

اثرات منفی کمبود اسید آمینه‌های ترئونین و هیستیدین در جیره‌ی ماهی صیبتی (*Sparidentex hasta*) جوان

مرتضی یعقوبی*^۱، جاسم غفله مرمزی^۱، امید صفری^۲

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

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

تاریخ پذیرش: ۸ آذر ۱۳۹۶

تاریخ دریافت: ۱۷ تیر 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 صیبتی 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 بکارگیری 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 اسید آمینه نسبت به تیمار کنترل به صورت معنی‌داری کاهش و شاخص ضریب تبدیل غذایی افزایش یافت. درصد بقا در تیمار کمبود اسید آمینه‌ی ترئونین به صورت 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 اسید آمینه در تغذیه ماهی صیبتی جوان می‌باشد. اسید آمینه‌ی هیستیدین به صورت بینابینی باعث کاهش رشد گردید که احتمالاً مکانیسمی برای کاهش مصرف این اسید آمینه در بدن ماهی در مواقع کمبود در جیره موجود می‌باشد.

کلمات کلیدی: ماهی صیبتی، کمبود اسید آمینه، ترئونین، هیستیدین.

مقدمه

آمینواسیدها مولکول‌هایی هستند که عملکردهای هر دو گروه آمین‌ها و کربوکسیلیک‌ها را شامل می‌شوند. از آنجا که مفهوم رشد عموماً افزایش پروتئین عضلات می‌باشد و اسیدهای آمینه منشأ این پروتئین‌ها و منبع اصلی انرژی به خصوص در مراحل ابتدایی رشدی می‌باشند و نیاز به اسیدهای آمینه در مراحل رشدی ماهی بسیار زیاد می‌باشد. 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 آبی 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 می‌باشند و از لحاظ رشد و همچنین فعالیت‌های فیزیولوژیکی داری اهمیت می‌باشند (Li *et al.*, 2009). در این مطالعه با کاهش شدید سطح غذایی اسید آمینه‌های هیستیدین و ترئونین در جیره‌ی ماهی صیبتی 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 پلاسما 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^۱ افزایش یافته، 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. از آنجا که هیستیدین و ترکیبات وابسته به آن مانند انسرين و کارنوسین که از آن مشتق می‌شوند، باعث ایجاد مزه جالب و بافت مناسب می‌شود (به‌عنوان مثال شیرینی، سنگینی و استحکام بافت)، افزودن غذایی هیستیدین می‌تواند تحریک‌کننده‌های حسی به‌عنوان مثال مزه غذاهای دریایی (Ogata, 2002) را بهبود بخشد. به‌علاوه افزودن غذایی هیستیدین سطح هیستیدین بین ماهیچه‌ای و pH را افزایش داده در حالی که کاهش رخنه‌های ماهیچه‌ای را در ماهی روغن آتلانتیک پس از مرگ سبب می‌شود که باعث افزایش بیشتر کیفیت فیله می‌گردد (Førde-Skjærvi *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

^۱ Lactacidosis

می‌توان تأثیر جیره‌های غیر متوازن از لحاظ اسید آمینه‌های ضروری را بر روی صیبتی بررسی کرد و نقش‌های فیزیولوژیک این دو اسید آمینه‌ی ضروری را در ماهی صیبتی 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 ($28/9 \pm 1/5$ °C)، pH ($7/6 \pm 0/2$) و شوری ($48 \pm 0/5$ g L⁻¹) متناسب با شرایط طبیعی منطقه بود و در طول دوره به صورت روزانه اندازه‌گیری گردید. این تحقیق از ۹ عدد تانک ۳۰۰ لیتری پلی اتیلنی مدور برای انجام آزمایش استفاده شد که در داخل هر تانک یک سنگ هوا برای تأمین اکسیژن (میانگین اکسیژن محلول: $6/8 \pm 0/4$ mg L⁻¹) و یک لوله‌ی تعویض آب به گونه‌ای که در طول شبانه‌روز دو بار آب کاملاً تعویض شود، تعبیه شد. برای آنگیری مخازن، آب دریا به حوضچه‌های رسوب‌گیر منتقل و پس از عبور از فیلتر شنی، حوضچه کلرزنی و فیلتر اشعه‌ی مارو بنفش 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 غذاهای 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.

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 صیبتی 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 خلیج فارس، سواحل هند و قسمت‌های غربی اقیانوس هند یافت می‌شود. این ماهی به آسانی در اسارت تخم ریزی می‌کند و در شرایط ایده آل رشد سریعی را از خود نمایش می‌دهد و دامنه‌ی وسیعی از شرایط فیزیکی شیمایی آب را تحمل می‌کند این گونه به عنوان یکی از نمایندگان آبزی پروری دریایی در ایران و حوضه‌ی خلیج فارس دارای مورد توجه می‌باشد (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 درحالی که 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

جیره نویسی و تولید غذاها

هر ۳ جیره‌ی آزمایشی به گونه‌ای 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 تهیه شده برای هر سه تیمار از الگوی اسیدهای آمینه‌ی پودر ماهی مورد استفاده به عنوان میزان بهینه‌ی مورد نیاز این ماهی در نبود اطلاعات نیاز تغذیه‌ای 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 تیمار شاهد (Control) هیچ محدودیتی در اسیدهای آمینه‌ی ضروری لحاظ نگردید و مشابه به پروفیل اسید آمینه‌ی پودر ماهی تهیه گردید ولی در تیمار کمبود اسید آمینه‌ی ترئونین (THR) از ۴۰ درصد ترکیب اسیدهای آمینه‌ی خالص استفاده شده 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 اسید آمینه‌ی هیستیدین (HIS) نیز روند مشابه‌ی همانند تیمار ترئونین به انجام رسید. به این ترتیب همه‌ی جیره‌ها هم نیتروژن بودند، بنابراین تنها تفاوت تیمار شاهد با تیمارهای دارای کمبود اسید آمینه در کاهش ۴۰ درصدی میزان اسید آمینه‌هایی 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 استفاده شده از نرم افزار WUFFF DA نسخه 1.0 استفاده شد. ترکیب آمینواسیدی جیره‌ها بر اساس پروفیل آمینواسید اجزای جیره به دست آمده از NRC و پروفیل آمینواسیدی پودر ماهی کیلکا توسط نرم افزار 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 به جز اسید آمینه‌های کاهش یافته‌ی 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 به اضافه 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 چرخ گوشت با مش ۲ میلی متری منتقل شد سپس رشته‌های ایجاد شده بر روی سینی‌های خشک کن قرار گرفته و به دستگاه خشک کن (در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۵ ساعت) منتقل شد. جیره‌ها پس از خشک شدن به صورت دستی شکسته شد تا متناسب با اندازه دهان ماهی گردند. روش استفاده شده در این مطالعه برای ساخت جیره‌ها بخصوص در بکارگیری اسیدهای آمینه‌ی خالص بر اساس مطالعات سنجش نیاز اسید آمینه‌ی ای بر اساس روش حذف اسید آمینه می باشد که تاکنون بر روی چندین گونه از

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 کلروفرم 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 اسید آمینه 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 ۴×۲۵۰ 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 اسید آمینه‌ها استفاده شد و در نهایت نتیجه به‌صورت درصد بیان گردید.

ماهیان شامل قزل‌آلای رنگین‌کمان (Green and Hardy, 2002)، آزاد اطلس (Rollin et al., 2003)، سیم سرطلایی (*Sparus aurata*) (Peres and Oliva-Teles, 2009) و تیلایپای نیل (*Oreochromis niloticus*) (Diógenes et al., 2015) به انجام رسیده است که نتایج مشابه‌ای 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 خط‌کش با دقت یک میلی‌متر طول ۵ عدد از هر تانک سنجیده شد. جهت ارزیابی عملکرد غذاهای مورد استفاده از شاخص‌های رشد استفاده شد تا نتایج بر مبنای آن‌ها مورد تجزیه و تحلیل 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 دوره پرورش همه‌ی توده 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 آبی‌پروری جنوب کشور، اهواز منتقل گردید. بدین ترتیب میزان پروتئین خام، چربی خام، فیبر خام، خاکستر و رطوبت

روش آماری و شیوه نمونه برداری

شیوه نمونه برداری به صورت طرح کاملاً تصادفی بود. بعد از تحقق دو شرط اصلی آزمون‌های پارامتری یعنی نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف و یکنواختی واریانس‌ها با استفاده از آزمون Levene، از آزمون ANOVA در سطح پنج درصد استفاده شد. داده‌های درصدی به Arcsinus تبدیل شدند. داده‌های به دست آمده در

ارتباط با تأثیر کاهش هریک از اسید آمینه‌های ضروری بر شاخص‌های رشد، بازماندگی ماهی صیبتی به کمک آنالیز واریانس یک طرفه (One-Way ANOVA Analysis) صورت پذیرفت و سپس برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون Tukey استفاده شد. برای انجام آنالیزهای فوق از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ استفاده شد.

جدول ۱: درصد و اجزاء غذایی تشکیل دهنده جیره‌ها (g 100g⁻¹ dry diet)

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

^۱ موارد تهیه شده از شرکت خوراک دام، طیور و آبزیان ۲۱- بیضا. ^۲ تهیه شده از شرکت مرک. ^۳ موارد تهیه شده از شرکت فلوکا. ^a ویتامین A: ۲۰۰۰ IU/kg، ویتامین D: ۸۰۰ IU/kg، ویتامین E: ۸۸ IU/kg، ویتامین K: ۳ mg/kg، ویتامین C: ۲۰۰ mg/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: ۳ mg/kg، ویتامین B12: ۰/۰۱۶ mg/kg، ویتامین H2: ۰/۱۴ mg/kg، سلنیم: ۱۶۸ mg/kg، سولفات آهن ۲۰ mg/kg، سولفات مس ۲ mg/kg، پدات کلسیم: ۲ mg/kg، اکسیدمنگنز: ۱۶/۸ mg/kg، اکسیدروی: ۳۳/۲ mg/kg، کبالت: ۰/۳۳۶ mg/kg. ^b ترکیب اسیدهای آمینه‌ی غیر ضروری بر حسب درصد شامل: L-alanine: 13; L-aspartic acid: 20; sodium glutamate: 32; L-glycine: 15; L-serine: 10; and L-proline: 10 حذف ۴۰٪ از جیره می‌باشد.

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

| جیره‌ها | ماده خشک | انرژی ناخالص ^۱ | پروتئین | چربی | فیبر خام | عصاره‌ی عاری از ازت ^۲ | خاکستر |
|---------|-----------|---------------------------|------------|------------|-----------|----------------------------------|-----------|
| Control | ۹۲/۹۱±۰/۴ | ۲۰/۹۲±۰/۰۵ | ۴۶/۶۷±۰/۵۷ | ۲۰/۱۴±۰/۰۱ | ۱/۰۸±۰/۰۴ | ۱۹/۱۴±۰/۰۵ | 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 |

^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). ^۲ عصاره عاری از نیتروژن = ۱۰۰ - (فیبر + خاکستر + رطوبت + چربی + پروتئین).

جدول ۳: ترکیب آمینواسیدی جیره‌های آزمایش (n = 1), g 100 g⁻¹ Diet

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

_ خط زیر نشان‌دهنده اسیدهای آمینه‌ی کاهش یافته در هر جیره می‌باشد.

نتایج

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

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

ماهیان تغذیه شده با جیره‌ی دارای کمبود ترئونین بود ($P < 0/05$). در اندیس‌های بیومتری تنها شاخص چربی احشایی با کاهش در تیمارهای کمبود ترئونین و هیستیدین به صورت معنی‌دار مواجه گردید ($P < 0/05$). 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 به صورت معنی‌داری در تیمار ترئونین بیشتر از تیمار کنترل بود ($P < 0/05$) ولی با تیمار هیستیدین تفاوت معنی‌داری را نشان نداد. چربی لاشه در تیمارهای دارای کمبود اسید آمینه کم‌تر از میزان مشاهده شده در تیمار کنترل بود ($P < 0/05$). انرژی ناخالص در تیمار اسید آمینه‌ی ترئونین کم‌تر از تیمار کمبود اسید آمینه‌ی هیستیدین بود و در هر دو تیمار کم‌تر از میزان مشاهده شده در تیمار کنترل بود که این تغییرات به صورت معنی‌دار مشاهده گردید ($P < 0/05$).

در جدول شماره‌ی ۶ ترکیب آمینواسیدی لاشه‌ی ماهیان بر اساس گرم بر صد گرم پروتئین هم در تیمارهای آزمایشی و هم در ابتدای آزمایش بیان شده است؛ که بر اساس نتایج به دست آمده از اسیدهای آمینه در مقایسه بین تیمارهای مورد مطالعه، اسید آمینه‌های آرژنین، هیستیدین، ایزولوسین، لایزین، ترئونین، پرولین، آلانین و سیستمین بدون تغییر مشاهده شدند.

ولی جیره‌ی (THR) یا جیره‌ی کمبود اسید آمینه‌ی ترئونین و جیره‌ی (HIS) یا جیره‌ی کمبود اسید آمینه‌ی هیستیدین به میزان ۴۰ درصد نسبت به جیره‌ی اول به ترتیب دارای کمبود اسید آمینه‌های ترئونین و هیستیدین بودند. 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 بودند. در این جدول میزان چربی و فیبر و عصاره‌ی عاری از ازت نیز بیان شده است که تقریباً بین همه‌ی جیره‌ها یکسان بودند.

در طول این آزمایش همه‌ی ماهی‌ها سالم بودند. نرخ بقا در تیمار کمبود اسید آمینه‌ی ترئونین نسبت به سایر تیمارها به صورت معنی‌داری کاهش یافت ($P < 0/05$). فاکتورهای رشد، تغذیه و شاخص‌های بیومتری مربوط به این آزمایش در جدول شماره ۴ گزارش شده است. همه‌ی جیره‌های آزمایشی به خوبی توسط ماهی‌ها پذیرفته شدند و همه‌ی ماهی‌ها در طول آزمایش به مدت ۴۲ روز به خوبی به صورت 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 اسید آمینه نسبت به تیمار کنترل با تفاوت‌های معنی‌داری گزارش گردیدند؛ که همه‌ی فاکتورها به جز ضریب تبدیل غذایی کاهش یافتند ($P < 0/05$). بین دو تیمار کمبود ترئونین و کمبود هیستیدین نیز همه‌ی تفاوت‌ها به جز وزن نهایی و نرخ کارایی پروتئین معنی‌دار بودند که در همه‌ی موارد عملکرد ماهیان تغذیه شده با جیره‌ی دارای کمبود اسید آمینه‌ی هیستیدین بهتر از

جدول ۴: رشد، مصرف غذا، بقا و پارامترهای بیومتریکی ماهی صیبتی جوان در انتهای دوره‌ی آزمایش ($means \pm SE, n=3$)^۱

| تیمارهای غذایی | | | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---|
| HIS | THR | Control | |
| | | | عملکرد رشد و تغذیه |
| ۴/۷۶±۰/۰۲ | ۴/۷۱±۰/۰۲ | ۴/۶۴±۰/۰۸ | IBW (g) ^a |
| ۹/۱۹±۰/۴۷ ^b | ۷/۹۳±۰/۳۴ ^b | ۱۲/۸۴±۰/۵۳ ^a | FBW (g) ^b |
| ۹۳/۲۶±۵/۴ ^b | ۶۸/۳۹±۱/۵ ^c | ۱۷۷/۰۳±۵/۹ ^a | WG (%) ^c |
| ۱/۵۶±۰/۰۸ ^b | ۱/۲۴±۰/۰۴ ^c | ۲/۳۹±۰/۱۲ ^a | SGR ^d |
| ۸۹/۴±۲/۴۲ ^a | ۸۱/۱±۱/۱۱ ^b | ۱۰۰ ^a | S (%) ^e |
| ۳/۰۳±۰/۱۴ ^b | ۳/۶۸±۰/۱۹ ^a | ۲/۰۰±۰/۱۱ ^c | FCR ^f |
| ۰/۷۵±۰/۱۰ ^b | ۰/۶۰±۰/۰۶ ^b | ۱/۱۲±۰/۱۱ ^a | PER ^g |
| ۱۳/۰۹±۰/۳۴ ^b | ۱۱/۸۶±۰/۱۰ ^c | ۱۶/۲۷±۰/۴۱ ^a | FC (g fish ⁻¹) ^h |
| ۱۱/۵۳±۰/۵۴ ^b | ۷/۵۷±۰/۲۹ ^c | ۱۷/۰۶±۰/۹۷ ^a | N Retention ⁱ |
| | | | اندیس‌های بیومتری |
| ۲/۲±۰/۰۰ | ۲/۰۳±۰/۰۰ | ۲/۴±۰/۰۰ | K ^j |
| ۱/۹۷±۰/۱۱ | ۲/۵۸±۰/۵۰ | ۲/۰۴±۰/۰۲ | HSI ^k |
| ۷/۷۵±۰/۴ | ۸/۶۹±۰/۷۶ | ۹/۴۹±۰/۴۳ | VSI ^l |
| ۰/۸۷±۰/۲۳ ^b | ۰/۶۸±۰/۰۶ ^b | ۱/۸۰±۰/۱۶ ^a | IPF ^m |

^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 ($\% \text{ body weight d}^{-1}$) = $100 * (\ln \text{ وزن نهایی} - \ln \text{ وزن اولیه}) / (\text{تعداد روز آزمایش} * \text{نرخ بقا})$ ، ^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 = $100 * (\text{نیتروژن پایانی لاشه} - \text{نیتروژن اولیه لاشه}) / \text{نیتروژن خورده شده}$ ، ^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 وزن تر) ماهی صیبتی جوان در انتهای آزمایش ($means \pm SE, n=3$)

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

^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).

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 اسید آمینه‌ی هیستیدین تنها اسیدهای آمینه‌ی لوسین و متیونین کم‌تر از تیمار کنترل مشاهده شدند ($P < ۰/۰۵$). در سایر

علی‌رغم کاهش چهل درصدی اسیدهای آمینه‌ی هیستیدین و ترئونین در جیره‌های کمبود اسید آمینه‌های مذکور در میزان موجود در لاشه تفاوت معنی‌داری نسبت به تیمار بدون کمبود کنترل مشاهده نشد. در تیمار تغذیه شده با جیره‌ی دارای کمبود اسید آمینه‌ی ترئونین اسیدهای آمینه‌ی لوسین، فیل آلانین،

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 ($n = 3$), $g\ 16\ g^{-1}\ N$.

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

^۱ میانگین ۳ تکرار، حروف مختلف در هر ردیف نشان‌دهنده‌ی تفاوت آماری ($P < ۰/۰۵$) و عدم وجود حروف در ردیف‌ها نشان-

دهنده معنی‌دار نبودن اختلاف در پارامترهای مذکور است.

بحث

این تولیدات گیاهی گردیده است (Ambardekar *et al.*, 2009). اسید آمینه‌ی ترئونین نیز علاوه بر متیونین و لایزین از اسیدهای آمینه‌ی محدود در منابع گیاهی می‌باشد. تغذیه‌ی ماهیان صیبتی با جیره‌ی دارای کمبود اسید آمینه‌ی ترئونین همانند مطالعه‌ی صورت گرفته در مورد ماهی بریم پوزه ضخیم (*Megalobrama amblycephala*) (Habte-Tsion *et al.*, 2015) باعث

آمینواسیدها می‌توانند به صورت پروتئین دست‌نخورده یا به صورت خالص به حالت کریستاله به عنوان مکمل غذایی فراهم گردند. افزایش استفاده از پروتئین‌های گیاهی در جیره‌ی ماهیان در سال‌های اخیر باعث افزایش استفاده از آمینواسیدهای خالص برای رفع کمبودهای ایجاد شده در اثر استفاده در سطوح بالا از

پروتئین‌هایی که کم‌تر از هیستیدین در آن‌ها بکار رفته باشد مانند کلاژن^۱ و کراتین^۲ تغییر می‌کند. این موضوع سبب می‌شود که کارایی تبدیل پروتئین‌ها در عضله‌های بدن به علت کمبود اسید آمینه‌ی هیستیدین کاهش نیابد (Heger and Frydrych, 1985). که می‌تواند عملکرد بهتر ماهی صیبتی در مواجهه با کمبود هیستیدین نسبت به مواجهه با کمبود ترئونین را توضیح دهد. نیاز غذایی به اسید آمینه‌ی 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 اسید آمینه‌ی هیستیدین در ماهی صیبتی از اسید آمینه‌های کم‌نیاز و پرنیاز نمی‌باشد. در واقع 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 اسید آمینه‌ی هیستیدین علاوه بر فاکتورهای

کاهش عملکرد در رشد و کارایی غذا شد. کمبود یک اسید آمینه در جیره باعث افزایش اکسید شدن سایر اسید آمینه‌های ضروری و غیر ضروری که در سطح معمولی در جیره حضور دارند، می‌شود (Rønnestad *et al.*, 2002; 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 اسید آمینه‌ی ترئونین، کامل بودند با بی‌اشتهایی و در پی آن از دست دادن وزن بدن روبرو شدند. در ماهی صیبتی 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 ذکر شده 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 تک‌معدده‌ای خشکی زی معمولاً هیستیدین اسید آمینه‌ای است که باعث حداقل از دست دادن نیتروژن می‌شود (Wang and Fuller, 1989; Heger and Frydrych, 1985) که این موضوع ممکن است به این علت باشد که در موقعیت‌های کمبود هیستیدین، ماهیت پروتئین‌های ساخته شده توسط بدن به سمت

^۱ Collagen

^۲ Keratin

(Bastrop, 1995). نتایج مشابهی در مطالعه‌ی ماهی آزاد اطلس گزارش شده است (Rollin *et al.*, 2003). به‌طور کلی با بررسی نتایج حاصل از این آزمایش این نتیجه حاصل شد که با کاهش میزان اسید آمینه‌ی ترئونین و هیستیدین در جیره‌ی ماهی صیبتی به‌صورت کاملاً معنی‌داری همه‌ی فاکتورهای رشد و تغذیه‌ی ماهی تحت تأثیر قرار گرفت. این تغییرات در اسید آمینه‌ی ترئونین شدیدتر بود و مشخص‌کننده اهمیت این اسید آمینه‌ی ضروری در جیره‌ی ماهی صیبتی جوان می‌باشد. علی‌رغم کاهش ۴۰ درصدی 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 اسید آمینه‌های محدود شده مانند دو اسید آمینه‌ی 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 می‌باشد 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 آمینه‌ی را نشان می‌دهد. همچنین در ترکیب اسید آمینه‌ی لاشه‌ی ماهیان بیشترین تغییر در تیمار کمبود اسید آمینه‌ی ترئونین رخ داد به گونه‌ای که در تیمار کمبود اسید آمینه‌ی هیستیدین تنها دو اسید آمینه‌ی لوسین و والین دچار تغییر شدند که

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. اسید آمینه‌ی هیستیدین علاوه بر نقش ساخت پروتئین و رشد، به چندین محصول متابولیکی مهم شامل: هیستامین، فورمینوگلوتامیک اسید^۱، ایمیدازول استیک اسید^۲، کارنوسین و انسرين تبدیل می‌شود که حیوانات فعالیت‌های فیزیولوژیکی حیاتی را بر عهده داد (Stifel and Herman, 1971). کمبود این اسید آمینه‌ها می‌تواند به صورت مستقیم با کاهش ساخت پروتئین و به صورت غیر مستقیم با اختلال در مکانیسم‌های فیزیولوژیکی مربوطه باعث کاهش رشد گردد. با بررسی میزان اسید آمینه‌های کاهش یافته در جیره‌های آزمایشی و میزان همین اسیدهای آمینه در لاشه ماهیان تیمارهای آزمایشی و مقایسه با تیمار کنترل مشاهده می‌شود که علی‌رغم کاهش میزان این دو اسید آمینه در جیره، میزان این اسید آمینه‌ها در لاشه کاهش نیافته است و تفاوت معنی‌داری در میزان این اسید آمینه در مقایسه با تیمار شاهد مشاهده نمی‌شود؛ که می‌توان گفت ذخیره‌سازی اسید آمینه‌ی ترئونین و هیستیدین در هنگام مواجهه با کمبود این اسید آمینه‌ها رخ داده است که این مطلب با این فرض که مکانیسمی در ماهیان برای کاهش مصرف اسید آمینه‌ی ضروری کاهش داده شده وجود دارد، در یک راستا می‌باشد (Jarss and

^۱ Formininoglutamic acid

^۲ Imidazoleacetic acid

8. AOAC, 2005. Official Methods of Analysis, MD: Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg.
9. Basurco, B., Lovatelli, A., Garc'ia, 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

تأکیدی بر اهمیت اسید آمینه‌ی ترئونین در جیره‌ی ماهی صیبتی 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 آبرزی 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.

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-phthalaldehyde. *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.