تاثیر سطوح مختلف تریپتوفان سنتتیک در جیره غذایی بر عملکرد رشد و پروفیل اسیدهای آمینه لاشه بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

مهدی شمسایی‌مهرجان[۱]، فرهاد فرودی[۲]، سیدپژمان حسینی‌شکرابی[۳]*، فاطمه عربی[۴] و نگار محمدی[۵]

۱) دانشیار گروه شیلات، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۲) استادیار گروه علوم دامی، واحد ورامین، دانشگاه آزاد اسلامی، ورامین، ایران.
۳) استادیار گروه شیلات، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. *رایانامه نویسنده مسئول: hosseini@srbiau.ac.ir
۴) دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه شیلات، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
۵) دانشجوی دکتری گروه شیلات، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۲/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۶/۱۸

چکیده

در این مطالعه تاثیر مقادیر مختلف اسیدآمینه سنتتیک تریپتوفان در جیره بر برخی شاخص‌های رشد و کیفیت لاشه بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور تعداد ۱۲۰ عدد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (میانگین وزن اولیه ۰/۴±۶/۵ گرم) به صورت تصادفی در سه تیمار هر یک با چهار تکرار توزیع و با جیره‌های غذایی حاوی صفر (جیره شاهد)، ۰/۲ و ۰/۴ درصد تریپتوفان به مدت ۸ هفته تغذیه شدند. نتایج نشان داد افزودن تریپتوفان در سطوح ۰/۲ و ۰/۴ درصد به شکل معنی‌داری سبب افزایش وزن، ضریب رشد ویژه، رشد روزانه و بقا نسبت به گروه شاهد شد ($p<0.05$). کمترین مقدار ضریب تبدیل غذایی (۰/۱±۱/۰۴) و بیشترین مقدار نسبت بازده پروتئین (۰/۲±۲/۰۲) در تیمار ۰/۴ درصد تریپتوفان به‌دست آمد. فراسنجه‌های افزایش طول و فاکتور وضعیت فاقد اختلاف معنی‌دار میان تیمارها بودند ($p<0.05$). بیشترین میزان پروتئین خام (۱/۲۱±۶۱/۶۲ درصد) در تیمار ۰/۴ درصد تریپتوفان مشاهده شد که با تیمارهای شاهد و ۰/۲ درصد تریپتوفان دارای اختلاف معنی‌دار بود ($p<0.05$). مقدار رطوبت میان تیمارها فاقد اختلاف معنی‌دار بود ($p<0.05$). در خصوص ترکیبات اسیدهای آمینه لاشه، بیشترین مقادیر متیونین (۰/۰۲±۱/۵۹ درصد)، متیونین+سیستئین (۰/۰۳±۲/۱۵ درصد)، ترئونین (۰/۰۱±۲/۳۵ درصد)، ایزولوسین (۰/۰۴±۲/۳۷ درصد)، لوسین (۰/۰۶±۴/۲۰ درصد) و والین (۰/۰۳±۲/۸۱ درصد) در تیمار ۰/۴ درصد تریپتوفان اندازه‌گیری شد ($p<0.05$). به‌طور کلی، یافته‌های این پژوهش نشان داد که اغلب فراسنجه‌های رشد قزل‌آلای رنگین‌کمان با اضافه کردن مقادیر مختلف تریپتوفان نسبت به گروه شاهد افزایش می‌یابد، هر چند لاشه بچه ماهیان در تیمار ۰/۴ درصد از غنای اسیدهای آمینه و پروتئین خام بالاتری برخوردار بود.

واژه‌های کلیدی: اسیدآمینه، تریپتوفان، قزل‌آلای رنگین‌کمان، رشد، کیفیت لاشه.

مقدمه

ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Onchorhynchus mykiss*) یکی از اعضای خانواده آزادماهیان است که به‌علت رشد و تراکم‌پذیری بالا و سازگار شدن با محیط‌های مصنوعی و پرورشی نسبت به سایر گونه‌های این خانواده از اولویت بالاتری جهت پرورش برخوردار می‌باشد (Ochang, 2011). تولید حاصل از آبزی‌پروری ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در جهان حدود ۸۱۴ هزار تن در سال ۲۰۱۶ گزارش شده است (FAO, 2018). ایران نیز به عنوان یکی از بزرگترین تولیدکنندگان ماهی قزل‌آلا

در آب‌های شیرین جهان مطرح بوده به‌طوری‌که میزان تولید ماهیان سردآبی در کشور به حدود ۱۶۸ هزار تن در سال ۱۳۹۵ رسیده است (سازمان شیلات ایران، ۱۳۹۷). صنعت پرورش ماهیان سردآبی با توجه به دوره رشد کوتاه و استقبال مصرف‌کنندگان از آن روبه پیشرفت بوده و بنابراین داشتن آگاهی کامل از نیازهای تغذیه‌ای این ماهیان و شناخت عوامل موثر در رشد، افزایش وزن و میزان مقاومت در برابر شرایط و عوامل محیطی ضروری می‌باشد. از نکات مهم در پرورش این ماهیان اعمال مدیریت صحیح تغذیه و بالا بردن عملکرد رشد در کنار تولید ماهیانی باکیفیت است (Pooramini *et al*., 2009).

مدیریت تغذیه در ماهیان پرورشی از مهمترین مسایل تولید به‌شمار می‌آید و اغلب بیش از ۵۰ درصد از هزینه‌های تولید را تشکیل می‌دهد که می‌توان با به‌کار بردن غذای با کیفیت بالا، قیمت تمام شده تولید را کاهش داد (Mateo, 2005).

شواهد اخیر نشان می‌دهد که برخی از اسیدهای آمینه‌ها و متابولیت آنها تنظیم‌کننده‌های مهم مسیرهای متابولیکی مطرح بوده که برای هموستازی، رشد، مصرف غذا، ایمنی، بقای لارو و بچه ماهی، تولیدمثل و همچنین مقاومت در برابر عوامل استرس‌زا و بیماری‌زا ضروری هستند (Gaylord & Barrows, 2009). در این میان، تریپتوفان یکی از اجزا اصلی ساختار انواع پروتئین‌ها بوده و از آمینواسیدهای ضروری در رژیم غذایی حیوانات است که به عنوان یک فاکتور رشد شناسایی شده است و روی رشد و بقا اثرات مفیدی می‌گذارد (Slominski *et al*., 2002). تریپتوفان، از جمله اسیدآمینه-های ضروری برای ماهیان محسوب می‌شود که به عنوان یک مکمل غذایی معمول در جیره غذایی ماهیان پرورشی به دلایل اثرات مفید آن روی رشد و بقا مورد استفاده قرار می‌گیرد (Walton *et al*., 1983; Papoutsoglou *et al*., 2005). Hoseini و همکارن (۲۰۲۰) نشان دادند مکمل‌سازی رژیم غذایی ماهی قزل-آلای رنگین‌کمان با اسیدآمینه سنتتیک تریپتوفان در سطح ۰/۵ درصد سبب بهبود عملکرد رشد در اثر کاهش استرس در ماهیان شد. همچنین گزارش شد که کمبود تریپتوفان منجر به کاهش رشد و کاهش بازدهی خوراک، اسکولیوزیس و اختلال در سوخت‌وساز مواد معدنی در برخی گونه‌های آزادماهیان و کپور ماهیان می‌شود (Tang *et al*., 2013).

با توجه به اینکه مقدار نیاز ماهیان به این اسیدآمینه بسته به گونه متفاوت ذکر شده، بنابراین تامین میزان مورد نیاز این اسیدآمینه ضروری در جیره برای رشد و سلامت آبزیان لازم می‌باشد (Yao *et al*., 2011). برای مثال، بر اساس یک مدل رگرسیونی و محاسبه خط شکست، بیشترین میزان افزایش وزن شوریده *Sciaenops ocellatus* تغذیه شده با ۰/۲۵ درصد تریپتوفان سنتتیک تعیین شد (Pewitt *et al.,* 2017). از این رو، تحقیق حاضر جهت بررسی تاثیر نسبت‌های مختلف تریپتوفان سنتتیک در جیره بر فراسنجه‌های رشد و کیفیت لاشه بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان به عنوان یک گونه مهم پرورشی انجام شده است.

مواد و روش‌ها

محل انجام پروژه و شرایط پرورش

این پژوهش به مدت ۸ هفته در یکی از مزارع خصوصی پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان واقع در شهرستان چابکسر (استان گیلان، ایران) در زمستان ۱۳۹۶ اجرا شد.

پس از شستشو و ضدعفونی حوضچه‌ها با استفاده از (پراستیک اسید به میزان ۱۰ میلی‌گرم در لیتر)، آبگیری نهایی برای شروع آزمایش انجام شد. تعداد ۱۲ عدد حوضچه سیمانی (طول، عرض و ارتفاع به‌ترتیب ۲۰۰×۷۰×۵۰ سانتی‌متر) برای انجام آزمایش در نظر گرفته شد. در این پژوهش تعداد ۱۲۰ عدد بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نژاد فرانسوی با میانگین با وزن

اولیه ۰/۳±۶/۵ گرم، به‌صورت کاملا تصادفی در ۱۲ گروه ۱۰ تایی (شامل ۳ تیمار با چهار تکرار) به مدت ۸ هفته با جیره غذایی آزمایشی شامل ۰/۰ (شاهد)، ۰/۲ و ۰/۴ درصد اسیدآمینه تریپتوفان تغذیه شدند. فراسنجه‌های کیفی آب شامل دما روزانه قبل از غذادهی و اکسیژن آب و pH به‌صورت هفتگی به‌ترتیب با دماسنج معمولی جیوه‌ای و دستگاه‌های سنجشگر دیجیتالی اکسیژن محلول در آب (DM3C ZE 1411, GH: Zeal Ltd., London, England) و pH متر (PH/PT-STAR, R. Matthäus, Pöttmes, Germany) اندازه‌گیری شدند.

آماده‌سازی جیره‌های آزمایشی و تغذیه

ابتدا جیره غذایی تجاری از نظر ترکیب اسیدهای آمینه آزمایش شد، به‌طوری‌که مقداری از غذا آسیاب و سپس پروفیل اسیدهای آمینه آنها توسط دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارآیی بالا (HPLC) طبق روش Aksnes و Brekken (۱۹۸۸) سنجش شد. پس از سنجش مقادیر اسیدهای آمینه خوراک، نسبت افزودن تریپتوفان سنتتیک به جیره غذایی توسط نرم‌افزار جیره‌نویسی Aquafeed نسخه ۲۰۱۵ (Vivapars, Tehran, Iran) بر پایه پیشنهاد NRC (۲۰۱۱) محاسبه شد (جدول ۱).

جدول ۱. اجزای غذایی و آنالیز ترکیبات شیمیایی جیره‌های آزمایشی مورد استفاده در تحقیق

	جیره پایه	جیره پایه+ ۰/۲ درصد تریپتوفان	جیره پایه+ ۰/۴ درصد تریپتوفان
فرمول جیره (درصد در وزن خشک)			
آرد ماهی	۵۳	۵۳	۵۳
گلوتن گندم	۴	۴	۴
کنجاله سویا	۱۵	۱۵	۱۵
آرد گندم	۱۷	۱۷	۱۷
روغن سویا	۷	۷	۷
مکمل (ویتامینه–معدنی)	۳/۵	۳/۵	۳/۵
بنتونیت	۰/۵	۰/۳	۰/۱
ال–تریپتوفان	۰	۰/۲	۰/۴
ترکیب اسیدهای آمینه جیره (درصد)			
لیزین	۲/۱۷	۲/۱۷	۲/۱۷
متیونین	۰/۸۴	۰/۸۴	۰/۸۴
متیونین+سیستین	۱/۴۸	۱/۴۸	۱/۴۸
ترئونین	۱/۴۹	۱/۴۹	۱/۴۹
تریپتوفان	۰/۴۱	۰/۶۱	۰/۸۱
آرژنین	۲/۴۴	۲/۴۴	۲/۴۴
ایزولوسین	۱/۶۳	۱/۶۳	۱/۶۳
لوسین	۳/۰۴	۳/۰۴	۳/۰۴
والین	۱/۹۶	۱/۹۶	۱/۹۶
ترکیب شیمیایی جیره (درصد در وزن خشک)			
انرژی قابل هضم (kcal/kg)	۳۷۰۰	۳۷۰۰	۳۷۰۰
پروتئین خام	۴۰	۴۰	۴۰
چربی خام	۱۳/۸	۱۳/۸	۱۳/۸
خاکستر	۱/۸	۱/۸	۱/۸
فیبر	۱/۶	۱/۶	۱/۶
رطوبت	۸	۸	۸

جیره غذایی آزمایشی شامل جیره ۱ (بدون مکمل اسیدآمینه یا جیره شاهد)، جیره ۲ (۰/۲ درصد جیره اسید آمینه تریپتوفان) و جیره ۳ (۰/۴ درصد جیره اسیدآمینه تریپتوفان) بود. همچنین ماهیان گروه شاهد فقط با جیره

پایه (بدون مکمل اسیدآمینه تریپتوفان) خریداری شده از خوراک تجاری اکسترود بدون روغن بچه ماهی قزل‌آلا شرکت کیمیاگران (شهرکرد، ایران) تغذیه شدند. بچه ماهیان در دوره سازگاری به شرایط جدید (۱۴ روز) نیز با جیره شاهد تغذیه شدند. جهت افزودن دقیق تریپتوفان که به صورت تجاری از بازار تهیه شده بود (Cargill, USA)، مقادیر ذکر شده از اسیدآمینه تریپتوفان با روغن مخلوط و به غذای آماده و تهیه شده از کارخانه اسپری شدند و در نهایت جیره‌ها پس از خشک شدن درون کیسه‌های پلاستیکی و درب بسته در جای خنک و سایه تا زمان استفاده نگهداری شدند.

عملکرد رشد

عملیات زیست‌سنجی ماهیان هر دو هفته یک‌بار پس از بیهوشی با پودر گل میخک ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر انجام شد (Soltani & Mirzargar, 2013). طول کل و وزن ماهیان مورد آزمایش در روزهای ۰، ۱۵، ۳۰ و ۴۵ مورد سنجش قرار گرفت که وزن به وسیله ترازوی دیجیتال KERN مدل PLS 360-2 با دقت ۰/۰۱ گرم ساخت آلمان اندازه‌گیری شد. طول بچه ماهی‌ها نیز به کمک تخته زیست‌سنجی واجد یک خط‌کش با دقت ۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد. درصد بازماندگی (SR)، ضریب تبدیل غذایی (FCR)، درصد افزایش وزن بدن (SGR)، درصد رشد روزانه (DGR)، درصد شاخص وضعیت (CF) و نسبت بازدهی پروتئین (PER) با استفاده از روابط زیر محاسبه شد (Moon & Gatlin, 1994).

آنالیز ترکیب لاشه

تجزیه تقریبی مواد اولیه جیره‌های آزمایشی و لاشه ماهی با روش‌های استاندارد انجام شد. جیره غذایی یا گوشت ماهی جهت تعیین رطوبت ۱۰ گرم در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۸ ساعت تا رسیدن به یک وزن ثابت حرارت دیدند (AOAC, 2000). پروتئین خام با اندازه‌گیری نیتروژن کل (ضریب اصلاحی نیتروژن ۶/۲۵) با استفاده از روش کجلدال تعیین شد (AOAC, 2000). چربی با روش سوکسله با استفاده از حلال ان- هگزان با نقطه جوش ۱۱۰ تا ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ تا ۳ ساعت استخراج شد (AOAC, 2000). میزان انرژی موجود در ترکیبات غذایی به‌وسیله بمب کالریمتر مدل (Gallenkamp Auto Bomb, UK) و میزان خاکستر با سوزاندن ماده آلی در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت اندازه‌گیری شد (AOAC, 2000).

رابطه (۱) $$SR = \text{(تعداد ماهیان اولیه - تعداد ماهیان مرده)} / \text{تعداد ماهیان اولیه} \times ۱۰۰$$

رابطه (۲) $$FCR = \text{مقدار افزایش وزن بدن} / \text{مقدار غذای خشک مصرف}$$

رابطه (۳) $$SGR = [(LnWt - LnWo)/t] \times ۱۰۰$$

رابطه (۴) $$DGR = \text{(اختلاف متوسط وزن نهایی و وزن اولیه در هر مخزن)} \div \text{(تعداد روزهای پرورش)}$$

رابطه (۵) $$CF = [(BW/TL^3)] \times ۱۰۰$$

رابطه (۶) $$PER = [\text{(پروتئین مصرفی (گرم))} \div \text{(میزان افزایش وزن‌تر (گرم))}]$$

که در روابط بالا برابر وزن اولیه (گرم)، Wt برابر وزن نهایی (گرم)، t برابر تعداد روزهای پرورش (روز)، BWبرابر وزن نهایی بدن (گرم) و TL برابر طول کل (سانتی‌متر) است.

آنالیز پروفیل اسیدهای آمینه

جهت تعیین پروفیل اسیدهای آمینه کل لاشه بعد از انتقال سه ماهی از هر تکرار به آزمایشگاه، ماهیان هر تکرار به‌طور کامل و یکنواخت به‌وسیله چرخ گوشت

کاملا چرخ شدند و سپس میزان ۱۰ گرم از آن با دستگاه فریز درایر ساخت کشور آلمان (Christ) به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۵۶- درجه سانتی‌گراد خشک شده و پس از آن در مخلوط‌کن خرد شدند. سپس نمونه‌ها در دستگاه سانتریفیوژ به مدت ۱۰ دقیقه با ۸۰۰۰ دور در دقیقه و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد جهت جداسازی روغن قرار داده شدند. در نهایت پروفیل اسیدهای آمینه توسط دستگاه طیف‌سنج مادون قرمز نزدیک (NIR) طبق روش Fontaine و همکاران (۲۰۰۱) اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری

تمام آزمایش‌ها در این پروژه با سه تکرار انجام شد. برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها و ترسیم نمودارها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ استفاده شد. با استفاده از آزمون کولموگروف– اسمیرنف نرمال بودن داده‌ها انجام شد و سپس با توجه به نرمال بودن داده‌ها، اختلاف‌های آماری اعداد مربوط به فراسنجه‌های صفات رشد ما بین گروه‌ها با استفاده از آزمون آنالیز واریانس (ANOVA) و تست تکمیلی دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد انجام شد. نمودارها و جداول با استفاده از برنامه Excel ورژن ۲۰۱۳ تهیه شد.

نتایج

عملکرد رشد

تغییرات فراسنجه‌های رشد، بقا و بهره‌وری غذا در بچه ماهیان قزل‌آلا تغذیه شده با سطوح مختلف تریپتوفان در جدول ۲ خلاصه شده است.

بر اساس نتایج، بیشترین میزان نرخ رشد روزانه، افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه و بقا به‌طور همزمان در تیمارهای ۰/۲ و ۰/۴ تریپتوفان مشاهده شد که دارای اختلاف معنی‌دار با تیمار شاهد بود ($p<0.05$). کمترین میزان ضریب تبدیل غذایی در تیمار تریپتوفان ۰/۴ درصد مشاهده شد که دارای اختلاف معنی‌دار با سایر تیمارها بود ($p<0.05$). میزان افزایش طول بدن و فاکتور وضعیت فاقد اختلاف معنی‌دار میان تیمارها بود ($p>0.05$). بیشترین مقدار نسبت بازده پروتئین در تیمار ۰/۴ درصد تریپتوفان مشاهده شد که دارای اختلاف معنی‌دار با سایر تیمارها بود ($p<0.05$).

جدول ۲. تاثیر افزودن سطوح مختلف تریپتوفان بر عملکرد رشد، بقا و بهره‌وری غذا در بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان

فراسنجه	سطوح مختلف افزودن اسیدآمینه سنتتیک تریپتوفان (درصد)		
	۰ (شاهد)	۰/۲	۰/۴
افزایش وزن (گرم)	۲۹/۷±۲/۱b	۳۲/۱±۰/۵a	۳۲/۳±۱/۲۶a
نرخ رشد روزانه (گرم)	۰/۵۱±۰/۰۳b	۰/۵۷±۰/۰۱a	۰/۵۸±۰/۰۲a
نرخ رشد ویژه (درصد)	۲/۰۷±۹۷/۱۲b	۳/۱۸±۰/۰۸a	۳/۱۹±۰/۰۳a
ضریب تبدیل غذا	۱/۰۶±۰/۰۲a	۱/۱۲±۰/۰۳b	۱/۰۱±۰/۰۲c
طول نهایی (سانتی‌متر)	۶/۸۸±۰/۵۲a	۸/۰۰±۰/۴۳a	۷/۵۵±۰/۶۰a
ضریب چاقی (درصد)	۱/۸۳±۰/۲۳a	۱/۵۴±۰/۲۰a	۱/۶۸±۰/۱۹a
نسبت بازده پروتئین	۲/۳۳±۰/۰۴c	۲/۴۲±۰/۰۲a	۲/۴۸±۰/۰۲b
بقا (درصد)	۸۲/۵±۰/۴۴b	۸۵/۰±۰/۱۷a	۸۵/۵±۰/۴۴a

* حروف غیرهمسان در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد و داده‌ها به‌صورت میانگین± انحراف‌معیار می‌باشد (n=3).

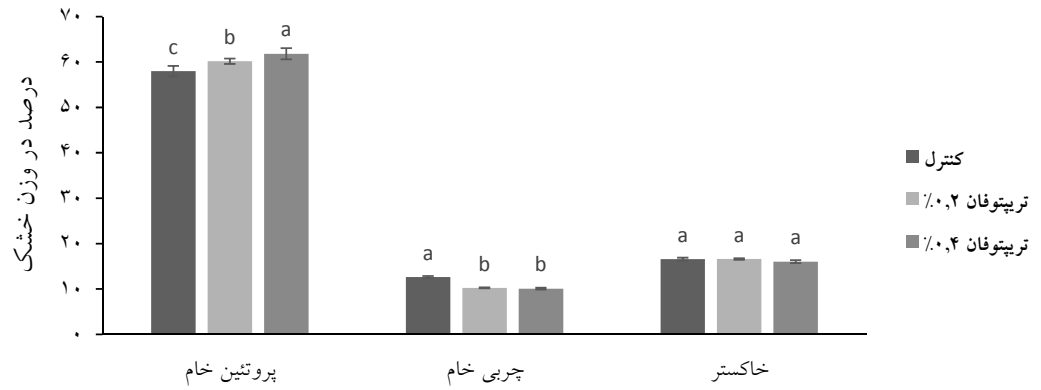
ترکیبات تقریبی لاشه

بر اساس داده‌های موجود در شکل ۱، بیشترین میزان پروتین خام در تیمار تریپتوفان ۰/۴ درصد مشاهده شد که دارای اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها بود ($p<0.05$). بیشترین میزان چربی کل در تیمار شاهد

مشاهده شد ($p<0.05$) و میزان خاکستر در بین تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار نبود ($p>0.05$).

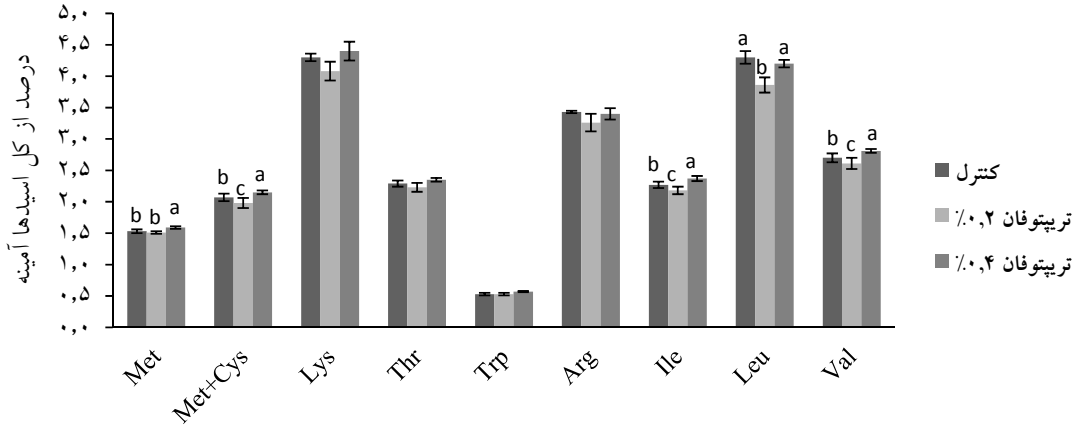
ترکیب اسیدهای آمینه لاشه

بر اساس داده‌های موجود در شکل ۲، بیشترین میزان متیونین در تیمار تریپتوفان ۰/۴ درصد مشاهده شد که با گروه شاهد دارای اختلاف معنی‌دار بود ($p<0.05$). بیشترین میزان متیونین، متیونین و سیستئین، لوسین، ایزولوسین و والین در تیمار تریپتوفان ۰/۴ درصد مشاهده شد که دارای اختلاف معنی‌دار با سایر تیمارها بود ($p<0.05$). سایر اسیدهای آمینه شناسایی شده از فیله ماهی فاقد اختلاف معنی‌دار در میان تیمارها بود ($p>0.05$).



شکل ۱. تاثیر افزودن سطوح مختلف تریپتوفان بر ترکیبات تقریبی لاشه بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان

حروف غیرهمسان نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح کمتر از ۵ درصد می‌باشد. آنتنک‌ها نشان‌دهنده انحراف‌معیار داده‌ها از میانگین است ($n=3$).



شکل ۲. تاثیر افزودن سطوح مختلف تریپتوفان بر پروفیل اسیدهای آمینه لاشه بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان

حروف غیرهمسان نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح کمتر از ۵ درصد می‌باشد و آنتنک‌ها نشان‌دهنده انحراف‌معیار داده‌ها از میانگین است ($n=3$).

بحث و نتیجه‌گیری

اسیدآمینه ضروری تریپتوفان علاوه بر ساخت پروتئین در تنظیم میزان تغذیه، تولیدمثل، سیستم ایمنی، نقش‌های عصبی و پاسخ‌های ضد استرسی نقش دارند (Slominski *et al*., 2002). همچنین تریپتوفان می‌تواند در بدن به سروتونین (۵- هیدروکسی تریپتامین) به عنوان انتقال‌دهنده عصبی و ملاتونین به عنوان یک عامل آنتی-اکسیدانی تبدیل شود (Fang *et al.,* 2002). بنابراین، استفاده از تریپتوفان سنتتیک در جیره غذایی ممکن است یک استراتژی تغذیه‌ای نویدبخش برای مدیریت سلامت در آبزی‌پروری باشد (غفله‌مرمضی و همکاران، ۱۳۹۶).

در این مطالعه عملکرد رشد و بقا شامل میزان افزایش وزن بدن، نرخ رشد روزانه و نرخ رشد ویژه در تیمارهای تغذیه شده با اسیدآمینه سنتتیک متیونین نسبت به گروه شاهد به‌طور معنی‌داری بهبود یافت. Walton و همکاران (۱۹۸۳) به بررسی مقدار مورد نیاز تریپتوفان در رژیم غذایی ماهی قزل‌آلا رنگین‌کمان پرداختند. نتایج نشان داد که استفاده از ۰/۲۵ درصد تریپتوفان در جیره فراسنجه‌های رشد این ماهی را افزایش می‌دهد که با نتایج این تحقیق همسو است. Papoutsoglou و همکاران (۲۰۰۵) تاثیر مکمل تریپتوفان را روی رشد ماهی قزل‌آلا بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که افزودن ۲ درصد تریپتوفان در رژیم غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان منجر به افزایش رشد، افزایش بهره‌وری خوراک و کاهش ضریب تبدیل غذایی می‌گردد که با نتایج این تحقیق همسو است.

همچنین Biswas و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که تغذیه لارو گربه ماهی (*Ompok bimaculatus*) با ۲ میلی‌گرم در کیلوگرم سبب افزایش درصد بقا از طریق کاهش همنوع‌خواری و بهبود عملکرد رشد می‌شود. در حقیقت کاهش رشد و کاهش بازدهی خوراک، کلسینوزیس کلیه و اسکولیوزیس (خمیدگی جانبی ستون مهره‌ها) در اثر کمبود تریپتوفان جیره در برخی ماهیان مانند ماهی آزاد چام (*Oncorhynchus keta*)، قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) و ماهی آزاد قرمز (*Oncorhynchus nerka*)، کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، روهو (*Labeo rohita*) و گربه ماهی هندی (*Heteropneustes fossilis*) گزارش شده است (Walton *et al*., 1983; Tang *et al*., 2013).

در این مطالعه کمترین مقدار ضریب تبدیل غذایی و بالاترین مقادیر نسبت بازه پروتئین در تیمار دریافت‌کننده ۰/۴ درصد تریپتوفان سنتتیک مشاهده شد. در همین راستا Prabu و همکاران (۲۰۱۷) گزارش کرد استفاده از ۰/۳ درصد تریپتوفان در جیره ماهی تیلاپیا باعث بهبود رشد و بقا و کمترین میزان FCR می‌شود. همچنین در یک تحقیق Pianesso و همکاران (۲۰۱۵) به تعیین نیازهای تریپتوفان برای گربه ماهی نقره‌ای (*Bagrus bajad*) پرداخته و بیان نمودند که مقدار مورد نیاز تریپتوفان برآورد شده برای دستیابی به حداکثر عملکرد رشد و آنزیم‌های گوارشی برابر ۳/۴-۲/۵ گرم در کیلوگرم غذا است که با نتایج این تحقیق همسو است. کاهش FCR خوراک یکی از کاربردهای مهم مکمل‌های آمینواسیدی در جیره غذایی بوده که در این صورت میزان پروتئین استفاده شده در رژیم غذایی کاهش می‌یابد و به تبع آن نیتروژن کل و آمونیاک دفعی نیز کاهش می‌یابد و در نتیجه علاوه بر افزایش سودآوری و اقتصادی شدن تولید، باعث کاهش هدر رفت مواد مغذی و کاهش آلودگی آب می‌گردند (Gaylord & Barrows, 2009).

تاثیرات منفی افزایش کورتیزول بر غذاگیری، کیفیت پروتئین لاشه، ایمنی و هضم و جذب مواد مغذی در آبزیان پرورشی بیان شده است (Vijayan *et al*., 1996). اگرچه افزودن اسیدآمینه تریپتوفان در جیره باعث کاهش کم‌اشتهایی ناشی از استرس شرایط پرورشی آبزیان می‌گردد (Hseu *et al.,* 2003) و همچنین از استرس القا شده توسط افزایش کورتیزول جلوگیری به‌عمل نموده و

میزان هضم و جذب مواد غذایی را بالا می‌برد (Lepage *et al.*, 2002). Hoseini و همکارن (۲۰۲۰) نیز نشان دادند استرس در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان ایجاد شده در اثر تراکم‌های ذخیره‌سازی مختلف با افزودن ۰/۵ درصد اسیدآمینه سنتتیک تریپتوفان به رژیم غذایی کاهش می‌یابد.

در مطالعه اخیر افزودن تریپتوفان به جیره غذایی باعث بالا رفتن نرخ بازماندگی بچه ماهیان قزل‌آلا شد. به‌طور کلی عکس‌العمل‌های پرخاشگرانه و همجنس-خواری در ماهیان گوشتخوار مثل آزاد ماهیان ضررهای قابل توجهی را در صنعت آبزی‌پروری ایجاد می‌کند. احتمالا افزایش مزمن غلظت و تبدیل سروتونین در مغز با توقف پرخاشگری همراه بوده که تایید این مطلب گزارش‌های متعددی به نقش تریپتوفان در کاهش تلفات ناشی از پرخاشگری و همنوع‌خواری در ماهیان اشاره دارد (Hoglund *et al.*, 2007; Krol & Zakes, 2016).

بیشترین میزان پروتین خام لاشه ماهیان قزل‌آلا در تیمار تغذیه شده با تریپتوفان ۰/۴ درصد مشاهده شد. حسینی (۱۳۸۹) در یک تحقیق مشابه، اثرات آمینواسید تریپتوفان و لیزین بر غذاگیری، رشد، بقا و ترکیب لاشه بچه فیل ماهیان جوان را بررسی و نشان داد که میزان پروتین لاشه با افزایش افزودن مقادیر بیشتر تریپتوفان تا سطح ۵/۵ درصد به جیره افزایش و میزان چربی کاهش می‌یابد. همچنین افزودن مقادیر بیشتر تریپتوفان به جیره باعث بقا بیشتر شد که با نتایج این تحقیق همسو است.

غفله‌مرمضی و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی تاثیر کمبود اسیدآمینه آرژنین، فنیل آلانین و تریپتوفان جیره بر فاکتورهای رشد و ترکیب شیمیایی بدن ماهی صبیتی جوان (*Sparidentex hasta*) پرداختند و نشان دادند که کمبود فنیل آلانین و تریپتوفان همه شاخص‌های رشد و تغذیه از جمله وزن نهایی، درصد افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، میزان مصرف غذا، نرخ کارآیی پروتئین را نسبت به شاهد به‌صورت معنی‌داری کاهش داده و همچنین پروتئین خام نیز در ترکیبات لاشه کاهش یافته است که نشان‌دهنده اختلال در متابولیسم سنتز پروتئین‌ها با کاهش کارآیی اسیدهای آمینه ضروری در بدن بوده که با نتایج تحقیق حاضر همسو است.

در این مطالعه آنالیز ترکیبات تقریبی لاشه و پروفیل اسیدهای آمینه ماهیان نشان داد که تیمار تغذیه شده با ۰/۴ درصد تریپتوفان از غنای اسیدهای آمینه بالاتری برخوردار است. در حقیقت کاهش یک اسید آمینه ضروری تاثیر بسیار زیادی در جذب سایر اسیدهای آمینه، ساخت پروتئین و در نهایت عملکرد رشد در حیوانات دارد (Pettit *et al.*, 2019).

تریپتوفان در ماهیان بعد از اسیدهای آمینه متیونین و لایزین به عنوان یکی از عوامل محدودکننده در جیره‌های آبزیان به‌خصوص در جیره‌های بر مبنای مواد پروتئین گیاهی مطرح است (Coloso *et al.*, 2004). Zaminhan و همکاران (۲۰۱۷) میزان نیاز اسیدآمینه تریپتوفان مورد نیاز ماهی تیلاپیا انگشت قد را بررسی نموده و نشان دادند که ماهیان در تیمار تغذیه شده با ۰/۳ درصد مکمل اسیدآمینه سنتتیک تریپتوفان دارای بیشترین مقادیر اسیدهای آمینه ایزولوسین، لوسین، والین و متیونین در لاشه بودند که با نتایج این تحقیق همسو است. Pianesso و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند اسیدآمینه تریپتوفان در سطح ۳/۴ گرم در کیلوگرم سبب افزایش معنی‌دار میزان متیونین لاشه می‌شود که با نتایج این تحقیق همسو است. در تحقیق دیگری Coutinho و همکاران (۲۰۱۷) با مطالعه اثرات افزودن متیونین و ترئونین در رژیم غذایی ماهی باس اروپایی (*Dicentrarchus labrax*) به این نتیجه رسیدند که استفاده از جیره حاوی ۱ درصد متیونین باعث افزایش اسیدهای آمینه لوسین، ایزولوسین و ترئونین لاشه ماهیان می‌شود. همچنین به‌طور مشابه، Poppi و Glencross (۲۰۱۸)، گزارش کردند که لاشه ماهیان باس آسیایی (*Lates calcarifer*) که از جیره‌های غذایی واجد مقدار کافی متیونین تغذیه کرده بودند (۰/۸

درصد متیونین) نسبت به جیره غذایی دارای مقدار کمتر متیونین (۰/۴ درصد متیونین) دارای مقادیر بالاتری از اسیدهای آمینه تریپتوفان، لایزین، متیونین و والین بودند که با نتایج این تحقیق همسو است.

نتایج این مطالعه نشان داد که اکثر فراسنجه‌های رشد و بهره‌وری غذا قزل‌آلای رنگین‌کمان بدون اختلاف معنی‌دار با اضافه کردن درصدهای ۰/۲ و ۰/۴ درصد تریپتوفان نسبت به جیره شاهد افزایش پیدا می‌کند، در حالی که پروتئین خام و پروفیل اسیدهای آمینه لاشه بچه ماهیان در تیمار واجد ۰/۴ درصد تریپتوفان از غنای بالاتری برخوردار است.

منابع

حسینی، م. (۱۳۸۹) آمینواسید تریپتوفان و لیزین بر غذاگیری، رشد، بقا و ترکیب لاشه بچه فیل ماهیان جوان. پایان‌نامه کارشناسی-ارشد رشته شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منبع طبیعی گرگان، ۵۷ صفحه.

سازمان شیلات ایران. (۱۳۹۷) دفتر برنامه‌ریزی گروه آمار و مطالعات توسعه شیلاتی، سالنامه آماری سازمان شیلات ایران، ۲۸ صفحه.

غفله‌مرمضی، ج.، یعقوبی، م. و صفری، ا. (۱۳۹۶) تاثیر کمبود اسیدهای آمینه آرژنین، فنیل آلانیل و تریپتوفان جیره بر فاکتورهای رشد و ترکیب شیمیایی بدن ماهی صبیتی جوان (*Sparidentex hasta*). مجله علمی شیلات ایران، ۲۶(۲): ۱۳۹-۱۵۲.

Aksnes, A. and Brekken, B. (1988) Tissue degradation, amino acid liberation and bacterial decomposition of bulk stored capelin. Journal of the Science of Food and Agriculture, 45(1): 53-60.

AOAC (Association of official Analytical Chemists). (2000) Official methods of analysis. 12th edition, AOAC, Washington DC.

Biswas, P., Rawat, P., Jena, A.K., Patel, A.B. and Pandey, P.K. (2019) Effect of L-tryptophan on growth and survival of Pabda fry, *Ompok bimaculatus* (Bloch, 1794). Fishery Technology, 56(1): 29-33.

Coloso, R., Murillo-Gurrea, D., Borlongan, I. and Catacutan, M. (2004) Tryptophan requirement of juvenile Asian sea bass *Lates calcarifer*. Journal of Applied Ichthyology, 20(1): 43-47.

Coutinho, F., Simões, R., Monge-Ortiz, R., Furuya, W.M., Pousão-Ferreira, P., Kaushik, S. and Peres, H. (2017) Effects of dietary methionine and taurine supplementation to low-fish meal diets on growth performance and oxidative status of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. Aquaculture, 479(2017): 447-454.

Fang, Y.Z., Yang, S. and Wu, G. (2002) Free radicals, antioxidants, and nutrition. Nutrition, 18(10): 872-879.

FAO (2018) Fishery and aquaculture statistics. FAO Fisheries Publications. Rome, P. 80.

Fontaine, J., Hörr, J. and Schirmer, B. (2001) Near-infrared reflectance spectroscopy enables the fast and accurate prediction of the essential amino acid contents in soy, rapeseed meal, sunflower meal, peas, fishmeal, meat meal products, and poultry meal. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49(1): 57-66.

Gaylord, T.G. and Barrows, F.T. (2009) Multiple amino acid supplementations to reduce dietary protein in plant-based rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, feeds. Aquaculture, 287(1-2): 180-184.

Höglund, E., Sørensen, C., Bakke, M.J., Nilsson, G.E. and Øverli, Ø. (2007) Attenuation of stress-induced anorexia in brown trout (*Salmo trutta*) by pre-treatment with dietary Ltryptophan. British Journal of Nutrition, 97(4): 786-789.

Hoseini, S.M., Mirghaed, A.T., Ghelichpour, M., Pagheh, E., Iri, Y. and Kor, A. (2020) Effects of dietary tryptophan supplementation and stocking density on growth performance and stress responses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 519(2020): 73-80.

Hseu, J., Lu, F., Su, H., Wang, L., Tsai, C. and Hwang, P. (2003) Effect of exogenous tryptophan on cannibalism, survival and growth in juvenile grouper, *Epinephelus coioides*. Aquaculture, 218(1-4): 251-263.

Krol, J. and Zakes, Z. (2016) Effect of dietary L-tryptophan on cannibalism, survival and growth in pikeperch Sander lucioperca (L.) post-larvae. Aquaculture International, 24(2): 441–451.

salinity stress and on intestinal histology in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry. New Technologies in Aquaculture Development, 2(1): 33-40.

Poppi, D.A. and Glencross, B.D. (2018) Partial utilization efficiencies of protein and methionine by barramundi (*Lates calcarifer*) in response to dietary methionine source and form. Aquaculture Research, 49(7): 2518-2526.

Prabu, E., Rajagopalsamy, C.B., Ahilan, B., Jeevagan, I.J. and Renuhadevi, M. (2017) Effect of dietary supplementation of biofloc meal with tryptophan on growth and survival of tilapia. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6(8): 3426-3434.

Slominski, A., Semak, I., Pisarchik, A., Sweatman, T., Szczesniewski, A. and Wortsman, J. (2002) Conversion of L-tryptophan to serotonin and melatonin in human melanoma cells. FEBS Letters, 511(1-3): 102–106.

Soltani, M. and Mirzargar, S.S. (2013) Effect of tricainemethanesulfonate (MS222), clove oil and electro-anaesthesia on respiratory burst activity in whole blood and serum alternative complement response in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), during the narcosis stage. Fish & shellfish immunology, 34(2): 692-696.

Tang, L., Feng, L., Sun, C.Y., Chen, G.F., Jiang, W.D., Hu, K., Liu, Y., Jiang, J., Li, Sh-H., Kuang, Sh-Y. and Zhou, X.Q. (2013) Effect of tryptophan on growth, intestinal enzyme activities and TOR gene expression in juvenile Jian carp (*Cyprinus carpi var. Jian*): Studies in vivo and in vitro. Aquaculture, 412(1): 23-33.

Vijayan, M., Mommsen, T., Glemet, H. and Moon, T. (1996) Metabolic effects of cortisol treatment in a marine teleost, the sea raven. The Journal of Experimental Biology, 199(7): 1509-1514.

Walton, M.J., Cowey, C.B., Adron, J.W. and Knox, D. (1983) The effects of dietary tryptophan levels on growth and metabolism of rainbow trout (*Salmo gairdnerz*). British Journal of Nutrition, 19841(51): 279-287.

Yao, K., Fang, J., Yin, Y., Feng, Z.M., Tang, Z. R. and Wu, G. (2011) Tryptophan metabolism in animals: Important roles in nutrition and health. Frontiers in Bioscience, 3(1): 286-297.

Zaminhan, M., Boscolo, W.R., Neu, D.H., Feiden, A., Furuya, V.R.B. and Lepage, O., Tottmar, O. and Winberg, S. (2002) Elevated dietary intake of L-tryptophan counteracts the stress-induced elevation of plasma cortisol in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Journal of Experimental Biology, 205(23): 3679-3687.

Mateo, C.D. (2005) Aspects of nucleotide nutrition in pigs (Ph.D. dissertation), Department of Animal and Range Sciences, South Dakota State University, USA. P. 171.

Moon, H.Y.L. and Gatlin, D.M. (1994) Effects of dietary animal proteins on growth and body composition of the red drum (*Sciaenops ocellatus*). Aquaculture, 120(3-4), 327-340.

Ochang, S. (2011) Effect replacing cod liver oil with soybean oil as dietary lipid on carcass composition, hematology and sensory properties of the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. International Aquaculture Research, 3(1): 71-77.

Papoutsoglou, S.E., Karakatsouli, N. and Chiras, G. (2005) Dietary L-tryptophan and tank colour effects on growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles reared in a recirculating system. Aquacultural Engineering, 32(2): 277–284.

Pettit, T.V., Pettit, R.J., Durso, A.M. and French, S.S. (2019) Investment of both essential fatty and amino acids to immunity varies depending on reproductive stage. Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology, 331(10), 552-561.

Pewitt, E., Castillo, S., Velásquez, A. and Gatlin, D.M. (2017) The dietary tryptophan requirement of juvenile red drum, *Sciaenops ocellatus*. Aquaculture, 469(2): 112-116.

Pianesso, D., Neto, J., Silva, L.P., Goulart, F.R., Adorian, T.J., Mombach, P.L., Loureiro, B.B., Dalcin, M.O., Rotili, D.A. and Lazzari, R. (2015) Determination of tryptophan reqirements for juvenile silver catfish and its effects on growth performance, plasma and hepatic metabolites and digestive enzymes activity. Animal Feed Science and Technology, 210(5): 172-183.

Pooramini, M., Kamali, A., Hajimoradloo, A., Ghorbani, R. and Alizade, M. (2009) Effect of feeding by yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) as a probiotic in contrast with

MassamituFuruya, W. (2017) Dietary tryptophan requirements of juvenile Nile tilapia fed corn-soybean meal-based diets. Animal Feed Science and Technology, 227(1): 62–67.

Effect of different levels of synthetic tryptophan on growth performance and carcass amino acids profile of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry

Mehdi Shamsaie Mehrgan[1], Farhad Foroudi[2], Seyed Pezhman Hosseini Shekarabi[3*], Fatemeh Arabi[4] and Negar Mohammadi[5]

1) Associate Professor, Department of Fisheries Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
2) Assistant Professor, Department of Animal Science, Varamin Branch, Islamic Azad University, Varamin, Iran.
3) Assistant Professor, Department of Fisheries Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran. *Corresponding Author Email Address: hosseini@srbiau.ac.ir
4) M.Sc. Graduate, Department of Fisheries Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
5) Ph.D. Student, Department of Fisheries Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Date of Submission: 20/03/2019 Date of Acceptance: 09/09/2019

Abstract

In this study, the effects of different dietary levels of synthetic tryptophan on some growth parameters and carcass quality of rainbow trout was investigated. For this purpose, 120 fish (mean weight 6.5±0.4 g) were randomly distributed in three treatments with four replicates and fed with diets supplemented with 0 (control diet), 0.2%, and 0.4% tryptophan for 8 weeks. Results showed that addition of tryptophan at 0.2 and 0.4% levels significantly improved the weight gain, specific growth rate, daily growth rate, and survival compared to the control group ($p<0.05$). The lowest feed conversion ratio (1.01±0.04) and highest protein yield ratio (2.48±0.02) were observed in 0.4% tryptophan treatment ($p<0.05$). There was no significant difference in length gain and condition factor between treatments ($p>0.05$). The highest crude protein (61.62±1.21%) was observed in 0.4% tryptophan treatment, which was significantly different from those in control and 0.2% tryptophan treatments ($p <0.05$). There was no significant difference in moisture content between treatments ($p> 0.05$). Regarding the carcass amino acids profile, the highest amounts of methionine (1.59±0.02٪), methionine + cysteine (2.15±0.03٪), threonine (2.35±0.01٪), isoleucine (2.37±0.04٪), leucine (4.20±0.06٪)و and valine (2.81±0.03٪) were measured in 0.4% tryptophan treatment ($p<0.05$). In general, findings of the current research illustrated that most growth parameters of rainbow trout were improved by adding tryptophan to the control diet, although the fry carcass had higher amino acid and crud protein values by supplementing diet with 0.4% tryptophan.

Keywords: Amino acids, Carcass quality, Growth, Rainbow trout, Tryptophan.