

Effect of different levels of the amino acid lysine on growth, feed efficiency and body composition of juvenile snow trout (*Schizothorax zarudnyi*)

Narjes Sanchooli^{1*}, Hashem Khandan Barani², Abdolali Rahdari³

1. Instructor, Department of Fisheries, Institute of International Hamoon Wetland, University of Zabol, Iran

2. Instructor, Department of Fisheries, Institute of International Hamoon Wetland, University of Zabol, Iran

3. Instructor, Department of Fisheries, Institute of International Hamoon Wetland, University of Zabol, Iran
(Received: Jan. 2, 2016 - Accepted: Feb. 18, 2017)

Abstract

This study aimed to investigate the effects of different levels of the amino acid lysine on growth performance, feed efficiency and body composition of juvenile snow trout (*Schizothorax zarudnyi*). For this purpose, 150 fish with average weight 22.51 ± 0.28 g fed with five levels of dietary amino acid lysine including 0 (control), 7, 12, 17 and 22 g/kg diet, for 8 weeks. Fish fed two times daily at 3% body weight rate. At the end of feeding trial, growth performance, feed efficiency and body composition were recorded. Maximum final weight and body weight, best average daily gain, best specific growth rate and increase the relative weight were evident for 17 g/kg diet treatment. Maximum body protein content was obtained for 17 g/kg diet treatment. Body moisture, fat and ash content remained unchanged. Based on the above results, it may be concluded 17 g lysine per kg diet is optimal for the growth, feed efficiency and body composition of juvenile *S. zarudnyi*.

Keywords: lysine amino acid, growth rate, feed efficiency index, *Schizothorax zarudnyi*.

تأثیر سطوح مختلف اسید آمینه لایزین بر رشد، ترکیب بدن، راندمان غذایی ماهی سفیدک سیستان

نرجس سنجولی^{۱*}، هاشم خندان بارانی^۲،

عبدالعلی راهداری^۳

۱. مربی، گروه شیلات پژوهشکده تالاب بین‌المللی هامون، دانشگاه زابل

۲. مربی، گروه شیلات پژوهشکده تالاب بین‌المللی هامون، دانشگاه زابل

۳. مربی، گروه شیلات پژوهشکده تالاب بین‌المللی هامون، دانشگاه زابل

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۱۲ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۱۱/۳۰)

چکیده

این بررسی به منظور تعیین تأثیر سطوح مختلف اسید آمینه لایزین بر رشد، ترکیب بدن، راندمان غذایی ماهی سفیدک سیستان (*Schizothorax zarudnyi*) انجام شد. برای این منظور تعداد ۱۵۰ قطعه ماهی با میانگین وزنی 22.51 ± 0.28 گرم با پنج جیره غذایی حاوی مقادیر مختلف اسید آمینه لایزین (۰، ۷، ۱۲، ۱۷ و ۲۲ گرم در کیلوگرم جیره) و گروه شاهد فاقد اسید آمینه لایزین به مدت ۸ هفته غذایی به مقدار روزانه ۳٪ وزن بدن در ۲ وعده انجام شد. در پایان دوره پرورش پارامترهای رشد، راندمان غذایی و ترکیب بدن اندازه‌گیری و نتایج ثبت گردید. نتایج نشان داد که میزان وزن نهایی و افزایش وزن بدن، میانگین رشد روزانه، نرخ رشد ویژه و افزایش وزن نسبی در تیمار ۱۷ گرم لایزین به ازای کیلوگرم جیره با سایر تیمارها و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان داد. نتایج ترکیب لاشه نشان داد که با افزایش میزان اسید آمینه لایزین تا ۱۷ گرم در کیلوگرم جیره بر میزان پروتئین لاشه افزوده و بعد از آن کاهش در میزان پروتئین و افزایش در میزان چربی مشاهده شد. رطوبت و چربی و خاکستر لاشه ماهی اختلاف معنی‌داری را در تیمارها نشان ندادند. بر اساس نتایج به‌دست آمده تیمار ۱۷ گرم لایزین در کیلوگرم جیره مقدار مناسب برای استفاده در جیره غذایی ماهی سفیدک سیستان می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اسید آمینه لایزین، شاخص رشد، شاخص

راندمان غذایی، ماهی سفیدک سیستان.

مقدمه

منبع پروتئین گیاهی جایگزین شود. یک مقدار ایده‌آل از لایزین، برای فرمولاسیون جیره‌های غذایی مناسب و مقرون به‌صرفه برای گونه‌های پرورشی ضروری است (Ahmed & Khan, 2004). بنابراین سطح لایزین جیره اثرات حیاتی و مهمی بر روی عملکرد رشد و سلامت ماهی دارد. لایزین به‌عنوان پیش‌ساز کارنیتین در میتوکندری برای بتا اکسیداسیون چربی می‌باشد بنابراین لایزین نقش اساسی در متابولیسم انرژی بازی می‌کند (Walton *et al.*, 1984).

تحقیقات قبلی نشان داده که افزودن لایزین و متیونین به جیره ماهی امور باعث بهبود عملکرد رشد و کارایی تغذیه شده و همچنین باعث کاهش نیاز به پروتئین خام از ۳۲۰ به ۳۰۰ گرم در کیلوگرم جیره گردید (Gan *et al.*, 2012). Hosseini *et al.* (2013) نشان دادند که فیل ماهی‌های تغذیه شده با ۲/۶٪ ماده خشک لایزین، افزایش قابل توجه در وزن نهایی، افزایش وزن، SGR و همچنین کاهش FCR در مقایسه با دیگر تیمارها را نشان دادند و لایزین به‌طور قابل ملاحظه‌ای منجر به افزایش پروتئین عضله و کاهش لید شد. Zhang *et al.* (2008) نشان دادند که با افزایش لایزین جیره از ۱/۲۷ تا ۲/۴۱ درصد پروتئین، مقادیر ضریب رشد ویژه، نسبت بازده پروتئین، بازده تغذیه و همچنین میزان بقای پروتئین و پروتئین بدن نیز با افزایش سطح لایزین در ماهی *Pseudoscaena crocea* افزایش یافت. ماهی سفیدک سیستان (*Schizothorax zarudnyi*) جزء خانواده کپور ماهیان بوده و یکی از گونه‌های با ارزش بومی منطقه سیستان است که به علت از بین رفتن زیستگاه‌های این گونه (وجود خشکسالی‌های طولانی) از یک‌سو و صید بی‌رویه، احتمال آن می‌رود که این گونه با ارزش در خطر نابودی قرار گیرد که در کشور ایران و در منطقه سیستان وجود دارد و در سال‌های اخیر تکثیر مصنوعی آن جهت بازسازی ذخایر طبیعی و نیز معرفی به فعالیت‌های آبی پروری انجام شده است (Gharraei *et al.*, 2010) این ماهی

تغذیه از فاکتورهای اساسی تعیین‌کننده نرخ رشد ماهی است (Li *et al.*, 2004) و توانایی ماهی را در ارائه پتانسیل ژنتیکی جهت رشد کاملاً تحت تأثیر قرار می‌دهد (Bascinar *et al.*, 2007). بنابراین به منظور دستیابی به حداکثر بازدهی در صنعت آبی‌پروری، تأمین تغذیه‌ای مطلوب که منجر به افزایش نرخ رشد و وزن‌گیری در حداقل زمان ممکن گردد ضروری است (Bhosale *et al.*, 2010). با گسترش صنعت آبی‌پروری، تقاضا برای پودر ماهی جهت تغذیه آبزیان افزایش یافت و عرضه نامتعادل و افزایش قیمت پودر ماهی سبب استفاده از منابع پروتئین گیاهی ارزان‌تر در فرمولاسیون جیره شد (Hardy, 2010). منابع پروتئین گیاهی به‌دلیل ناکارآمد بودن ترکیب اسیدهای آمینه ضروری، هنگامی که در فرمولاسیون جیره جایگزین پودر ماهی می‌شوند باعث کاهش رشد و کارایی تغذیه می‌گردند (Wilson, 1989). منبع پروتئین گیاهی نسبت به پودر ماهی به دلیل حضور فاکتورهای ضد تغذیه‌ای و عدم داشتن پروفایل اسید آمینه ضروری کافی برای تغذیه موجودات آبی از اهمیت کمتری برخوردار است (Van den Ingh *et al.*, 1996). به‌طور کلی به دلیل گران بودن و در دسترس نبودن پودر ماهی، استفاده از منابع پروتئین گیاهی در غذای ماهی افزایش یافته است، بنابراین استفاده از مکمل‌های غذایی اسیدهای آمینه در جیره غذایی آبزیان که دارای منابع پروتئین گیاهی هستند ضروری می‌باشد. آمینواسیدها واحدهای ساختاری برای پروتئین هستند. اسیدهای آمینه یکی از محرک‌های بویایی هستند که باعث ایجاد رفتار جستجوی غذا در انواع ماهی‌ها می‌شوند (Jones, 1992) و می‌توانند باعث به حداکثر رساندن مصرف غذا و کاهش ضایعات مواد غذایی از طریق بهبود تغذیه اولیه و خوش‌خوراکی شوند (Lee & Meyers, 1996). یکی از مهمترین اسیدهای آمینه محدودکننده در ترکیبات مورد استفاده برای فرمولاسیون غذای تجاری ماهی‌ها، لایزین است به‌ویژه در مواردی که پودر ماهی با

خاکستر: ۸ درصد) که با مواد پرکننده (رس) و آرد گندم و سلولز به روش جیره نویسی ماتریس به پروتئین ۳۰ درصد رسانده شده بود اضافه شده و جهت تهیه پلت غذایی، مواد اولیه با هم مخلوط شدند. سپس با اضافه کردن آب به شکل خمیر در آمده و خمیر حاصله یک بار دیگر به مدت ده دقیقه به وسیله دستگاه همزن کاملاً مخلوط و همگن شد. برای پلت کردن جیره‌ها هم از چرخ گوشت با خروجی یک میلی‌متر استفاده شد. پلت‌ها پس از خشک شدن در دمای اتاق به مدت ۲۴ ساعت، خرد شده و در ظروف سر بسته در دما 20°C - تا زمان مصرف نگهداری شدند.

آنالیز بیوشیمیایی

آنالیز بیوشیمیایی جیره ماهیان در جدول ۱ بیان شده است. آنالیز بیوشیمیایی لاشه ماهیان در پایان دوره آزمایش و جیره‌های غذایی تهیه شده با استفاده از شیوه استاندارد AOAC انجام شد (AOAC, 1990). به این منظور پس از ساخته شدن غذا، چهار نمونه به طور تصادفی از قسمت‌های مختلف غذا برداشته شد. برای اندازه‌گیری رطوبت مقدار هر نمونه ۵ گرم غذا بود همچنین، پس از خشک شدن غذا ۲ گرم نمونه برای اندازه‌گیری چربی، ۵/۰ گرم برای اندازه‌گیری پروتئین و ۲ گرم برای اندازه‌گیری خاکستر برداشته شد. پروتئین با اندازه‌گیری نیتروژن کل ($N \times 6.25$) با استفاده از روش کجلدال تعیین شد. چربی با روش سوکسله با استفاده از حلال بنزن به مدت ۴ تا ۶ ساعت استخراج شد. جیره‌های غذایی به وسیله دستگاه آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت تا رسیدن به وزن ثابت برای اندازه‌گیری رطوبت خشک شدند. میزان خاکستر با سوزاندن در کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت تعیین شد (AOAC, 1990). پس از انجام آزمایشات، شاخص‌های رشد، بازماندگی، راندمان غذایی، ترکیب بدن با استفاده از فرمول‌های زیر اندازه‌گیری شد.

به دلیل شباهت‌هایی که با ماهی کپور معمولی از بعضی جهات نظیر رژیم غذایی همه‌چیزخواری، شرایط دمایی نزدیک و کفزی بودن دارد می‌تواند از جیره این ماهی تغذیه کند (Rahdari & Esazaie, 2000) بنابراین یکی از اساسی‌ترین اطلاعات مورد نیاز برای پرورش، آگاهی از احتیاجات غذایی ماهی می‌باشد. تاکنون مطالعاتی در مورد نیازهای اسید آمینه‌ای این گونه انجام نشده است لذا در این مطالعه میزان اسید آمینه ضروری لایزین برای جیره ماهی سفیدک سیستان مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

آزمایش تغذیه

تعداد ۱۵۰ قطعه ماهی سفیدک سیستان با میانگین وزن اولیه $28 \pm 0.22/51$ گرم از مرکز تکثیر ماهیان بومی زهک به آزمایشگاه پژوهشکده تالاب بین المللی هامون منتقل شدند. ماهیان در ۵ تیمار و سه تکرار به ازای هر تیمار در ۱۵ آکواریوم ۱۰۰ لیتری و هر آکواریوم شامل ۱۰ قطعه ماهی به طور تصادفی رهاسازی شدند. به منظور سازگاری با شرایط جدید به مدت دو هفته در مخازن نگهداری و با جیره آغازین کپور تغذیه شدند. تغذیه با جیره‌های غذایی آزمایشی شامل گروه شاهد (فاقد اسید آمینه لایزین) و ۴ سطح مختلف اسید آمینه لایزین به ترتیب ۷، ۱۲، ۱۷ و ۲۲ گرم در کیلوگرم جیره با سطح ثابت پروتئین جیره (۳۰٪) به مدت ۸ هفته انجام گرفت و ماهیان روزانه دو بار در ساعات ۸ و ۱۸ به میزان ۳٪ وزن غذادهی شدند (Zhou et al., 2008). میانگین دما، pH و اکسیژن محلول در آب در طی دوره آزمایش به ترتیب 21 ± 1 درجه سانتی‌گراد، 8 ± 0.5 و 6 ± 0.8 میلی‌گرم در لیتر بود. در ابتدا و پایان دوره آزمایشی، تعدادی ماهی به طور تصادفی انتخاب و آنالیز ترکیبات بدن آنها انجام شد. چهار جیره با سطوح متفاوت اسید آمینه لایزین (۷، ۱۲، ۱۷ و ۲۲ گرم در کیلوگرم جیره) به جیره استارتر کپور که شامل ترکیبات (پروتئین: ۳۶، چربی: ۱۱، کربوهیدرات: ۳۳، رطوبت: ۵۵/۸،

جدول ۱. آنالیز بیوشیمیایی جیره‌های غذایی

مقدار لایزین (g/kg diet)	خاکستر (%)	پروتئین (%)	چربی (%)	رطوبت (%)
۰	۱۳/۲۵±۰/۳۵	۳۰/۴۵±۲/۸	۱۲/۰۰±۰/۷۰	۷۱/۷۸±۰/۳۷
۷	۱۲/۷۵±۰/۳۵	۳۰/۶۲±۲/۳۱	۱۲/۵۰±۰/۰۰	۷۱/۰۸±۰/۴۲
۱۲	۱۳±۰/۷۰	۳۳/۲۸±۰/۲۴	۱۱/۵۰±۰/۷۰	۷۱/۴۳±۰/۴۰
۱۷	۱۳/۲۵±۰/۳۵	۳۴/۷۳±۱/۲۹	۱۱/۷۵±۰/۳۵	۷۰/۵۷±۰/۸۴
۲۲	۱۳±۰/۰۰	۳۴/۱۴±۱/۱۴	۱۲/۰۰±۰/۰۰	۷۱/۵۷±۰/۶۴

محاسبه شاخص‌های رشد و بازماندگی و راندمان غذایی

شاخص‌های رشد و بازماندگی و راندمان غذایی شامل وزن نهایی، افزایش وزن بدن (BWI)، افزایش وزن نسبی (WGR)، میانگین رشد روزانه (ADG) درصد بقاء، ضریب چاقی (CF)، نرخ رشد ویژه (SGR)، ضریب تبدیل غذایی (FCR)، ضریب کارایی پروتئین (PER)، ضریب کارایی تغذیه (FER)، شاخص کبدی (HSI)، شاخص ویسکروسوماتیک (VSI) با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شد (Zhou et al., 2008).

¹BWI = (g) وزن اولیه بدن - (g) وزن نهایی بدن

$${}^{\text{WGR}} = 100 \times \frac{[\text{وزن اولیه (g)} - \text{وزن نهایی (g)}]}{\text{وزن اولیه (g)}}$$

$${}^{\text{ADG}} = \frac{[\text{وزن اولیه (g)} - \text{وزن نهایی (g)}]}{\text{دوره پرورش (روز)}} \times 100$$

$${}^{\text{CF}} = 100 \times \frac{[\text{وزن نهایی (g)}]}{\text{طول بدن}}$$

$${}^{\text{SGR}} = \frac{[\text{Ln وزن اولیه بدن} - \text{Ln وزن نهایی بدن}]}{\text{دوره پرورش (روز)}} \times 100$$

$${}^{\text{FCR}} = \frac{\text{میزان غذای مصرف شده (g)}}{\text{میزان افزایش وزن (g)}}$$

$${}^{\text{FER}} = \frac{\text{میزان افزایش وزن (g)}}{\text{میزان غذای مصرفی (g)}}$$

$${}^{\text{PER}} = \frac{\text{میزان افزایش وزن بدن (g)}}{\text{میزان پروتئین مصرف شده (g)}}$$

سپس جهت بررسی وجود یا عدم وجود اختلاف معنی دار بین تیمارها از آنالیز واریانس یک طرفه (One way ANOVA) استفاده شد و در صورت معنی دار بودن، به کمک پس آزمون Duncan در سطح (P≤۰/۰۵) مقایسات چندگانه صورت گرفت و آزمون‌ها در محیط SPSS نسخه ۱۶ انجام شد (Zhou et al., 2008).

نتایج

بررسی اثرات جیره‌های مکمل شده یا اسید آمینه لایزین بر روند رشد و تغذیه ماهی سفیدک سیستان نتایج میانگین (±انحراف معیار) اثر سطوح مختلف اسید آمینه لایزین در جیره غذایی بر شاخص‌های رشد، بازماندگی و کارایی تغذیه در ماهی سفیدک سیستان در جدول ۱ آمده است. بررسی آماری وزن نهایی و افزایش وزن بدن نشان می‌دهد که تیمارهای مختلف تغذیه‌شده با سطوح مختلف اسید آمینه لایزین اختلاف معنی‌داری با گروه شاهد نشان دادند به طوری

7. Food Efficiency Ratio
8. Protein Efficiency Ratio

1. Body Weight Increase
2. Weight Gain Rate
3. Average Daily Growth
4. Condition Factor
5. Specific Growth Ratio
6. Feed Conversion Ratio

معنی‌داری در نرخ رشد ویژه با گروه شاهد نشان دادند به طوری که بیشترین میزان نرخ رشد ویژه بدن در تیمار ۱۷ گرم لایزین به ازای کیلوگرم جیره 0.28 ± 0.03 به دست آمد. بین تیمارهای ۷، ۱۲ و ۲۲ گرم لایزین اختلاف معنی‌داری در نرخ رشد ویژه مشاهده نشد اما نرخ رشد ویژه از ۷ گرم تا ۱۷ گرم روند افزایشی داشته و بعد از آن در تیمار ۲۲ گرم روند کاهشی را نشان داده است. فاکتور وضعیت در گروه‌های تیماری ۷ و ۲۲ گرم با گروه شاهد شاهد در سطح $(P \leq 0.05)$ اختلاف معنی-داری را نشان داده است و از تیمار ۷ تا ۱۲ گرم در کیلوگرم لایزین روند افزایشی سپس روند کاهشی را داشته و بیشترین میزان فاکتور وضعیت در تیمار ۱۲ گرم در کیلوگرم جیره مشاهده شد.

که بیشترین میزان وزن نهایی و افزایش وزن بدن در تیمار ۱۷ گرم لایزین به ازای کیلوگرم جیره به ترتیب $28/61 \pm 0/87$ و $6/27 \pm 0/94$ گرم به دست آمد. بین تیمارهای ۷، ۱۲ و ۲۲ گرم لایزین اختلاف معنی‌داری در وزن نهایی و افزایش وزن بدن مشاهده نشد اما میزان وزن نهایی و افزایش وزن بدن از ۷ گرم تا ۱۷ گرم روند افزایشی داشته و بعد از آن در تیمار ۲۲ گرم روند کاهشی را نشان داده است. بررسی آماری درصد افزایش وزن بدن و میانگین رشد روزانه نشان داد که تیمار ۱۷ گرم لایزین با سایر تیمارها و همچنین با تیمار شاهد و علاوه بر این تیمار ۱۲ و ۲۲ گرم لایزین با تیمار شاهد در سطح $(P \leq 0.05)$ اختلاف معنی‌داری دارد. تیمارهای مختلف تغذیه شده با سطوح مختلف اسید آمینه لایزین اختلاف

جدول ۲. میانگین نتایج شاخص‌های رشد و بازماندگی و راندمان غذایی ماهی سفیدک تغذیه شده با سطوح متفاوت اسید آمینه لایزین (SD± میانگین)

مقدار لایزین (g/kg diet)	۰	۷	۱۲	۱۷	۲۲
وزن اولیه (گرم)	$22/45 \pm 0/04$	$22/44 \pm 0/33$	$22/72 \pm 0/29$	$22/34 \pm 0/31$	$22/51 \pm 0/28$
وزن نهایی (گرم)	$24/69 \pm 0/53^c$	$26/20 \pm 0/32^b$	$27/30 \pm 0/85^b$	$28/61 \pm 0/87^a$	$27/21 \pm 0/79^b$
افزایش وزن بدن	$2/24 \pm 0/57^c$	$3/76 \pm 0/65^{bc}$	$4/57 \pm 1/12^b$	$6/27 \pm 0/94^a$	$4/61 \pm 0/74^b$
افزایش وزن نسبی	$9/97 \pm 2/56^c$	$16/80 \pm 3/18^{bc}$	$20/18 \pm 5/33^b$	$28/09 \pm 4/36^a$	$20/42 \pm 3/34^b$
میانگین رشد روزانه	$5/89 \pm 1/50^c$	$9/90 \pm 1/71^{bc}$	$12/04 \pm 3/01^b$	$16/50 \pm 2/48^a$	$12/14 \pm 1/94^b$
نرخ رشد ویژه	$0/10 \pm 0/02^c$	$0/17 \pm 0/03^b$	$0/20 \pm 0/05^b$	$0/28 \pm 0/03^a$	$0/21 \pm 0/03^b$
درصد بقا	$80/95 \pm 16/49^a$	$90/47 \pm 16/49^a$	$90/47 \pm 16/49^a$	$95/23 \pm 8/24^a$	$76/19 \pm 29/73^a$
فاکتور وضعیت	$0/79 \pm 0/01^a$	$0/68 \pm 0/02^b$	$0/77 \pm 0/02^a$	$0/73 \pm 0/03^{ab}$	$0/70 \pm 0/05^b$
ضریب تبدیل غذایی	$8/54 \pm 2/6^a$	$8/56 \pm 2/41^a$	$5/72 \pm 0/70^{ab}$	$4/71 \pm 0/73^b$	$5/2 \pm 0/35^b$
ضریب کارایی تغذیه	$0/12 \pm 0/04^b$	$0/12 \pm 0/03^b$	$0/17 \pm 0/02^{ab}$	$0/20 \pm 0/02^a$	$0/16 \pm 0/02^{ab}$
شاخص کبدی	$1/96 \pm 0/06^a$	$1/47 \pm 0/05^{ab}$	$1/18 \pm 0/73^{ab}$	$1/90 \pm 0/16^a$	$1/05 \pm 0/09^b$
شاخص ویسکروسماتیک	$6/87 \pm 0/21^{ab}$	$7/10 \pm 1/01^{ab}$	$6/19 \pm 1/05^b$	$7/82 \pm 0/30^a$	$5/81 \pm 0/73^b$
ضریب کارایی پروتئین	$0/09 \pm 0/01^a$	$0/16 \pm 0/01^a$	$0/16 \pm 0/06^a$	$0/17 \pm 0/26^a$	$0/11 \pm 0/21^a$

حروف غیر مشابه در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح $(P \leq 0.05)$ می‌باشد.

بررسی آماری ضریب تبدیل غذایی نشان داد که با افزایش سطوح اسید آمینه لایزین، ضریب تبدیل غذایی تا تیمار ۱۷ گرم کاهش و بعد از آن افزایش را نشان داده است و به علاوه تیمار ۱۷ و ۲۲ گرم لایزین

میزان ضریب کارایی تغذیه از ۷ گرم تا ۱۷ گرم روند افزایشی داشته و بعد از آن در تیمار ۲۲ گرم روند کاهشی را نشان داده است و اختلاف معنی‌داری بین تیمار ۱۷ گرم با تیمار ۷ و با شاهد مشاهده شد.

آنالیز بیوشیمیایی لاشه

نتایج آنالیز بیوشیمیایی ترکیبات لاشه در ماهی سفیدک سیستان در ابتدا و پایان دوره در جدول ۳ آمده است. همان‌طور که از جدول پیداست چربی و رطوبت تحت تأثیر سطوح مختلف اسید آمینه لایزین قرار نگرفته است و اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف با هم و با گروه شاهد و ماهی اولیه مشاهده نشد. همچنین خاکستر سطوح مختلف اسید آمینه لایزین اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان ندادند. اما میزان پروتئین لاشه از ۷ گرم تا ۱۷ گرم روند افزایشی و در تیمار ۲۲ گرم در کیلوگرم جیره روند کاهشی را نشان داده است. بیشترین میزان پروتئین لاشه مربوط به تیمار ۱۷ گرم با $69/74 \pm 3/50$ درصد پروتئین به‌دست آمد.

با تیمار ۷ و شاهد در سطح ($P \leq 0/05$) اختلاف معنی‌داری را نشان داده‌اند. کمترین میزان ضریب تبدیل غذایی مربوط به تیمار ۱۷ گرم لایزین بود. بررسی آماری شاخص کبدی نشان داد که تیمار ۲۲ گرم لایزین با تیمار ۱۷ گرم و شاهد اختلاف معنی‌داری دارد. بررسی آماری شاخص ویسکروسوماتیک نشان داد که تیمار ۱۷ گرم لایزین با تیمار ۱۲ و ۲۲ گرم لایزین در کیلوگرم جیره اختلاف معنی‌داری دارد. کمترین میزان شاخص کبدی و شاخص ویسکروسوماتیک در تیمار ۲۲ گرم لایزین به‌دست آمد. بررسی آماری ضریب کارایی پروتئین نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تیمارها با هم و با شاهد مشاهده نشد و بیشترین میزان ضریب کارایی پروتئین در تیمار ۱۷ گرم لایزین در کیلوگرم جیره مشاهده شد.

جدول ۳. نتایج آنالیز بیوشیمیایی ترکیبات لاشه در ماهی اولیه و پایان هفته هشتم در ماهی سفیدک سیستان

مقدار لایزین (g/kg diet)	خاکستر (%)	پروتئین (%)	چربی (%)	رطوبت (%)
۰	$2/44 \pm 1/0^a$	$63/15 \pm 0/29^b$	$13/73 \pm 2/54^a$	$72/87 \pm 2/80^a$
۷	$2/73 \pm 0/25^a$	$66/08 \pm 3/50^{ab}$	$12/64 \pm 1/51^a$	$74/85 \pm 4/12^a$
۱۲	$2/86 \pm 2/25^a$	$66/41 \pm 1/01^{ab}$	$12/02 \pm 0/50^a$	$74/82 \pm 2/07^a$
۱۷	$2/43 \pm 2/00^a$	$69/74 \pm 3/50^a$	$13/61 \pm 2/11^a$	$73/80 \pm 0/10^a$
۲۲	$2/80 \pm 1/40^a$	$64/81 \pm 2/28^b$	$13/63 \pm 1/02^a$	$71/88 \pm 6/33^a$
ماهی اولیه	$2/54 \pm 0/50^a$	$63/50 \pm 2/40^b$	$11/57 \pm 1/66^a$	$73/30 \pm 0/10^a$

حروف غیر مشابه در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ($P \leq 0/05$) می‌باشد.

بحث

حاضر افزودن اسید آمینه حتی در تیمار ۷ گرم باعث افزایش وزن نسبت به تیمار شاهد شده است. تحقیقات نشان داده است که افزودن اسید آمینه لایزین به جیره‌های غذایی که با کمبود این اسید آمینه روبرو هستند باعث بهبود وزن در گربه‌ماهی کانالی (Zarate & Lovell, 1997) و کپور معمولی (Viola & Lahav, 1991) پرورش‌یافته در استخر و آکواریوم شده است. در مطالعه حاضر افزایش سطح اسید آمینه لایزین در جیره ماهی سفیدک سیستان باعث افزایش در وزن نهایی، میانگین رشد روزانه، رشد نسبی، شاخص رشد ویژه و ضریب کارایی تغذیه

بر اساس منابع علمی متیونین و لایزین دو اسید آمینه محدودکننده در جیره‌های غذایی انواع ماهیان از جمله ماهیان گرمابی هستند (Lovell, 1989) مکمل غذایی اسید آمینه‌ای یا مشتقات غذایی به‌عنوان پیش‌ساز متابولیسم و یا ترکیبی از این دو، راه‌های جدیدی را برای تهیه غذاهایی با اسیدهای آمینه متعادل ایجاد می‌کنند که می‌تواند اثرات زیست‌محیطی را بر موجودات آبی جبران کند، عملکرد رشد را بهبود دهد و باعث سودآوری صنعت آبی‌پروری گردد (Li et al., 2009). در مطالعه

میزان پایین تری داشته است که مطابق با نتایج مطالعه حاضر بود. طبق یافته‌های این پژوهش، بالاترین مقدار پروتئین لاشه در تیمار ۱۷ گرم لایزین در کیلوگرم جیره با $69/74 \pm 3/50$ درصد و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد و ۲۲ گرم به ترتیب با $63/15 \pm 0/29$ و $64/81 \pm 2/28$ درصد به دست آمد که مطابق با نتایج به دست آمده در مطالعه Zhou et al. (2008) بوده که بیشترین میزان پروتئین لاشه در تیمار ۱۶ گرم لایزین در کیلوگرم جیره خشک ماهی *Cyprinus carpio* var. Jian با $14/4 \pm 4$ درصد پروتئین مشاهده شده است. افزایش مقدار پروتئین لاشه با افزایش میزان لایزین جیره تا سطح ۱۷ گرم در کیلوگرم جیره می‌تواند به دلیل افزایش در مصرف پروتئین و افزایش قابلیت هضم و جذب آن باشد. بنابراین ماهیان همه چیزخوار برخلاف ماهیان گوشت خوار افزایش مقدار پروتئین جیره را به شکل مؤثری جهت رشد و بهبود ترکیب لاشه استفاده نمی‌کنند، بلکه مازاد آن به شکل چربی و انرژی تبدیل می‌شود (Khamar et al., 2015). در نتیجه کاهش پروتئین لاشه در سطح بالاتر از ۱۷ گرم در کیلوگرم جیره و افزایش چربی بدن ماهی در تیمار ۲۲ گرم لایزین می‌تواند به دلیل کاهش در مصرف پروتئین، کاهش قابلیت جذب آن و یا تبدیل پروتئین مازاد به چربی باشد. افزایش سطوح مختلف لایزین جیره باعث کاهش در میزان رطوبت بدن ماهی سفیدک سیستان شده که Zhou et al. (2008) در مورد ماهی کپور معمولی نتایج مشابهی را گزارش دادند. ترکیب شیمیایی بدن ماهی همواره ارتباط بسیار نزدیکی به ترکیبات جیره غذایی، درصد و مقدار غذایی روزانه دارد (Razavi Shirazi, 2002). عملکرد رشد بالا در ۱۷ گرم لایزین در کیلوگرم جیره در مطالعه حاضر در ماهی سفیدک سیستان ($1/5$ درصد پروتئین جیره) تقریباً مشابه با نتایج مطالعات قبلی که $3/5$ درصد برای ماهی *Cobia*, *Rachycentron canadum* Zhou et al. (2007)، $5/5$ درصد برای ماهی *Acipenser*

تا تیمار ۱۷ گرم لایزین در کیلوگرم جیره شده و بعد از آن کاهش یافته است که مشابه با نتایج Lin et al. (2012) در ماهی *Myxocyprinus asiaticus* بوده که افزایش سطح اسید آمینه لایزین از $23/1$ تا $98/2$ درصد ماده خشک باعث افزایش شاخص‌های رشد و کارایی تغذیه شده و بعد از آن کاهش داشته است. بسیاری از نویسندگان گزارش داده‌اند افزایش در میزان پروتئین جیره تا سطح بهینه در گونه‌های همه چیزخوار منجر به افزایش رشد مطلوب می‌شود، اما بیشتر از این میزان نه تنها منجر به افزایش رشد نمی‌شود بلکه ممکن است رشد را کاهش دهد (Kim & Lall, 2001). Zhou et al. (2008) گزارش کردند جیره حاوی ۱۹ گرم لایزین در کیلوگرم جیره خشک باعث افزایش در وزن نهایی، وزن نسبی، SGR و همچنین کاهش FCR در مقایسه با جیره حاوی ۲۲ گرم لایزین در کیلوگرم جیره خشک در ماهی کپور *Cyprinus carpio* var. Jian شده است که مطابق با نتایج به دست آمده در این پژوهش می‌باشد. در مطالعه حاضر ضریب تبدیل غذایی از تیمار ۷ تا ۱۷ گرم روند کاهشی بعد از آن افزایش یافته است اگرچه بین سه تیمار غذایی ۱۲، ۱۷ و ۲۲ گرم لایزین اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ولی کمترین میزان ضریب تبدیل غذایی در تیمار ۱۷ گرم $71/4 \pm 73/0$ مشاهده شد. در این تحقیق ضریب تبدیل غذایی پایین‌تری پیش‌بینی می‌شد که احتمالاً از دلایل بالا بودن FCR شرایط محیطی آکواریوم‌ها بوده که شرایط محیطی دشوارتری را نسبت به شرایط استخرخاکی برای این گونه حساس ایجاد می‌کند. نتایج بررسی حاضر در خصوص بی‌تأثیر بودن افزودن لایزین بر درصد بازماندگی با یافته‌های Bicudo et al. (2009) در خصوص ماهی *pacu* و تحقیق Zhang et al. (2008) در ماهی *Pseudosciaena crocea* مشابهت دارد. نتایج Yang et al. (2010) نشان داد که شاخص کبدی در جیره‌های دارای اسید آمینه لایزین نسبت به جیره فاقد اسید آمینه (شاهد)

درصد در مطالعه Ketola (1983) بوده است. تفاوت‌های مشاهده شده در میزان نیاز ماهیان به سطوح مختلف لایزین در جیره‌های غذایی ممکن است به دلیل تفاوت‌های منابع پروتئینی جیره، فرمولاسیون غذا، پروتئین پایه، سن و اندازه ماهی، تفاوت‌های ژنتیکی، نحوه غذادهی (Kim *et al.*, 1992) و شرایط پرورشی (Forster & Ogata, 1998) باشد. بر اساس نتایج به‌دست آمده تیمار ۱۷ گرم لایزین در کیلوگرم جیره مقدار مناسب برای استفاده در فرمولاسیون جیره غذایی ماهی سفیدک سیستان می‌باشد.

(Ng & Hung, 1995) *transmontanus* ۸۹/۵، درصد برای ماهی امور (Wang *et al.*, 2005) ۸۰/۵، درصد برای ماهی *Lateolabrax japonicus* (Mai *et al.*, 2006) ۸۹/۵، درصد برای ماهی کپور معمولی (Wang *et al.*, 2005) و بیشتر از مقدار نتایج گزارش شده برای ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان که ۷/۳ درصد (Kim *et al.*, 1992) و ۸/۳ درصد برای کوهو سالمون (Arai & Ogata, 1991) بوده و همچنین نتایج مطالعه حاضر کمتر از مقدار گزارش شده برای ماهی کاتلا ۲/۶ (Ravi & Devaraj, 1991) و ۱/۶

REFERENCES

- Ahmed, I.; Khan, M.A.; (2004). Dietary lysine requirement of fingerling India major carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). *Aquaculture*; 235: 499-511.
- AOAC.; (1990). *Official methods of analysis*, 15th edn. 1298pp. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia, USA.
- Arai, S.; Ogata, H.; (1991). Quantitative amino acid requirements of fingerling coho salmon. In: M.R. Collie, J.P. McVey (Eds.). *Proceedings of the Twentieth US-Japan Symposium on Aquaculture Nutrition*. UJNR Department of Commerce, Newport, OR, USA. pp: 19-28.
- Bascinar, N.; Cakmak, E.; Cavdar, Y.; Aksungur, N.; (2007). The effect of feeding frequency on growth performance and feed conversion rate of Black Sea trout (*Salmo trutta labrax* Pallas, 1811). *TrJFAS*; 7: 13-17.
- Bhosale, S.V.; Bhilave, M.P.; Nadaf, S.B.; (2010). Formulation of Fish Feed using Ingredients from Plant Sources. *RJAS*; 1(3): 284-287.
- Bicudo, A.J.A.; Sado, R.Y.; Cyrino, J.E.P.; (2009). Growth and haematology of pacu, *Piaractus mesopotamicus*, fed diets with varying protein to energy ratio. *Aquac. Res*; 40: 486-495.
- Forster, I.; Ogata, H.Y.; (1998). Lysine requirement of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* and juvenile red sea bream *Pagrus major*. *Aquaculture*; 161: 131-142.
- Gan, L.; Lio, Y.J.; Tian, L.; Yang, H.; Yue, Y.; Chen, Y. *et al.*; (2012). Effect of dietary protein reduction with lysine and methionine supplementation on growth performance, body composition and total ammonia nitrogen excretion of juvenile grass carp, *Ctenopharyngodon idella*. *Aquaculture nutrition*; 18: 589-598.
- Gharaei, A.; Rahdari, A.; Ghaffari, M.; (2010). *Schizothorax zarudnyi* as a potential species for aquaculture. Conference on farming the waters for people and food. September 22-25, Thailand.
- Hardy, R.W.; (2010). Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. *Aquaculture Res*; 41(5): 770-776.
- Hosseini, S.M.; Hosseini, S.A.; Soudagar, M.; (2013). Effects of dietary free L-Lysine on growth performance and muscle composition of Beluga *Huso huso* (Linnaeus 1785) juveniles. *Int J Aqua Biol*; 1(2): 42-47.
- Jones, K.A.; (1992). Food search behavior in fish and the use of

- chemical lures in commercial and sports fishing. In: T.J. Hara (Ed.) Fish Chemoreception. Chapman and Hall, London. pp: 288-320.
13. Ketola, H.G.; (1983). Requirement for dietary lysine and arginine by fry of rainbow trout. *Animal Sci*; 56: 101-107.
 14. Khamar, R.; Gharaei, A.; Ghaffari, M.; Rahdari, A.; (2015). Effect of different levels of the diet protein on growth, and body composition of finger ling snow trout (*Schizothorax zarudnyi* Nikolskii, 1897). *Oceanology*; 6: 11-18.
 15. Kim, K.I.; Kayes, T.B.; Amundson, C.H.; (1992). Requirements for lysine and arginine by rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*; 106: 333-344.
 16. Kim, J.D.; Lall, S.P.; (2001). Effects of dietary protein level on growth and utilization of protein and energy by juvenile haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). *Aquaculture*; 195: 311-319.
 17. Lee, P.G.; Meyers, S.; (1996). Chemo attraction and feeding stimulation in crustacean. *Aquaculture Nutrition*; 2: 157-164.
 18. Li, M.; Manning, B.B.; Robinson, E.H.; (2004). Effect of daily intake on feed efficiency of juvenile channel catfish. *J World Aquac Soc*; 29: 156-161.
 19. Li, P.; Mai, K.S.; Trushenski, J.; Wu, G.Y.; (2009). New developments in fish amino acid nutrition: towards functional and environmentally oriented aqua feeds. *Amino Acids*; 37: 43-53.
 20. Lin, Y.; Gong, Y.; Yuan, Y.; Gong, Sh.; Yu, D.; Li, Q.; Luo, Zh.; (2012). Dietary l-lysine requirement of juvenile Chinese sucker, *Myxocyprinus asiaticus*. *Aquaculture Research*; 44: 1539-1549.
 21. Lovell, R.T.; (1989). Nutrition and Feeding of Fish. Van Nostr and Reinhold, New York, NY, USA. 268pp.
 22. Mai, K.; Zhang, L.; Ai, Q.; Duan, Q.; Zhang, C.; Li, H. *et al.*; (2006). Dietary lysine requirement of juvenile Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. *Aquaculture*; 258: 535-542.
 23. Ng, W.; Hung, S.S.O.; (1995). Estimating the ideal dietary essential amino acid pattern for growth of white sturgeon, *Acipenser transmontanus*. *Aquaculture Nutrition*; 1: 85-94.
 24. Rahdari, A.; Esazaei, N.; (2000). Identifying fish Sistan region. Thesis Fisheries Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Zabol, 67 pages.
 25. Ravi, J.; Devaraj, K.V.; (1991). Quantitative essential amino acid requirements for growth of catla, *Catla catla* (Hamilton). *Aquaculture*; 96: 281-291.
 26. Razavi Shirazi, H.; (2002). Marin production technology. *Naghshe mehr*. 292p.
 27. Van den Ingh, T.S.G.A.; Olli, J.J.; Krogdahl, A.; (1996). Alcohol-soluble components in soybeans cause morphological changes in the distal intestine of Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *J Fish Dis*; 19: 47-53.
 28. Viola, S.; Lahav, E.; (1991). Effects of lysine supplementation in practical carp feeds on total protein sparing and reduction of pollution. *Israeli Journal of Aquaculture Bamidgah*; 43: 112-118.
 29. Walton, M.J.; Cowey, C.B.; Adron, J.W.; (1984). The effect of dietary lysine levels on growth and metabolism of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Brit J Nutrition*; 52: 115-122.
 30. Wang, S.; Liu, Y.J.; Tian, L.X.; Xie, M.Q.; Yang, H.J.; Wang, Y. *et al.*; (2005). Quantitative dietary lysine requirement of juvenile grass carp, *Ctenopharyngodon idella*. *Aquaculture*; 249: 419-429.
 31. Wilson, R.P.; (1989). Amino acids and proteins. pp: 111-151 in *Fish Nutrition 2nd ed* J.E. Halver, ed, New York: Academic Press.
 32. Yang, H.J.; Liu, Y.J.; Tian, L.X.; Gui, Ying Liang, G.Y.; Lin, H.R.; (2010). Effects of Supplemental Lysine and

- Methionine on Growth Performance and Body Composition for Grass Carp (*Ctenopharyngodon idella*), American J Agri Biol Sci; 5: 222-227.
33. Zhang, C.H.; Ai, Q.; Mai, K.; Tan, B.; Li, H.; Zhang, L.; (2008). Dietary lysine requirement of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea* R. Aquaculture; 283: 123-127.
34. Zarate, D.D.; Lovell, R.T.; (1997). Free lysine (L-lysine. HCl) is utilized for growth less efficiently than protein-bound lysine (soybean meal) in practical diets by young channel catfish, *Ictalurus punctatus*. Aquaculture; 159: 87-100.
35. Zhou, Q.C.; Wu, Z.H.; Chi, S.Y.; Yang, Q.H.; (2007). Dietary lysine requirement of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). Aquaculture; 273: 634-640.
36. Zhou, X.Q.; Zhao, C.R.; Jiang, J.; Feng, L.; Liu, Y.; (2008). Dietary lysine requirement of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* Var. Jian). Aquaculture Nutrition; 14: 381-386.