تولید غذاها

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). این میزان پروتئین و انرژی بر اساس مطالعه قبلی بر روی ماهیان جوان این گونه انجام شده بود انتخاب گردید (Hossain *et al.*, 2014). پروتئین از منابع پودر ماهی، ژلاتین و آمینواسیدهای خالص تأمین شد. در جیره‌های تهیه‌شده برای هر سه تیمار از الگوی اسیدهای آمینه‌ی پودر ماهی مورد استفاده به عنوان میزان بهینه‌ی مورد نیاز این ماهی در نبود اطلاعت نیاز تغذیه ای به این اسید آمینه‌ها در این ماهی استفاده شد (Rollin *et al.* 2003). در همه تیمارها ۶۰٪ منبع پروتئین از پودر ماهی کیلکا و ۴۰٪ مابقی از اسیدهای آمینه کریستاله تأمین شد. در تمیار شاهد (Control) هیچ محدودیتی در اسیدهای آمینه‌ی ضروری لحاظ نگردید و مشابه به پروفیل اسید آمینه‌ی پودر ماهی تهیه گردید ولی در تیمار کمبود اسیدآمینه‌ی ترئونین (THR) از ۴۰ درصد ترکیب اسیدهای آمینه‌ی خالص استفاده‌شده در تیمار شاهد میزان ترئونین صفر در نظر گرفته شد و با میزان مشابهی از مخلوط اسیدهای آمینه‌ی غیرضروری جایگزین گردید. برای تهیه‌ی تیمار کمبود اسیدآمینه‌ی هیستیدین (HIS) نیز روند مشابه ای همانند تیمار ترئونین 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 ترئونین و هیستیدین به ترتیب در تیمارهای دوم و سوم 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) (جدول ۱). برای متعادل کردن جیره‌ها با منابع غذایی استفاده‌شده از نرم‌افزار WUFFF DA نسخه 1.0 استفاده شد. ترکیب آمینواسیدی جیره‌ها بر اساس پروفیل آمینواسید اجزای جیره به‌دست‌آمده از NRC و پروفیل آمینواسیدی پودر ماهی کیلکا توسط نرم‌افزار محاسبه و در جدول ۳ گزارش شد ۲۰۱۸/۰۸/۲۷. پروفیل آمینواسیدی برای هر دو جیره بر مبنای پروفیل پودر ماهی مورداستفاده تعیین شده است و در هر سه جیره به‌جز اسیدآمینه‌های کاهش‌یافته‌ی ترئونین و هیستیدین به ترتیب در جیره‌های THR و HIS تقریباً یکسان بودند. برای تهیه جیره‌های غذایی تمامی مواد با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند. ابتدا ترکیبات خشک جیره که قبلاً آسیاب شده بود 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 حاصله به چرخ‌گوشت با مش 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. روش استفاده شده در این مطالعه برای ساخت جیره‌ها بخصوص در بکار گیری اسیدهای آمینه‌ی خالص بر اساس مطالعات سنجش نیاز اسید آمینه ای بر اساس روش حذف اسید آمینه می باشد که تاکنون بر روی چندین گونه از

Downloaded from aqudev.liau.ac.ir at 13:45 +0330 on Tuesday December 11th 2018

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 نتایج مشابه ای در عملکرد رشد در این مطالعات در جیره‌های داری کمبود اسیدهای آمینه‌ی ترئونین و هیستیدین مشاهده شد.

زیست‌سنجی ماهیان و شاخص‌های موردبررسی

در ابتدا و انتهای آزمایش زیست‌سنجی ماهیان به‌صورت گروهی با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم وزن 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، فاکتور وضعیت، رشد روزانه، شاخص رشد روزانه، درصد بقاء بر اساس فرمول‌های بیان‌شده در جداول محاسبه گردید.

آنالیزهای شیمیایی

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، اهواز 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 با روش (Lindroth and Mopper, 1979) در آزمایشگاه تغذیه‌ی دانشگاه علوم دریایی تربیت مدرس نور موردسنجش 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.

Downloaded from aqudev.liau.ac.ir at 13:45 +0330 on Tuesday December 11th 2018

روش آماری و شیوه نمونه‌برداری

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 پنج درصد استفاده شد. داده‌های درصدی به Arcsinus تبدیل شدند. داده‌های به‌دست‌آمده در ارتباط با تأثیر کاهش هریک از اسیدآمینه‌های ضروری 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 ($g\ 100g^{-1}$dry diet)

اقلام غذایی	جیره‌ها		
	Control	THR	HIS
پودر کیلکا[۱]	۳۶/۰۰	۳۶/۰۰	۳۶/۰۰
نشاسته ذرت[۱]	۲۰/۵۰	۲۰/۵۰	۲۰/۵۰
آرد سفید گندم[۱]	۷/۰۰	۷/۰۰	۷/۰۰
ژلاتین[۱]	۴/۰۰	۴/۰۰	۴/۰۰
روغن ماهی[۱]	۱۱/۰۰	۱۱/۰۰	۱۱/۰۰
آگار[۲]	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
مکمل ویتامینی[a ۱]	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
مکمل معدنی[a ۱]	۱/۰۰	۱/۰۰	۱/۰۰
L-arginine[۲]	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵
L-lysine-HCl[۲]	۱/۱۵	۱/۱۵	۱/۱۵
L-threonine[۲]	۰/۸۰	۰/۰۰	۰/۸۰
L-histidine[۲]	۰/۵۰	۰/۵۰	۰/۰۰
L-isoleucine[۳]	۰/۸۵	۰/۸۵	۰/۸۵
L-leucine[۲]	۱/۴۰	۱/۴۰	۱/۴۰
L-methionine[۲]	۰/۶۰	۰/۶۰	۰/۶۰
L-phenylalanine[۲]	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵
L-tryptophan[۲]	۰/۲۰	۰/۲۰	۰/۲۰
L-valine[۲]	۰/۹۵	۰/۹۵	۰/۹۵
NEAA mixture[۲b]	۱۰/۲۰	۱۱/۰۰	۱۰/۷۰

[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 ۲۰۰۰IU/kg، ویتامین D: ۸۰۰ IU/kg، ویتامین E: ۸۸ IU/kg، ویتامین K: ۳ mg/kg، ویتامین C: ۲۰۰mg/kg ، ویتامین B1: ۱۲ mg/kg، ویتامین B2: ۱۴ mg/kg، ویتامین B5: ۷۰ mg/kg، ویتامین B3: ۵۰ mg/kg، ویتامین B6: ۱۲ mg/kg، ویتامین B9: ۳mg/kg ، ویتامین B12: ۰/۰۱۶ mg/kg، ویتامین H2: ۰/۱۴ mg/kg، سلنیم: ۱۶۸mg/kg ، سولفات آهن ۲۰mg/kg ، سولفات مس ۲mg/kg ،یدات کلسیم: ۲ mg/kg، اکسیدمنگنز: ۱۶/۸mg/kg ، اکسیدروی: ۳۳/۲ mg/kg، کبالت: ۰/۳۳۶ mg/kg. [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٪ از جیره می‌باشد.

Downloaded from aqudev.liau.ac.ir at 13:45 +0330 on Tuesday December 11th 2018

جدول ۲: آنالیز بیوشیمیایی ترکیب جیره‌ها (%) (n = 3)

جیره‌ها	ماده خشک	انرژی ناخالص[1]	پروتئین	چربی	فیبر خام	عصاره‌ی عاری از ازت[2]	خاکستر
Control	۹۲/۹۱±۰/۴	۲۰/۹۲±۰/۰۵	۴۶/۶۷±۰/۵۷	۲۰/۱۴±۰/۰۱	۱/۰۸±۰/۰۴	۱۹/۱۴±۰/۵	۶/۷۵±۰/۰۷
THR	۹۲/۰۲±۰/۴	۲۰/۴۶±۰/۰۷	۴۷/۹۲±۰/۱۹	۱۸/۹۱±۰/۳	۰/۴۱±۰/۰۹	۱۹/۳۴±۰/۰۱	۵/۸۴±۰/۰۹
HIS	۹۲/۵±۰/۲۵	۲۰/۳۵±۰/۰۳	۴۶/۸۷±۰/۳۵	۱۹/۲۳±۰/۱۵	۰/۴۳±۰/۰۸	۲۰/۱۶±۰/۶۲	۶/۲۴±۰/۱۲

[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 *(n = 1), g 100 g^{-1}Diet*

	Control	THR	HIS
آرژنین	۲/۵۶	۲/۵۶	۲/۵۶
لایزین	۲/۸۸	۲/۸۸	۲/۸۸
ترئونین	۱/۹	۱/۱۲	۱/۹۸
هیستیدین	۱/۱۱	۱/۱۲	۰/۶۶
ایزولوسین	۲/۰۷	۲/۰۷	۲/۰۷
لوسین	۳/۳۷	۳/۳۷	۳/۳۷
متیونین	۱/۳۸	۱/۳۸	۱/۳۸
فنیل آلانین	۱/۸۴	۱/۸۴	۱/۸۴
تریپتوفان	۰/۴۵	۰/۴۵	۰/۴۵
والین	۲/۳۳	۲/۳۳	۲/۳۳
سیستین	۰/۲۷	۰/۲۷	۰/۲۷
تیروزین	۰/۸۷	۰/۸۷	۰/۸۷
گلایسین	۵	۵/۱۵	۵/۱
سرین	۲/۰۴	۲/۱۲	۲/۰۹
آلانین	۳/۹۳	۳/۷۲	۳/۷۴
پرولین	۱/۹۸	۲/۱۳	۲/۲۶

_ خط زیر نشان‌دهنده اسیدهای آمینه‌ی کاهش‌یافته در هر جیره می‌باشد.

نتایج

اجزای غذای هر سه جیره‌ی ساخته‌شده برای این پژوهش در جدول ۱ نشان داده‌شده است که در همه‌ی جیره‌ها همه‌ی اجزای غذایی بکار برده شده به‌جز میزان ترئونین خالص در تیمار کمبود ترئونین و میزان هیستیدین خالص در تیمار کمبود هیستیدین یکسان بودند که در جیره‌ی شاهد (Control) هیچ کمبودی بر اساس پروفیل پودر ماهی استفاده‌شده وجود نداشت

Downloaded from aqudev.liau.ac.ir at 13:45 +0330 on Tuesday December 11th 2018

ولی جیره‌ی (THR) یا جیره‌ی کمبود اسیدآمینه‌ی ترئونین و جیره‌ی (HIS) یا جیره‌ی کمبود اسیدآمینه‌ی هیستیدین به میزان ۴۰ درصد نسبت به جیره‌ی اول به ترتیب داری کمبود اسیدآمینه‌های ترئونین و هیستیدین بودند. در جدول ۲ نتایج آنالیز شیمایی 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 بودند. در این جدول میزان چربی و فیبر و عصاره‌ی عاری از ازت نیز بیان‌شده است که تقریباً بین همه‌ی جیره‌ها یکسان بودند.

در طول این آزمایش همه‌ی ماهی‌ها سالم بودند. نرخ بقا در تیمار کمبود اسیدآمینه‌ی ترئونین نسبت به سایر تیمارها به‌صورت معنی‌داری کاهش یافت (P<۰/۰۵). 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. همه‌ی فاکتورهای رشد و تغذیه از جمله وزن نهایی، درصد افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی، نرخ کارایی پروتئین، مصرف غذا و تثبیت نیتروژنی در بین تیمارهای دارای کمبود اسیدآمینه نسبت به تیمار کنترل با تفاوت‌های معنی‌داری گزارش گردیدند؛ که همه‌ی فاکتورها به‌جز ضریب تبدیل غذایی کاهش یافتند (P <۰/۰۵). بین دو تیمار کمبود ترئونین و کمبود هیستیدین نیز همه‌ی تفاوت‌ها به‌جز وزن نهایی و نرخ کارایی پروتئین معنی‌دار بودند که در همه‌ی موارد عملکرد ماهیان تغذیه شده با جیره‌ی دارای کمبود اسیدآمینه‌ی هیستیدین بهتر از ماهیان تغذیه شده با جیره‌ی دارای کمبود ترئونین بود (P <۰/۰۵). در اندیس‌های بیومتری تنها شاخص چربی احشایی با کاهش در تیمارهای کمبود ترئونین و هیستیدین به‌صورت معنی‌دار مواجه گردید (P <۰/۰۵). سایر فاکتورهای بیومتری شامل شاخص وضعیت، شاخص کبدی و فاکتور وضعیت بدون تفاوت معنی‌داری در بین تیمارها مشاهده شدند.

آنالیز ترکیب شیمیایی کل بدن ماهیان مورد آزمایش در تیمارها در انتهای آزمایش و همچنین در ماهیان شروع آزمایش در جدول شماره ۵ گزارش گردیده است. آنالیز آماری فقط برای نتایج انتهای آزمایش گزارش شده است؛ که بر اساس نتایج حاصله میزان پروتئین خام و خاکستر لاشه در بین تیمارها تغییرات معنی‌داری را نشان نداد. میزان رطوبت به‌صورت معنی‌داری در تیمار ترئونین بیشتر از تیمار کنترل بود (P <۰/۰۵) ولی با تیمار هیستیدین تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. چربی لاشه در تیمارهای دارای کمبود اسیدآمینه کم‌تر از میزان مشاهده‌شده در تیمار کنترل بود (P <۰/۰۵). انرژی ناخالص در تیمار کمبود اسیدآمینه‌ی ترئونین کم‌تر از تیمار کمبود اسیدآمینه‌ی هیستیدین بود و در هر دو تیمار کم‌تر از میزان مشاهده‌شده در تیمار کنترل بود که این تغییرات به‌صورت معنی‌دار مشاهده گردید (P <۰/۰۵).

در جدول شماره‌ی 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 از اسیدهای آمینه در مقایسه بین تیمارهای موردمطالعه، اسیدآمینه‌های آرژنین، هیستیدین، ایزولوسین، لایزین، ترئونین، پرولین، آلانین و سیستین بدون تغییر مشاهده شدند.

Downloaded from aqudev.liau.ac.ir at 13:45 +0330 on Tuesday December 11th 2018

جدول ۴: رشد، مصرف غذا، بقا و پارامترهای بیومتریک ماهی صبیتی جوان در انتهای دوره‌ی آزمایش *(means±SE, n=3)*[۱]

	تیمارهای غذایی		
	Control	THR	HIS
عملکرد رشد و تغذیه			
IBW (g) [a]	۴/۶۴±۰/۰۸	۴/۷۱±۰/۰۲	۴/۷۶±۰/۰۲
FBW (g) [b]	۱۲/۸۴±۰/۵۳ [a]	۷/۹۳±۰/۳۴ [b]	۹/۱۹±۰/۴۷ [b]
WG (%) [c]	۱۷۷/۰۳±۵/۹ [a]	۶۸/۳۹±۱/۵ [c]	۹۳/۲۶±۵/۴ [b]
SGR [d]	۲/۳۹±۰/۱۲ [a]	۱/۲۴±۰/۰۴ [c]	۱/۵۶±۰/۰۸ [b]
S (%) [e]	۱۰۰ [a]	۸۱/۱±۱/۱۱ [b]	۸۹/۴±۲/۴۲ [a]
FCR[f]	۲/۰۰±۰/۱۱ [c]	۳/۶۸±۰/۱۹ [a]	۳/۰۳±۰/۱۴ [b]
PER[g]	۱/۱۲±۰/۱۱ [a]	۰/۶۰±۰/۰۶ [b]	۰/۷۵±۰/۱۰ [b]
FC (g fish^{-1})[h]	۱۶/۲۷±۰/۴۱ [a]	۱۱/۸۶±۰/۱۰ [c]	۱۳/۰۹±۰/۳۴ [b]
N Retention[i]	۱۷/۰۶±۰/۹۷ [a]	۷/۵۷±۰/۲۹ [c]	۱۱/۵۳±۰/۵۴ [b]
اندیس‌های بیومتری			
K [j]	۲/۴±۰/۰۰	۲/۰۳±۰/۰۰	۲/۲±۰/۰۰
HSI [k]	۲/۰۴±۰/۰۲	۲/۵۸±۰/۵۰	۱/۹۷±۰/۱۱
VSI [l]	۹/۴۹±۰/۴۳	۸/۶۹±۰/۷۶	۷/۷۵±۰/۴
IPF [m]	۱/۸۰±۰/۱۶ [a]	۰/۶۸±۰/۰۶ [b]	۰/۸۷±۰/۲۳ [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 =وزن ثانویه –وزن اولیه / وزن اولیه * ۱۰۰. [d] نرخ ویژه رشد (% body weight d^{-1})= ۱۰۰* (ln وزن نهایی – ln وزن اولیه)/تعداد روز آزمایش. [e] نرخ بقا. [f] نرخ کارایی غذا = میزان غذایی مصرفی / افزایش وزن. [g] نرخ کارایی پروتئین = (وزن نهایی – وزن اولیه)/ (غذای خورده شده * میزان پروتئین جیره). [h] میزان مصرف غذا. [i] تثبیت نیتروژنی =۱۰۰* (نیتروژن پایانی لاشه – نیتروژن اولیه لاشه) / نیتروژن خورده شده. [j] ضریب چاقی = وزن / (طول) ^{۳}. [k] شاخص کبدی = وزن کبد/ وزن بدن * ۱۰۰. [l] شاخص احشایی = وزن احشاء / وزن بدن * ۱۰۰. [m] شاخص چربی احشایی= وزن چربی احشایی/ وزن بدن *۱۰۰.

جدول ۵: آنالیز ترکیب کل لاشه (درصد وزن‌تر) ماهی صبیتی جوان در انتهای آزمایش *(means ± SE, n= 3)*

	اولیه	Control	THR	HIS
رطوبت	۷۲/۳۷±۱/۱۶	۷۰/۱۸±۰/۶۷ [b]	۷۴/۹±۱/۷۳ [a]	۷۳/۶۰±۱/۰۲ [ab]
پروتئین خام	۱۷/۵۵±۰/۶۰	۱۷/۲۴±۰/۲۶	۱۵/۶۶±۰/۵	۱۶/۹۲±۰/۴
چربی خام	۵/۱۱±۰/۲۸	۷/۳۲±۰/۲۲ [a]	۴/۵۲±۰/۲۴ [b]	۴/۷۷±۰/۱۲ [b]
خاکستر	۴/۲۹±۰/۱۶	۴/۸۵±۰/۲۱	۴/۴۸±۰/۱۶	۴/۴۸±۰/۱۵
انرژی ناخالص (MJ kg^{-1})[۱]	۶/۲۲±۰/۰۲	۷/۰۴±۰/۰۷ [a]	۵/۵۳±۰/۰۱ [c]	۵/۹۰±۰/۰۶ [b]

[۱] 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).

علی رغم کاهش چهل‌درصدی اسیدهای آمینه‌ی هیستیدین و ترئونین در جیره‌های کمبود اسیدآمینه‌های مذکور در میزان موجود در لاشه تفاوت معنی‌داری نسبت به تیمار بدون کمبود کنترل مشاهده نشد. در تیمار تغذیه شده با جیره‌ی دارای کمبود اسیدآمینه‌ی ترئونین اسیدهای آمینه‌ی لوسین، فنیل آلانین، گلوتامیک اسید، آسپارتیک اسید، سرین و تیروزین کم‌تر و اسیدهای آمینه‌ی والین و گلایسین بیشتر از تیمار کنترل گزارش گردید (P <۰/۰۵). در لاشه ماهیان تغذیه شده با جیره‌ی حاوی کمبود اسیدآمینه‌ی هیستیدین تنها اسیدهای آمینه‌ی لوسین و متیونین کم‌تر از تیمار کنترل مشاهده شدند (P <۰/۰۵). در سایر

Downloaded from aqudev.liau.ac.ir at 13:45 +0330 on Tuesday December 11th 2018

اسیدهای آمینه این تیمار تفاوتی با تیمار کنترل مشاهده نگردید. میزان کل اسیدهای آمینه‌ی ضروری و غیرضروری در لاشه‌ی ماهیان هر سه تیمار هیچ تفاوت معنی‌داری را نشان نداد.

جدول ۶: ترکیب آمینواسیدی لاشه ماهیان در ابتدا و انتهای آزمایش[۱] *(n = 3), g 16 g^{-1} N.*

	اولیه	Control	THR	HIS
اسیدآمینه‌های ضروری				
آرژنین	۶/۴۵ ± ۰/۰۳	۷/۸۳ ± ۰	۸/۳۲ ± ۰/۲۹	۷/۸۶ ± ۰/۱۶
هیستیدین	۲/۹۳ ± ۰/۰۳	۲/۶ ± ۰/۰۱	۲/۶۹ ± ۰/۰۳	۲/۵۷ ± ۰/۰۱
ایزولوسین	۳/۹۷ ± ۰/۰۲	۴/۰۳ ± ۰/۰۸	۳/۹۲ ± ۰/۰۲	۳/۶۹ ± ۰/۱۴
لوسین	۷/۵۸ ± ۰/۱	۷/۵۹ ± ۰/۰۷ a	۶/۷۵ ± ۰/۰۵ c	۷/۲۵ ± ۰/۰۲ b
لایزین	۸/۶۱ ± ۰/۰۴	۷/۸ ± ۰/۰۳	۷/۶ ± ۰	۷/۵۴ ± ۰/۱۶
متیونین	۲/۵۲ ± ۰	۳/۱ ± ۰/۰۴ a	۳/۰۵ ± ۰/۱۲ a	۲/۶۹ ± ۰/۰۳ b
فنیل آلانین	۳/۹۲ ± ۰/۰۲	۴/۱۸ ± ۰/۰۸ a	۳/۸۷ ± ۰/۰۴ b	۴/۰۵ ± ۰/۰۳ ab
ترئونین	۳/۸۹ ± ۰/۰۶	۴/۷۸ ± ۰/۰۱	۴/۳۵ ± ۰/۱۶	۴/۷۲ ± ۰/۲۲
والین	۴/۸۶ ± ۰/۰۹	۴/۲۱ ± ۰/۱ b	۴/۷۴ ± ۰/۰۵ a	۴/۱۳ ± ۰/۱۹ ab
اسیدآمینه‌های غیرضروری				
آسپارتیک اسید	۱۱/۱۱ ± ۰/۱	۱۰/۵۴ ± ۰/۰۳ a	۷/۸۷ ± ۰/۲۹ b	۱۰/۶۵ ± ۰/۰۳ a
گلوتامیک اسید	۱۴/۱۷ ± ۰/۰۷	۱۴/۷۹ ± ۰/۰۸ a	۱۳/۵۷ ± ۰/۰۳ b	۱۵/۰۹ ± ۰/۱ a
سرین	۳/۵۵ ± ۰/۰۴	۴/۶ ± ۰/۰۳ a	۳/۴ ± ۰/۵۱ b	۴/۷ ± ۰/۰۴ a
گلایسین	۷/۵۸ ± ۰/۰۹	۶/۶۳ ± ۰/۲۴ b	۱۰/۰۹ ± ۰/۱۱ a	۷/۳ ± ۰/۳۸ b
پرولین	۳/۵ ± ۰/۰۴	۳/۴۳ ± ۰/۰۳	۳/۷۴ ± ۰/۱۷	۳/۲۲ ± ۰/۰۶
آلانین	۶/۹۴ ± ۰/۰۲	۷/۰۸ ± ۰/۰۳	۷/۲۹ ± ۰/۰۳	۷/۵۵ ± ۰/۰۵
تیروزین	۳/۲۵ ± ۰/۰۲	۳/۱۷ ± ۰/۰۲ a	۲/۹۲ ± ۰/۱ b	۲/۹۹ ± ۰/۰۱ ab
سیستین	۰/۹۵ ± ۰/۰۸	۰/۹۶ ± ۰/۱۲	۱ ± ۰/۰۵	۰/۹۶ ± ۰/۱
Total EAA	۴۴/۷۲ ± ۰/۱۲	۴۶/۰۹ ± ۰/۳۵	۴۵/۲۷ ± ۰/۴۶	۴۴/۴۸ ± ۰/۱۸
Total NEAA	۵۱/۰۵ ± ۰/۲	۵۱/۱۸ ± ۰/۲۹	۴۹/۸۶ ± ۰/۰۶	۵۲/۴۴ ± ۰/۴۶
Total AA	۹۵/۷۷ ± ۰/۳۱	۹۷/۲۷ ± ۰/۱۱	۹۵/۱۳ ± ۰/۵	۹۶/۹۲ ± ۰/۲۷

[۱] 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

آمینواسیدها می‌توانند به‌صورت پروتئین دست‌نخورده یا به‌صورت خالص به حالت کریستاله به‌عنوان مکمل غذایی فراهم گردند. افزایش استفاده از پروتئین‌های گیاهی در جیره‌ی ماهیان در سال‌های اخیر باعث افزایش استفاده از آمینواسیدهای خالص برای رفع کمبودهای ایجادشده در اثر استفاده در سطوح بالا از این تولیدات گیاهی گردیده است (Ambardekar *et al.*, 2009). اسیدآمینه‌ی ترئونین نیز علاوه بر متیونین و لایزین از اسیدهای آمینه‌ی محدود در منابع گیاهی می‌باشد. تغذیه‌ی ماهیان صبیتی با جیره‌ی دارای کمبود اسیدآمینه‌ی ترئونین همانند مطالعه‌ی صورت گرفته در مورد ماهی بریم پوزه ضخیم (*Megalobrama amblycephala*) (Habte-Tsion *et al.*, 2015) باعث

Downloaded from aqudev.liau.ac.ir at 13:45 +0330 on Tuesday December 11th 2018

کاهش عملکرد در رشد و کارایی غذا شد. کمبود یک اسیدآمینه در جیره باعث افزاش اکسید شدن سایر اسیدآمینه‌های ضروری و غیرضروری که در سطح معمولی در جیره حضور دارند، می‌شود (Rønnestad *et al.*, 2000; Ozório *et al.*, 2002). در برخی ماهیان مانند کپور بزرگ هندی (Abidi and Khan, 2008)، آمور (Gao *et al.*, 2014)، کپور معمولی (Nose, 1978)، *Catla catla* (Ravi and Devaraj, 1991)، کفشک ژاپنی (Alam *et al.*, 2003) و گربه‌ماهی هندی (Ahmed, 2007) هنگام مواجهه با جیره‌هایی که در همه‌ی مواد مغذی به‌جز اسیدآمینه‌ی ترئونین، کامل بودند با بی‌اشتهایی و در پی آن از دست دادن وزن بدن روبرو شدند. در ماهی صبیتی با در نظر گرفتن میزان غذای مصرفی به‌عنوان شاخص اشتها در مقایسه با تیمار شاهد در هر دو تیمار کمبود ترئونین و هیستیدین کاهش اشتها مشاهده شد ولی بی‌اشتهایی و در پی آن رشد منفی برخلاف تحقیقات ذکرشده مشاهده نگردید.

در مطالعه‌ی حاضر تیمار کمبود هیستیدین نسبت تیمار کنترل در فاکتورهای رشد و تغذیه عملکرد پایین‌تری را نشان داد ولی نسبت به تیمار کمبود ترئونین و تیمار کنترل به‌صورت بینابینی سبب از دست دادن نیتروژن و کاهش رشد شد. به‌عبارت‌دیگر کاهش در تثبیت نیتروژن در این تیمار به‌صورت میانه بود. در مهره‌داران تک معده‌ای خشکی زی معمولاً هیستیدین اسیدآمینه‌ای است که باعث حداقل از دست دادن نیتروژن می‌شود (Wang and Fuller, 1989; Heger and Frydrych, 1985) که این موضوع ممکن است به‌این‌علت باشد که در موقعیت‌های کمبود هیستیدین، ماهیت پروتئین‌های ساخته شده توسط بدن به سمت پروتئین‌هایی که کم‌تر از هیستیدین در آن‌ها بکار رفته باشد مانند کلاژن[1] و کراتین[2] تغییر می‌کند. این موضوع سبب می‌شود که کارایی تبدیل پروتئین‌ها در عضله‌های بدن به علت کمبود اسیدآمینه‌ی هیستیدین کاهش نیابد (Heger and Frydrych, 1985). که می‌تواند عملکرد بهتر ماهی صبیتی در مواجهه با کمبود هیستیدین نسبت به‌مواجهه با کمبود ترئونین را توضیح دهد. نیاز غذایی به اسیدآمینه‌ی هیستیدین برای چندین گونه از ماهیان تعیین شده است و میزان آن در این مطالعات از ۱ – ۳/۵ درصد پروتئین متفاوت است (NRC, 2011) در این مطالعه بر اساس درصد پروتئین میزان هیستیدین در تیمار شاهد از ۲/۳۶ به میزان ۱/۴ در تیمار کمبود هیستیدین کاهش داده شد و کاهش رشد را در پی داشت. این میزان اسید آمینه‌ی هیستیدین در تیمار شاهد که با رشد خوبی همراه بود در مقایسه با سایر مطالعات در حالت بینابینی دارد و نشان‌دهنده این می‌باشد که اسیدآمینه‌ی هیستیدین در ماهی صبیتی از اسیدآمینه‌های کم‌نیاز و پرنیاز نمی‌باشد. درواقع کمبود هیستیدین باعث کاهش عملکرد رشد و کارایی غذا در چندین گونه از ماهیان مثل ماهی آزاد Chum، (Akiyama *et al.*, 1985)، ماهی (*Cirrhinus mrigala*)، (Ahmed and Khan, 2005) و ماهی (Jian carp)، (Zhao *et al.* 2012)، شده است. سطح هیستیدین غذایی همچنین بر نرخ کارایی پروتئین و جذب پروتئین در بدن در ماهی *Catla Catla*، (Zehra and Khan, 2014) و ماهی *Labeo rohita*، (Abidi and Khan, 2004) متأثر بوده است. در مطالعه‌ی حاضر کاهش ۴۰ درصدی اسیدآمینه‌ی هیستیدین علاوه بر فاکتورهای

[1] Collagen
[2] Keratin

Downloaded from aqudev.liau.ac.ir at 13:45 +0330 on Tuesday December 11th 2018

رشد باعث کاهش در فاکتورهای غذای مصرفی، کارایی پروتئین، چربی احشایی، چربی لاشه و تثبیت نیتروژن نسبت به تیمار شاهد گردید اما در فاکتور میزان پروتئین لاشه همانند نتایج مشاهده شده در ماهی آمور در تیمارهای کمبود هیستیدین (Gao *et al.*, 2016) تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد مشاهده نشد. اسیدآمینه‌ی هیستیدین علاوه بر نقش ساخت پروتئین و رشد، به چندین محصول متابولیکی مهم شامل: هیستامین، فورمینینوگلوتامیک اسید[1]، ایمیدازول استیک اسید[2]، کارنوسین و انسرین تبدیل می‌شود که حیوانات فعالیت‌های فیزیولوژیکی حیاتی را بر عهده داد (Stifel and Herman, 1971). کمبود این اسید آمینه‌ها می تواند به صورت مستقیم با کاهش ساخت پروتئین و به صورت غییر مستقیم با اخلال در مکانیسم‌های فیزیولوژیکی مربوطه باعث کاهش رشد گردد. با بررسی میزان اسیدآمینه‌های کاهش یافته در جیره‌های آزمایشی و میزان همین اسیدهای آمینه در لاشه ماهیان تیمارهای آزمایشی و مقایسه با تیمار کنترل مشاهده می‌شود که علی رغم کاهش میزان این دو اسیدآمینه در جیره، میزان این اسیدآمینه‌ها در لاشه کاهش نیافته است و تفاوت معنی‌داری در میزان این اسیدآمینه در مقایسه با تیمار شاهد مشاهده نمی‌شود؛ که می‌توان گفت ذخیره‌سازی اسیدآمینه‌ی ترئونین و هیستیدین در هنگام مواجه با کمبود این اسیدآمینه‌ها 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).

به‌طورکلی با بررسی نتایج حاصل از این آزمایش این نتیجه حاصل شد که با کاهش میزان اسیدآمینه‌ی ترئونین و هیستیدین در جیره‌ی ماهی صبیتی به‌صورت کاملاً معنی‌داری همه‌ی فاکتورهای رشد و تغذیه‌ی ماهی تحت تأثیر قرار گرفت. این تغییرات در اسیدآمینه‌ی ترئونین شدیدتر بود و مشخص‌کننده اهمیت این اسیدآمینه‌ی ضروری در جیره‌ی ماهی صبیتی جوان می‌باشد. علی رغم کاهش چهل‌درصدی هر یک از اسیدهای آمینه‌ی ترئونین و هیستیدین در جیره میزان این اسیدهای آمینه و همچنین میزان پروتئین لاشه ماهیان در بین تیمارهای تغییر معنی‌داری را نشان ندادند که نشان‌دهنده این مطلب می‌باشد که در بدن ماهیان مکانیسمی برای کاهش مصرف برخی اسیدآمینه‌های محدودشده مانند دو اسیدآمینه‌ی مورد بررسی موجود می‌باشد. به عبارت دیگر اگرچه کاهش اسید آمینه‌های ترئونین و هیستیدین در جیره باعث کاهش رشد شد اما در لاشه ترکیب اسیدهای آمینه‌ی کاهش داده شده تغییری نکرد. این مطلب بیانگر این موضوع می باشد که کاهش شدید یک هر یک از اسیدهای آمینه‌ی مورد بررسی در جیره باعث ایجاد اختلال در جذب سایر اجزای غذایی شده است و آن اسید آمینه به عنوان محدود کننده‌ترین جزء جیره تبدیل شده است. این مطلب اهمیت ساختن جیره‌های متعادل از نظر ترکیب اسید آمینه ای را نشان می دهد. همچنین در ترکیب اسیدآمینه‌ی لاشه‌ی ماهیان بیشترین تغییر در تیمار کمبود اسیدآمینه‌ی ترئونین رخ داد به‌گونه‌ای که در تیمار کمبود اسیدآمینه‌ی هیستیدین تنها دو اسیدآمینه‌ی لوسین و والین دچار تغییر شدند که

[1] Formininoglutamic acid

[2] Imidazoleacetic acid

Downloaded from aqudev.liau.ac.ir at 13:45 +0330 on Tuesday December 11th 2018

تأکیدی بر اهمیت اسیدآمینه‌ی ترئونین در جیره‌ی ماهی صبیتی می‌باشد.

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 قدر دانی را به جهت همکاری‌های صورت گرفته دارند.

منابع

1. Abidi, S.F., Khan, M.A., 2004. Dietary histidine requirement of fingerling Indian major carp, *Labeo rohita* (Hamilton). Aquaculture, 17, 324-340.
2. Abidi, S.F., A Khan, M.A., 2008. Dietary threonine requirement of fingerling Indian major carp, *Labeo rohita* (Hamilton). Aquaculture Research, 39, 1498-1505.
3. Ahmed, I., 2007. Dietary amino acid L-threonine requirement of fingerling Indian catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch) estimated by growth and biochemical parameters. Aquaculture International, 15, 337-350.
4. Ahmed, I., Khan, M., 2005. Dietary histidine requirement of fingerling Indian major carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). Aquaculture Nutrition, 11, 359-366.
5. Akiyama, T., Arai, S., Murai, T., Nose, T., 1985. Threonine, histidine and lysine requirements of chum salmon (*Oncorhynchus keta*) fry. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries (Japan). 51(4):635-639.
6. Alam, M., Teshima, S., Koshio, S., Yokoyama, S., Ishikawa, M., 2003. Optimum dietary threonine level for juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. Asian Fisheries Science, 16, 175-184.
7. Ambardekar, A.A., Reigh, R.C., Williams, M.B., 2009. Absorption of amino acids from intact dietary proteins and purified amino acid supplements follows different time-courses in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Aquaculture, 291, 179-187.
8. AOAC, 2005. Official Methods of Analysis, MD: Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg.
9. Basurco, B., Lovatelli, A., Garc´ıa, B., 2011. Current status of Sparidae aquaculture In *Sparidae Biology and Aquaculture of Gilthead Sea Bream and Other Species* (Pavlidis, M.A. and Mylonas, C.C. eds.), pp. 390. A John Wiley & Sons, Ltd, Crete.
10. Corrêa, C.F., de Aguiar, L.H., Lundstedt, L.M., Moraes, G., 2007. Responses of digestive enzymes of tambaqui (*Colossoma macropomum*) to dietary cornstarch changes and metabolic inferences. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, 147, 857-862.
11. Diógenes, A., Fernandes, J., Dorigam, J., Sakomura, N., Rodrigues, F., Lima, B., Gonçalves, F., 2015. Establishing the optimal essential amino acid ratios in juveniles of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by the deletion method. Aquaculture Nutrition, 22(2), 435-443.
12. Førde-Skjærvik, O., Skjærvik, O., Mørkøre, T., Thomassen, M.S.Rørvik, K.-A., 2006. Dietary influence on quality of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*): effect on glycolysis and buffering capacity in white muscle. Aquaculture, 252, 409-420.
13. Gao, Y .J., Yang, H. J., Liu, Y. J., Chen, S. J., Guo, D. Q., Yu, Y. y., Tian, L. X., 2014. Effects of graded levels of threonine on growth performance, biochemical parameters and intestine morphology of juvenile grass carp *Ctenopharyngodon idella*. Aquaculture, 424, 113-119.
14. Green, J., 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.
15. Habte-Tsion, H. M., Ge, X., Liu, B., Xie, J., Ren, M., Zhou, Q., Miao, L., Pan, L., Chen, R., 2015. A deficiency or an excess of dietary threonine level affects weight gain, enzyme activity, immune response and immune-related gene expression in juvenile blunt snout bream (*Megalobrama amblycephala*). Fish & Shellfish Immunology, 42, 439-446.
16. Heger, J., Frydrych, Z., 1985. Efficiency of utilization of essential amino acids in growing rats at different levels of intake. British Journal of Nutrition, 54, 499-508.
17. Hossain, M., Al-Abdul-Elah, K., El-Dakour, S., 2014. Evaluation of Different Commercial

Downloaded from aqudev.liau.ac.ir at 13:45 +0330 on Tuesday December 11th 2018

27. Peres, H., Oliva-Teles, A., 2009. The optimum dietary essential amino acid profile for gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles. Aquaculture, 296, 81-86.
28. Ravi, J., Devaraj, K., 1991. Quantitative essential amino acid requirements for growth of catla, *Catla catla* (Hamilton). Aquaculture, 96, 281-291.
29. Rollin, X., Mambrini, M., Abboudi, T., Larondelle, Y., 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.
30. Rønnestad, I., Conceição, L.E., Aragão, C., 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.
31. Stifel, F.B., Herman, R.H., 1971. Histidine metabolism. The American Journal of Clinical Nutrition, 24, 207-217.
32. Szebedinszky, C., Gilmour, K.M., 2002. The buffering power of plasma in brown bullhead (*Ameiurus nebulosus*). Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 131, 171-183.
33. Wang, T., Fuller, M., 1989. The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. British Journal of Nutrition, 62, 77-89.
34. Zehra, S., Khan, M.A., 2014. Dietary histidine requirement of fingerling *Catla catla* (Hamilton) based on growth, protein gain, histidine gain, RNA/DNA ratio, haematological indices and carcass composition. Aquaculture Research, 47(4), 1028-1039.
35. Zhao, B., Feng, L., Liu, Y., Kuang, S.Y., Tang, L., Jiang, J., Hu, K., Jiang, W.D., Li, S.H.Zhou, X.Q., 2012. Effects of dietary histidine levels on growth performance, body composition and intestinal enzymes activities of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). Aquaculture Nutrition, 18, 220-232.

Feeds for Culture of Juvenile Sobaity (*Sparidentex Hasta* Valenciennes) in Kuwait. APCBEE Procedia, 8, 310-316.
18. Jarss, K., 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.
19. Li, P., Mai, K., Trushenski, J., Wu, G., 2009. New developments in fish amino acid nutrition: towards functional and environmentally oriented aquafeeds. Amino Acids, 37, 43-53.
20. Lindroth, P., 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.
21. Mommsen, T.P., French, C., Hochachka, P., 1980. Sites and patterns of protein and amino acid utilization during the spawning migration of salmon. Canadian Journal of Zoology, 58, 1785-1799.
22. Moshayedi, F., Eagderi, S., Nazemroaya, S., 2015. Body shape changes and morphological development of Spare Sobaity (Sparidentex hasta) during early development. Journal of Aquaculture Development, 2, 9, 65-74.
23. Nose, T., 1978. Summary report on the requirements of essential amino acids for carp In Symposium on Finfish Nutrition and Feed Technology, Hamburg (Germany, FR), 20 Jun 1978.
24. NRC, 2011. Nutrient Requirements of Fish and Shrimp, The National Academies Press, Washington, DC.
25. Ogata, H., 2002. Muscle buffering capacity of yellowtail fed diets supplemented with crystalline histidine. Journal of Fish Biology, 61, 1504-1512.
26. Ozório, R., Booms, G., Huisman, E., Verreth, J., 2002. Changes in amino acid composition in the tissues of African catfish (*Clarias gariepinus*) as a consequence of dietary L-carnitine supplements. Journal of Applied Ichthyology, 18, 140-147.