مقاله علمی – پژوهشی:

اثرات سطوح مختلف اسیدآمینه‌های لایزین و متیونین جیره بر عملکرد رشد، درصد بازماندگی و ترکیب بدن ماهی سفید (*Rutilus frisii*)

رضا طاعتی*[1]، محمد صیادبورانی[2]، فرشاد پورکاظم[1]

*r.taati@gmail.com

۱- گروه شیلات، واحد تالش، دانشگاه آزاد اسلامی، تالش. ایران
۲- پژوهشکده آبزی‌پروری آبهای داخلی، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرانزلی، ایران

تاریخ دریافت: خرداد ۱۴۰۳ تاریخ پذیرش: مرداد ۱۴۰۳

چکیده

هدف تحقیق حاضر، تعیین اثرات سطوح متفاوت اسیدآمینه‌های لایزین و متیونین جیره بر رشد، بازماندگی و ترکیب لاشه ماهی سفید (*Rutilus frisii*) است. تعداد ۱۴۴ عدد بچه ماهی سفید با میانگین وزنی ۰/۷۸±۳/۵۱ گرم در ۱۲ مخزن فایبرگلاس ۱۰۰ لیتری با تراکم ۱۲ عدد در هر مخزن توزیع شدند. پس از یک هفته سازگاری، بچه ماهیان با چهار جیره آزمایشی شامل جیره ۱- شاهد (بدون اسیدآمینه افزوده شده)، جیره ۲- ۱ درصد متیونین+۳ درصد لایزین، جیره ۳- ۲ درصد متیونین+۲ درصد لایزین و جیره ۴- ۳ درصد متیونین+۱ درصد لایزین در ۳ تکرار برای مدت ۵۶ روز تغذیه شدند. نتایج نشان داد که ماهیان تغذیه شده با سطح ۳ درصد متیونین+۱ درصد لایزین (جیره ۴) افزایش معنی‌داری در پارامترهای وزن نهایی (۰/۳۰±۶/۷۵ گرم)، طول کل نهایی (۰/۱۰±۹/۲۱ سانتی‌متر)، وزن کسب شده (۰/۴۸±۳/۲۲ گرم)، افزایش وزن بدن (۱۳/۳۸±۹۵/۷۶ درصد) و سرعت رشد ویژه (۰/۰۹±۱/۲۰ درصد در روز) ثبت کردند ($p<0/05$). ضریب تبدیل غذایی در جیره مذکور به طور معنی‌داری ($p<0/05$) بهبود یافت. اختلاف معنی‌داری در ضریب چاقی، ضریب کارایی پروتئین و نرخ ماندگاری بین تیمارهای غذایی مشاهده نشد ($p>0/05$). تفاوت معنی‌داری در میزان پروتئین لاشه بین ماهیان تغذیه شده با سطوح مختلف لایزین و متیونین جیره با گروه شاهد ثبت گردید ($p<0/05$) به‌طوری‌که ماهیانی که با جیره حاوی ۳ درصد متیونین+۱ درصد لایزین تغذیه شده بودند، نشانگر بیشترین میزان پروتئین لاشه (۰/۳۵±۱۶/۶۹ درصد) بودند ($p<0/05$). همچنین ماهیان تغذیه شده با جیره شاهد و جیره ۳ نیز دارای بیشترین ($p<0/05$) محتوای چربی لاشه بودند. به‌علاوه، اختلافات معنی‌داری در مقادیر خاکستر و رطوبت بین تیمارهای آزمایشی ثبت گردید ($p<0/05$). با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان اظهار نمود که سطح ۳ درصد متیونین+۱ درصد لایزین برای ماهی سفید دریای خزر بهینه محسوب می‌شود.

لغات کلیدی: ماهی سفید، اسیدآمینه ضروری، کارایی تغذیه، کیفیت لاشه

*نویسنده مسئول

Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-28]

مقدمه

یکی از ماهیان بسیار اقتصادی و منحصربه فرد دریای خزر، ماهی سفید است که شامل حدود ۵۰ درصد از صید ماهیان استخوانی می‌شود (Daryanabard, 2023). این ماهی، به علت داشتن گوشت بسیار خوشمزه، از استقبال زیادی بین مصرف‌کنندگان برخوردار است. به دلیل ساخت سدها، برداشت شن و ماسه از بستر رودخانه‌ها، ورود انواع آلاینده و سایر دخالت‌های انسانی بسیاری از زیستگاه‌های مناسب جهت تولیدمثل طبیعی این ماهی از بین رفته است (Khanipour and Valipour, 2010). در سال‌های اخیر، تکثیر مصنوعی و رهاسازی بچه ماهیان باعث بهبود نسبی ذخایر ماهی سفید شده، ولی پاسخگوی تقاضای زیاد این ماهی نبوده به‌طوری‌که از قیمت بالایی برخوردار است. لذا، با افزایش تولید ماهی سفید از طریق پرورش، امکان عرضه بیشتر آن در کشور و بالا رفتن مصرف سرانه این آبزی فراهم می‌شود (Ahmadnezhad *et al*., 2022; Valipour *et al*., 2023).

دستیابی به فرمولاسیون غذایی استاندارد برای تهیه جیره‌های غذایی ماهیان مطابق با نیازهای تغذیه‌ای آنها طی مراحل مختلف رشد، توجه بسیاری از محققان را جلب کرده است. در نتیجه، شناخت از تغذیه ماهی به منظور درک مکانیزم هضم و جذب خوراک در گونه‌های ماهیان، ضروری است. تولید موفقیت‌آمیز و سودآور پرورش ماهی بدون تغذیه صحیح امکان‌پذیر نیست (Jafri and Hassan, 1999). اولین گام مؤثر در تولید جیره غذایی کم هزینه با کارایی بالا، تعیین احتیاجات پروتئینی، کیفیت آن و برقراری تعادل بین اسیدهای‌آمینه مختلف است (Coutinho *et al*., 2012). آگاهی از میزان نیاز به اسیدآمینه‌های ضروری متیونین و لایزین در جیره‌های غذایی مبتنی بر پروتئین سویا برای ماهیان پرورشی (Marcouli *et al*., 2006) منجر به جلب بچه ماهیان به غذا، افزایش رشد و بهبود کارایی غذا می‌گردد (Kitagima and Fracalossi, 2011).

لایزین یک اسیدآمینه ضروری است که نقش مهمی در میزان پروتئین مورد نیاز و صرفه‌جویی در مصرف پروتئین دارد. لایزین در انتقال اسیدهای چرب زنجیره بلند به میتوکندری جهت اکسیداسیون نقش مهمی ایفاء می‌کند (Zhang, 2018). این مکمل در جذب کلسیم و تشکیل کلاژن نقش تعیین‌کننده‌ای دارد. افت سطح لایزین باعث کاهش سنتز پروتئین می‌شود و تأثیر منفی بر ساخت کلاژن و ماهیچه می‌گذارد (Zhou *et al*., 2011; Xie *et al*., 2012). سطوح مناسب لایزین سبب کاهش دفع نیتروژن آمونیاکی و فسفر محلول از ماهی می‌شود (Cheng *et al*., 2003). یکی دیگر از اسیدهای آمینه ضروری متیونین است که کمبود آن موجب کاهش رشد، افت کارایی تغذیه و بروز آب مروارید می‌گردد (Goff and Galtin, 2004). متیونین موجب سنتز سیستئین می‌شود (Poppi *et al*., 2017) و در مراحل اولیه سنتز پروتئین، نقش مهمی دارد و به عنوان پیش‌ساز کولین به‌حساب می‌آید (Willke, 2014). در دسترس بودن متیونین بر چندین مسیر متابولیک مختلف از جمله اکسیداسیون اسیدهای چرب، وضعیت فسفولیپید، سنتز کراتین، تولید اسید صفراوی و قابلیت دسترسی به پلی‌آمین تأثیر می‌گذارد (Espe *et al*., 2015).

اثرات لایزین و متیونین به صورت مجزا و در ترکیب با یکدیگر در فیل‌ماهی (*Huso huso*) (Peik Mousavi *et al*., 2010; Mohseni *et al*., 2016, 2020)، تاس‌ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) (Pourali Foshtomi *et al*., 2014)، کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) (Sadat Hosseini *et al*., 2014)، کپور علف‌خوار (آمور) (*Ctenopharyngodon idella*) (Yang *et al*., 2010; Jiang *et al*., 2016)، صبیتی (Yaghoubi *et al*., 2016; Beirami *et al*., 2017)، سوکلا (*Rachycentron canadum*) (Nguyen *et al*., 2019) و ماهی سفید (*Rutilus frisii*) (Zoheiri *et al*., 2022) بررسی گردیده و نتایج ضد و نقیضی ارائه گردیده است. در مطالعه Li و همکاران (۲۰۰۹) ترکیب لایزین و متیونین با هم نسبت به تفکیک این دو مکمل در جیره غذایی ماهیان جهت دستیابی به رشد بیشتر، مطلوب‌تر است. از این‌رو، با توجه به محدود بودن اطلاعات درخصوص اثرات ترکیبی لایزین و متیونین در ماهی سفید، هدف مطالعه حاضر، بررسی تأثیر سطوح مختلف لایزین و متیونین در جیره غذایی بچه ماهی سفید دریای خزر با تأکید بر رشد، بازماندگی و ترکیب بدن آن است.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-28]

مواد و روش کار

طراحی آزمایش

این مطالعه در زمستان سال ۱۴۰۱ در ایستگاه تحقیقاتی تخصصی تغذیه و غذای زنده آبزیان (ساحل غازیان) پژوهشکده آبزی‌پروری آبهای داخلی بندرانزلی اجرا گردید. بچه ماهیان سفید از استخر خصوصی (محل اجرای پروژه ملی بازسازی ذخایر ماهیان سفید) واقع در قروق تالش، گیلان تهیه شدند. تعداد ۱۴۴ عدد ماهی سفید با میانگین وزنی ۰/۷۸±۳/۵۱ گرم و میانگین طول کل ۰/۵۷±۷/۸۰ سانتی‌متر با تراکم ۱۲ عدد در هر مخزن در ۱۲ مخزن فایبرگلاس ۱۰۰ لیتری با حجم آبگیری ۸۰ لیتر، تجهیز شده به سیستم هواده مرکزی با استفاده از آب شهر کلرزدایی شده با دبی ۰/۸ لیتر در ثانیه (Taati *et al.*, 2019) ذخیره‌سازی شدند. روزانه به میزان ۵۰-۳۰ درصد تعویض آب انجام گرفت. دوره نوری به صورت ۱۰ ساعت روشنایی و ۱۴ ساعت تاریکی تنظیم گردید. برای جلوگیری از خروج ماهیان، سطح مخازن با توری پوشانده شد. بچه ماهیان به مدت یک هفته با جیره پایه و محیط جدید پرورشی سازگار شدند. تیماربندی به صورت طرح کاملاً تصادفی و در چهار تیمار با سه تکرار شامل تیمار ۱- شاهد (بدون اسیدآمینه افزوده شده)، تیمار ۲- ۱ درصد متیونین+۳ درصد لایزین، تیمار ۳- ۲ درصد متیونین+۲ درصد لایزین و تیمار ۴- ۳ درصد متیونین+۱ درصد لایزین طراحی شد (Webster and Lim, 2002; Yang *et al.*, 2010; Sadat Hosseini *et al.*, 2014). فراسنجه‌های فیزیکوشیمیایی آب شامل اکسیژن و pH با استفاده از دستگاه دیجیتال WTW(Multi 340i/SET) ساخت آلمان و دما با دماسنج دیجیتال اندازه‌گیری شدند. میانگین دما، اکسیژن محلول و pH آب طی دوره پرورش به‌ترتیب برابر با ۱۱/۹۳±۲۶/۱ درجه سانتی‌گراد، ۰/۲۹±۷/۵۶ میلی‌گرم در لیتر و ۰/۴۶±۷/۳۹ بودند.

آماده‌سازی جیره‌های غذایی و غذادهی

جیره پایه اکسترود از شرکت خوراک دام و آبزیان مازندران MANAQUA تهیه گردید (Rufchaei *et al.*, 2020; Zoheiri *et al.*, 2022). ترکیب تقریبی جیره‌های آزمایشی براساس استاندارد AOAC (۲۰۱۶) در جدول ۱ و پروفایل اسیدهای‌آمینه جیره‌های غذایی در جدول ۲ ارائه شده‌اند. ابتدا جیره پایه به صورت کامل پودر گردید و سپس اسیدآمینه‌های ال-لایزین و ال- متیونین با خلوص ۹۹ درصد (شرکت Degussa) Industries AG Evonik، هاناو، آلمان) در چهار تیمار مذکور به جیره پایه افزوده شدند. مقادیر تعیین شده لایزین و متیونین با مقدار کمی از جیره مخلوط و سپس به مابقی جیره افزوده شد و به مدت ۲۰ دقیقه با همزن برقی به طور کامل مخلوط شده تا همگن شود. پس از افزودن آب به ترکیب و تشکیل خمیر، مخلوط به چرخ‌گوشت منتقل تا تبدیل به پلت استوانه‌ای گردد. پلت به‌دست آمده در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شد. به منظور یکسان‌سازی شرایط آزمایش، فرایندهای مذکور (به‌جز افزودن اسیدهای آمینه)، برای جیره شاهد انجام گرفت. در نهایت، جیره‌ها بسته‌بندی و تا زمان مصرف در فریزر در دمای ۱۴- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. یک ساعت قبل از توزیع غذا، جیره‌ها از فریزر خارج و پس از هم‌دما شدن با محیط به صورت دستی به ماهیان داده شد. تغذیه ماهیان روزانه در ساعات (۸ صبح، ۱۴ عصر و ۲۰ شب) (Mahmoodi *et al.*, 2015) تا حد سیری ظاهری (Amirisendesi *et al.*, 2020) به مدت ۸ هفته به اجرا درآمد.

جدول ۱: تجزیه تقریبی جیره‌های آزمایشی مورد استفاده در تغذیه بچه ماهیان سفید

Table 1: Proximate analysis of experimental diets used in feeding of Caspian Kutum fingerlings

Proximate analysis (% dry matter)	Experimental diets			
	Treatment 1: Control (No added Amino acids)	Treatment 2: 1% Methionine +3% Lysine	Treatment 3: 2% Methionine +2% Lysine	Treatment 4: 3% Methionine +1% Lysine
Protein	52.32	51.94	52.18	52.53
Lipid	14.09	13.96	14.13	14.06
Ash	12.51	12.39	12.57	12.86
Fiber	1.11	1.23	1.35	0.98
Moisture	10.11	9.95	10.34	10.88
Digestible Energy (Kcal/Kg)	4708	4703	4709	4707

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-28]

جدول ۲: پروفایل اسیدهای آمینه جیره‌های آزمایشی بچه ماهیان سفید (n=1)

Table 2: Amino acids profile of experimental diets of Caspian Kutum fingerlings

Amino acids Profile (g/100g dry matter)	Experimental diets			
	Treatment 1: Control (No added Amino acids)	Treatment 2: 1% Methionine +3% Lysine	Treatment 3: 2% Methionine +2% Lysine	Treatment 4: 3% Methionine +1% Lysine
Essential Amino acids				
Histidine	11.08	10.34	9.85	10.09
Arginine	12.57	13.51	12.64	13.59
Threonine	12.04	12.51	11.69	12.28
Valine	13.16	13.02	13.67	14.21
Methionine	10.62	11.62	12.45	14.79
Isoleucine	18.75	16.75	19.23	19.76
Leucine	25.86	29.24	26.37	27.14
Phenylalanine	16.64	16.40	13.15	16.12
Lysine	23.35	31.17	28.67	26.24
Non-Essential Amino acids				
Aspartic Acid	28.25	23.70	27.64	29.31
Glutamic Acid	56.29	49.40	55.28	59.34
Serine	18.50	17.95	17.03	18.94
Glycine	16.60	16.27	16.24	16.58
Alanine	27.31	26.31	25.33	27.56
Proline	19.77	18.87	18.43	19.80
Tyrosine	15.74	16.01	14.61	15.32
Cysteine	5.23	5.36	5.12	6.31

سنجش فراسنجه‌های رشد

اندازه‌گیری وزن با استفاده از ترازوی دیجیتال و طول‌کل ماهیان با کمک خط‌کش مدرج صورت گرفت. قبل از انجام زیست‌سنجی، بچه ماهیان سفید به مدت یک روز کامل گرسنه نگه‌داشته شدند تا لوله گوارش کاملاً تخلیه گردد. فراسنجه‌های رشد طبق فرمول‌های ذیل محاسبه شدند:

Weight gain (WG; g) = $W_2 - W_1$

Body Weight Increase (BWI; %) = $[WG/ W_1] \times 100$

Specific Growth Rate (SGR; %/day) = $100 \times [\ln W_2 - \ln W_1/t]$

Protein efficiency Ratio (PER) = Weight Gain / Protein Intake

Feed Conversion Ratio (FCR) = Feed Consumption / Weight Gain

Condition Factor (CF) = $100 \times (W_2/ L_2^3)$

Survival Rate (SR; %) = 100 × (Survived fish/ Initial fish)

W_1: وزن اولیه (گرم)، W_2: وزن نهایی (گرم)، Ln: لگاریتم نپرین، t: مدت زمان پرورش (روز)، Weight Gain: وزن کسب شده (گرم)، Feed Consumption: غذای مصرفی (گرم)، Protein Intake: پروتئین مصرفی (گرم)، L_2: طول‌کل نهایی (سانتی‌متر)، Survived fish: تعداد ماهیان موجود، Initial fish: تعداد ماهیان اولیه

سنجش ترکیبات شیمیایی لاشه و جیره

در پایان آزمایش تغذیه، تعداد ۶ عدد بچه ماهی سفید به صورت تصادفی از هر تکرار (۱۸ عدد از هر تیمار) انتخاب و پس از فرایند آسان‌کشی (استفاده از دوز بالای عصاره پودر گل‌میخک) (Haghparast *et al*., 2020)، سر و دم زنی و تخلیه امعاء و احشاء (Mohseni *et al*., 2016) با استفاده

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-28]

از چرخ‌گوشت همگن شدند. در ادامه، ترکیب حاصل در بسته‌های زیپ‌کیپ به صورت منجمد به آزمایشگاه انتقال یافت. دستورالعمل AOAC (۲۰۱۶) جهت انجام آزمایش‌های تجزیه شیمیایی لاشه و جیره غذایی مورد بهره‌برداری قرار گرفت. مقدار رطوبت نمونه در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد در دستگاه آون تعیین گردید. پروتئین خام به روش کلدال با ضریب ثابت ۶/۲۵ محاسبه شد. خاکستر در کوره الکتریکی با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت و چربی خام با دستگاه سوکسله اندازه‌گیری شدند. دستگاه بمب‌کالری‌متر برای سنجش مقدار انرژی قابل هضم غذا به‌کار رفت.

اندازه‌گیری پروفایل اسیدهای آمینه جیره‌های غذایی

جهت سنجش پروفایل اسیدهای آمینه جیره، میزان ۱۰ گرم از نمونه تهیه گردید. سپس فرایند هضم اسیدی به‌وسیله اسید کلریدریک ۶ نرمال به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد انجام شد. آنگاه مخلوط با استفاده از سانتریفوژ Hettich Universal 320 با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ شد. نمونه در دمای محیط خنک و صاف گردید. پس از مرحله هضم، مرحله مشتق‌سازی با اورتو فتیل دی‌آلدهید (OPA) و فلوئورو نیترو بنزن دی اکسادیازول (NBD-F) به روش فلوئورومتری انجام شد. از نمونه مشتق شده مقدار ۲ میکرولیتر به دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا HPLC (مدل HP-1100 آلمان) با ستون C_{18}-RP با جریان ۰/۸ میلی‌لیتر در دقیقه و آشکارساز فلئورسنس تزریق گردید. شناساگر فلئورسنت در طول موج ۲۵۴ نانومتر و دمای ستون ۳۰ درجه سانتی‌گراد اجرا شد. مقدار هر اسیدآمینه در مقایسه با استاندارد اسیدهای آمینه (Sigma Aldrich، آمریکا) تعیین گردید (Lindroth and Moppe, 1979; Cohen and Michaud, 1993).

روش تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ صورت پذیرفت. نتایج به‌صورت میانگین± انحراف معیار گزارش شده است. نرمالیتی و همگنی داده‌ها به‌ترتیب با استفاده از آزمون Kolmogorov-Smirnov و آزمون Levene بررسی شدند. برای تعیین وجود یا فقدان اختلافات معنی‌دار در شاخص‌های رشد و ترکیب شیمیایی لاشه، از روش تجزیه واریانس یک‌طرفه و برای مقایسه میانگین‌ها بین تیمارهای آزمایشی از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده گردید.

نتایج

در جدول ۳ مقایسه فراسنجه‌های رشد بچه ماهیان سفید در تیمارهای تغذیه‌ای در پایان هفته هشتم ارائه شده است. ماهیان تغذیه شده با سطح ۳ درصد متیونین+۱ درصد لایزین (تیمار ۴) افزایش معنی‌داری را در وزن نهایی، طول‌کل نهایی، وزن کسب شده، افزایش وزن بدن و نرخ رشد ویژه ثبت کردند ($p<۰/۰۵$). همین تیمار کمترین ضریب تبدیل غذایی را به‌خود اختصاص داد ($p<۰/۰۵$). اختلاف معنی‌داری در شاخص‌های ضریب چاقی و نرخ ماندگاری بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). همچنین در بررسی مقادیر ضریب کارایی پروتئین بین تیمارهای تغذیه‌ای مشخص شد که تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ($p>۰/۰۵$) ولی تیمار ۴ (۳ درصد متیونین+۱ درصد لایزین) دارای بیشترین مقدار بود.

در جدول ۴، نتایج ترکیب شیمیایی لاشه بچه ماهیان سفید در پایان هفته هشتم ۴ ارائه شده است. تفاوت معنی‌داری در میزان پروتئین لاشه بین ماهیان تغذیه شده با سطوح مختلف لایزین و متیونین با شاهد مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). ماهیانی که با جیره حاوی ۳ درصد متیونین+۱ درصد لایزین (تیمار ۴) تغذیه شدند، نشانگر بیشترین میزان ($p<۰/۰۵$) پروتئین لاشه بودند. ماهیان گروه شاهد و تیمار ۳ نیز دارای بیشترین مقدار چربی لاشه بودند ($p<۰/۰۵$). اختلاف معنی‌داری در مقادیر خاکستر بین تیمارهای تغذیه‌ای ثبت گردید ($p<۰/۰۵$). بالاترین سطح خاکستر به‌ترتیب در تیمارهای ۲ و ۴ مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با دو تیمار دیگر داشتند. در بررسی مقادیر رطوبت مشخص گردید که میزان آن در ماهیان شاهد بیشترین بوده است ($p<۰/۰۵$).

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-28]

جدول ۳: مقایسه شاخص‌های رشد بچه ماهیان سفید تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی در مدت ۸ هفته (میانگین ± انحراف معیار؛ n=۳)

Table 3: Comparison of growth indices of Caspian Kutum fingerlings fed experimental diets during 8 weeks (Mean±SD; n=3)

Growth Indices	Experimental diets			
	Treatment 1: Control (No added Amino acids)	Treatment 2: 1% Methionine +3% Lysine	Treatment 3: 2% Methionine +2% Lysine	Treatment 4: 3% Methionine +1% Lysine
Initial weight (g)	3.51±0.61	3.43±0.84	3.58±0.75	3.53±0.92
Final weight (g)	5.06±0.31^{a}	5.15±0.46^{a}	5.91±0.90^{ab}	6.75±0.30^{b}
Final length (cm)	8.29±0.35^{a}	8.44±0.32^{a}	8.80±0.27^{ab}	9.21±0.10^{b}
WG (g)	1.45±0.35^{a}	1.71±0.59^{a}	2.33±1.02^{ab}	3.22±0.48^{b}
BWI (%)	40.69±10.75^{a}	50.60±19.99^{a}	65.90±31.60^{ab}	95.76±13.38^{b}
SGR (% /day)	0.57±0.12^{a}	0.69±0.22^{a}	0.85±0.31^{ab}	1.20±0.09^{b}
FCR	4.19±0.69^{b}	3.66±1.32^{b}	2.90±1.09^{ab}	1.61±0.22^{a}
PER	0.003±0.001^{a}	0.0033±0.001^{a}	0.004±0.002^{a}	0.006±0.001^{a}
CF	0.89±0.05^{a}	0.85±0.08^{a}	0.86±0.05^{a}	0.89±0.01^{a}
Survival Rate (%)	97.22±4.80^{a}	91.66±8.33^{a}	88.89±4.81^{a}	91.66±8.33^{a}

میانگین‌ها در هر ردیف که دارای حروف غیرمشابه هستند، اختلاف معنی‌دار دارند (p<۰/۰۵).

Means in the same row with different superscripts are significantly different (p<0.05).

جدول ۴: مقایسه ترکیب لاشه بچه ماهیان سفید تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی طی مدت ۸ هفته (میانگین ± انحراف معیار؛ n=۳)

Table 4: Comparison of carcass composition of Caspian Kutum fingerlings fed experimental diets during 8 weeks (Mean±SD; n=3)

Parameters (%)	Experimental diets			
	Treatment 1: Control (No added Amino acids)	Treatment 2: 1% Methionine +3% Lysine	Treatment 3: 2% Methionine +2% Lysine	Treatment 4: 3% Methionine +1% Lysine
Protein	13.43±0.37^{a}	15.65±0.44^{c}	14.65±0.26^{b}	16.69±0.35^{d}
Lipid	5.16±0.08^{b}	4.25±0.07^{a}	5.06±0.08^{b}	4.18±0.09^{a}
Ash	1.87±0.04^{b}	2.19±0.02^{d}	1.71±0.09^{a}	2.07±0.00^{c}
Moisture	75.34±0.65^{b}	69.05±0.28^{a}	68.51±0.24^{a}	68.32±0.14^{a}

میانگین‌ها در هر ردیف که دارای حروف غیرمشابه هستند، اختلاف معنی‌دار دارند (p<۰/۰۵).

Means in the same row with different superscripts are significantly different (p<0.05).

بحث

اثرات افزودن اسیدهای‌آمینه به جیره غذایی و مقایسه روند رشد آنها به وضعیت غذایی جیره از نظر مقدار، نوع پروتئین و پروفایل اسیدهای‌آمینه ضروری برمی‌گردد (Yamamoto *et al*., 2005). خوش‌خوراکی غذا از شاخص‌های تعیین‌کننده کیفیت غذاست زیرا در جذب و توجه ماهیان به غذا نقش مؤثری دارد. از فرم L اسیدهای‌آمینه به عنوان جاذب غذایی نام برده می‌شود که سبب بهبود کیفیت غذا، کاهش زمان غذاگیری آبزی، به حداقل رساندن زمان ماندگاری غذا در آب و در نهایت سبب جلوگیری از هدررفت مواد مغذی جیره و کاهش آلودگی آب می‌گردد (Webster and Lim, 2002; Marcouli *et al*., 2006). تحقیق حاضر نشان داد که وزن نهایی، طول کل نهایی، وزن کسب شده، درصد افزایش وزن بدن و نرخ رشد ویژه در ماهیان تغذیه شده با تیمار ۴ (۳ درصد متیونین+۱ درصد لایزین) به طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها بود. در مطالعه Li و همکاران (۲۰۲۰) به این حقیقت دست یافتند که برای دست‌یابی به حداکثر رشد، مقدار مطلوب متیونین در رژیم غذایی باید گنجانده شود و مقدار ناکافی آن افت رشد ماهی را به‌دنبال خواهد داشت. در موافقت با مطالعه پیش‌رو، Pourali Foshtomi و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی اثرات اسیدهای‌آمینه متیونین و لایزین در سطوح ۱ و ۳ درصد در جیره تاس‌ماهی ایرانی اذعان نمودند که عملکرد رشد در سطح ۳ درصد لایزین و متیونین افزایش و ضریب تبدیل غذایی کاهش یافت. کاربرد سطوح صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد ال- لایزین به جیره غذایی بچه‌ماهی کپور معمولی ۱۸ گرمی

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-28]

نشان داد که سطح ۱/۵ درصد ال- لایزین توانست بالاترین نرخ رشد و کمترین مقدار ضریب تبدیل غذایی را با ثبت تفاوت معنی‌دار نشان دهد ولی در نرخ بازماندگی ماهیان اختلاف معنی‌داری گزارش نشد (Sadat Hosseini *et al.*, 2014). همچنین استفاده از متیونین در سه سطح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد و ال‌کارنتین در سطوح ۰/۵، ۱ و ۱/۵ گرم در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) ثابت کرد که افزودن متیونین فراسنجه‌های وزن کسب شده، ضریب تبدیل غذایی و نرخ رشد ویژه را بهبود بخشید (Keramat and Abolfazli, 2017). همسو با مطالعه کنونی، Yang و همکاران (۲۰۱۰) و Mohseni و همکاران (۲۰۲۰) نتایج مشابهی را به‌ترتیب در ماهی کپور علفخوار و فیل‌ماهی گزارش کردند. در تضاد با بررسی فعلی، Peik Mousavi و همکاران (۲۰۱۰) اعلام کردند که سطوح صفر، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ گرم متیونین در فیل ماهیان تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های رشد نداشت. در بررسی دیگر، اثر سه جیره ۱: پودر ماهی (فاقد لایزین و متیونین)، جیره ۲: پودر کانولا (فاقد لایزین و متیونین) و جیره ۳: جیره پودر کانولا (حاوی لایزین و متیونین) در ماهی کپور علفخوار اختلاف معنی‌داری را در شاخص‌های رشد بین تیمارهای تغذیه‌ای نشان نداد (Jiang *et al.*, 2016). همچنین دوزهای صفر، ۲/۵، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم متیونین تأثیری بر شاخص‌های رشد ماهی سفید طی مدت ۶۰ روز نداشت (Zoheiri *et al.*, 2022). برای سنجش توانایی ماهیان در تبدیل غذای مصرفی به بافت بدن از شاخص ضریب تبدیل غذایی استفاده می‌شود. جیره حاوی سطوح ۳ درصد متیونین+۱ درصد لایزین به طور چشمگیری شاخص ضریب تبدیل غذایی را نسبت به گروه شاهد بهبود بخشید ($p<۰/۰۵$). این مسئله یادآور می‌شود که کارایی و قابلیت هضم جیره در این تیمار از روند خوبی برخوردار بوده و جیره از نظر اقتصادی مقرون‌به‌صرفه است. ارائه مدیریت مطلوب تغذیه سبب بهبود شاخص‌های رشد، ارتقاء نرخ ماندگاری، کاهش ضریب تبدیل غذایی، کاهش فضولات ماهی و هدررفت غذا، یک‌دست شدن اندازه ماهیان و بهبود کیفیت شاخص‌های آب می‌شود (Tucker *et al.*, 2006; Aderolu *et al.*, 2010). به طور کلی، ماهیان سفید تغذیه شده با جاذب‌های لایزین و متیونین عملکرد رشد و کارایی تغذیه بهتری نسبت به ماهیان شاهد داشتند. ترکیب لایزین و متیونین با هم سبب رشد بیشتر می‌شود و افزایش میزان متیونین تا سطح مطلوب از طریق تشدید سنتز پروتئین و کاهش تولیدات اضافی می‌تواند کارایی سایر اسیدهای‌آمینه ضروری را بهبود بخشد (Li *et al.*, 2009). به‌علاوه، پروفایل اسیدهای آمینه و کیفیت پروتئین جیره دو مؤلفه تأثیرگذار بر رشد ماهیان هستند، البته سهم یا به عبارت بهتر توازن اسیدهای آمینه، نقش مهمی ایفاء می‌کند. چون میزان رشد در تیمارهای غیرشاهد متفاوت بوده است. حضور اسیدهای‌آمینه نامتوازن در جیره باعث افزایش اکسیداسیون سایر اسیدهای‌آمینه می‌شود درحالی‌که توازن اسیدآمینه‌ها، ابقاء بیشتر اسیدهای‌آمینه را به‌دنبال خواهد داشت (Xie *et al.*, 2012). در همین زمینه، Yaghoubi و همکاران (۲۰۱۶) با تغذیه ماهیان صبیتی با جیره شاهد بدون کمبود غذایی، جیره لایزین و متیونین به‌ترتیب با کمبود این دو اسیدآمینه و جیره حاوی دو اسید آمینه مذکور، گزارش کردند که عملکرد رشد، فرایند تثبیت نیتروژن و شاخص چربی احشایی در تیمارهای دارای کمبود اسیدآمینه به طور معنی‌داری کاهش و ضریب تبدیل غذایی افزایش یافت. کاربرد سطوح کمبود، مطلوب و مازاد متیونین در جیره ماهی سوکلا ثابت کرد که سوخت‌وساز پایین و به تبع آن افت رشد در ماهیان تغذیه شده با جیره کمبود متیونین پدیدار شده است (Nguyen *et al.*, 2019). نیاز به اسیدآمینه‌های لایزین و متیونین در ماهیان دریایی و ماهیان گوشت‌خوار آب شیرین که به پروتئین بالایی نیاز دارند، از ماهیان همه‌چیزخوار و گیاه‌خوار که به پروتئین کمتری احتیاج دارند، بالاتر است. اسیدهای‌آمینه کریستاله بسیار سریع‌تر از اسیدهای‌آمینه موجود در منابع پروتئینی جذب می‌شوند (Bicudo *et al.*, 2009). در جیره غذایی ماهیان استفاده متوازن از متیونین و لایزین منجر به تحریک سیستم چشایی و افزایش تغذیه (Kasumyan and Doving, 2003)، ارتقاء کارایی سایر اسیدهای آمینه، کاهش ضایعات و هزینه‌های غذا در صورت مکمل شدن با پروتئین‌های گیاهی (Cheng *et al.*, 2003)، افزایش وزن و بهبود ضریب تبدیل غذا می‌شود. مقدار مؤثر لایزین و

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-28]

متیونین با توجه به قابلیت دسترسی زیستی آنها در جیره‌غذایی آبزیان با ترکیبات مختلف غذایی متفاوت است (El-Haroun and Bureau, 2007).

نتایج تجزیه‌وتحلیل لاشه ماهیان بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار در میزان پروتئین لاشه بین تیمارهای غذایی است. ماهیان تغذیه شده با مکمل‌های لایزین و متیونین، پروتئین بیشتری در لاشه خود نسبت به گروه شاهد داشتند و جیره حاوی ۳ درصد متیونین+۱ درصد لایزین بیشترین میزان را ثبت نمود. ترکیب لاشه ماهی نشانگر وضعیت توازن انرژی در جیره‌غذایی است. بیشتر بودن میزان پروتئین در تیمارهای مکمل‌شده با لایزین و متیونین می‌تواند نشانگر کارایی مناسب تغذیه، جذب بهتر اسیدهای‌آمینه و ارتقاء بازده پروتئینی باشد (Genc *et al*., 2007). عواملی نظیر فیزیولوژی بدن، مقدار غذای مصرفی، سن آبزی و طول مدت آزمایش می‌توانند بر میزان متابولیزه‌شدن پروتئین و جذب آن در بافت‌های بدن اثرگذار باشند (Karlsen *et al*., 2017). همسو با تحقیق حاضر، افزایش در مقادیر پروتئین و کاهش در میزان رطوبت لاشه فیل‌ماهیان تغذیه شده با سطوح صفر، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ گرم متیونین در جیره گزارش شد. مشخص گردید که سطح ۱/۵ گرم متیونین به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقادیر پروتئین و چربی بود (Peik Mousavi *et al*., 2010). در مطالعه‌ای دیگر، بچه ماهیان کپور تغذیه شده با سطوح صفر، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد ال- لایزین، بیشترین میزان پروتئین لاشه را در تیمار ۱ درصد و بالاترین مقدار چربی در تیمار شاهد نشان دادند (Sadat Hosseini *et al*., 2014). در ماهی صبیتی میزان چربی خام و متیونین لاشه در تیمارهای آزمایشی کاهش ولی در محتوی لایزین لاشه تفاوت معنی‌داری ایجاد نشد (Yaghoubi *et al*., 2016).

در مطالعه Beirami و همکاران (۲۰۱۷) بر ۶ تیمار شامل تیمار ۱ شاهد: فاقد لایزین و متیونین، تیمار ۲: ۱۰۰ درصد متیونین، تیمار ۳: ۷۵ درصد متیونین+۲۵ درصد لایزین، تیمار ۴: ۵۰ درصد متیونین+۵۰ درصد لایزین، تیمار ۵: ۲۵ درصد متیونین+ ۷۵ درصد لایزین و تیمار ۶: ۱۰۰ درصد لایزین در ماهی صبیتی را مورد سنجش قرار دادند. محتوای پروتئین لاشه به طرز معنی‌داری تحت‌تأثیر مکمل‌ها قرار گرفت و بالاترین میزان آن در تیمار ۳ تعیین گردید. محتوای چربی، رطوبت و خاکستر لاشه اختلاف معنی‌داری را ثبت نکردند. در بررسی مشابه، افزودن متیونین و ال-کارنیتین در سطوح ۰/۵ و ۱ و ۱/۵ درصد موجب ابقاء بیشتر پروتئین و کاهش چربی لاشه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان شد (Keramat and Abolfazli, 2017). در مطالعه Yang و همکاران (۲۰۱۰) اثر دو جیره شاهد (فاقد متیونین و لایزین) و آزمایشی (دارای متیونین و لایزین) در ماهی کپور علفخوار نشان داد که در ماهیان گروه آزمایشی مقادیر پروتئین و رطوبت لاشه افزایش یافت، ولی چربی لاشه کاهش محسوسی داشت. Jiang و همکاران (۲۰۱۶) افزایش معنی‌داری را در میزان پروتئین لاشه ماهی کپور علفخوار تغذیه شده با جیره‌های پودر ماهی (بدون لایزین و متیونین) و پودر کانولا (حاوی لایزین و متیونین) با جیره پودر کانولا (بدون لایزین و متیونین) گزارش کردند. تغذیه هیبرید ماهی هامور (*Epinephelus fuscoguttatus*♀× *Epinephelus lanceolatus*♂) با سطوح ۰/۵۶، ۰/۸۹، ۱/۲۰، ۱/۶۹، ۱/۸۹، ۲/۲۲ و ۲/۶۲ درصد متیونین سبب افزایش میزان پروتئین و چربی لاشه تا سطح ۱/۸۹ درصد گردید (Li *et al*., 2020). در مطالعه مذکور، اختلافات مشاهده شده در واکنش ماهیان به سطوح متیونین و لایزین می‌تواند به دلیل منابع متفاوت پروتئین جیره، فرمولاسیون غذا، اندازه و سن ماهی، ویژگی‌های فیزیولوژیک گونه، مدیریت غذادهی و شرایط پرورش باشد. براساس خصوصیات فیزیولوژیک، یک گونه با توجه به رژیم غذایی گوشت‌خواری، گیاه‌خواری و همه‌چیزخواری نیازهای پروتئینی متفاوتی دارد. همچنین وجود یا فقدان معده و زوائد پیلوریک در دستگاه گوارش بر میزان ترشح آنزیم‌های گوارشی و به تبع آن بر سوخت‌وساز، قابلیت هضم و جذب مواد غذایی و فرایند رشد تأثیر مستقیم خواهد گذاشت.

با توجه به یافته‌های حاصله، مشخص گردید که مکمل‌کردن جیره‌غذایی با اسیدهای‌آمینه متیونین و لایزین در تغذیه ماهی سفید ضروری است. به‌علاوه، توازن و تعادل اسیدآمینه بسیار تعیین‌کننده است و مطابق با نیاز گونه آبزی باید تعریف شود. در مطالعه حاضر، جیره غذایی حاوی ۳ درصد متیونین+۱ درصد لایزین را می‌توان مطلوب‌ترین جیره

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-28]

دانست زیرا در قیاس با سایر تیمارهای تغذیه‌ای توانست بهترین عملکرد و تأثیرگذاری را بر فراسنجه‌های رشد و ترکیب لاشه ماهی سفید نشان دهد.

منابع

Aderolu, A.Z., Seriki, B.M., Apatira, A.L. and Ajaegbo, C.U., 2010. Effects of feeding frequency on growth, feed efficiency and economic viability of rearing African catfish (*Clarias gariepinus*, Burchell 1822) fingerlings and juveniles. *African Journal of Food Science*, 4(5):286-290.

Ahmadnezhad, M., Owfi, F., Hosseinjani, A., Bahmani, M., Hafezieh, M., Sayad Bourani, M., Pourgholami, A., Fazli, H., Abdolmalaki, S. and Khara, H., 2022. Application of SWOT-FAHP model for assessment of the restoration trend of Caspian kutum (*Rutilus kutum*) stocks in Iranian waters of the Caspian Sea. *Journal of Aquaculture Sciences*, 10(1):22-33. (In Persian)

Amirisendesi, S.A., Mirzajani, A., Salavatian, S.M., Ghorbani, S., Momeni Totkalh, M., Rufchaie, R. and Ramzani, R., 2020. Effect of feeding frequency on the growth process of *Rutilus kutum* fingerlings. *Advanced Aquaculture Sciences Journal*, 3(3):29-38. (In Persian)

AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 2016. Official Methods of Analysis. 20th Edition, the Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland, USA.3172P.

Beirami, N., Zakeri, M., Kochenin, P., Yavari, V. and Mohammadi Azarm, H., 2017. Effects of amino acid supplementation of lysine and methionine on body biochemical composition and amino acid profile of Sobaity sea bream (*Sparidentex hasta*) juveniles. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 25(5):129-141. DOI:10.22092/isfj.2017.110320 (In Persian)

Bicudo, A.J.A., Sado, R.Y. and Cyrino, J.E.P., 2009. Dietary lysine requirement of juvenile pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). *Aquaculture*, 297:151-156. DOI:10.1016/j.aquaculture.2009.09.031

Cheng, Z.J., Hardy, R.W. and Usry, J.L., 2003. Effects of lysine supplementation in plant protein-based diets on the performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and apparent digestibility coefficients of nutrients. *Aquaculture*, 215:225-265. DOI:10.1016/S0044-8486(02)00166-7

Cohen, S.A. and Michaud, K.E., 1993. Synthesis of fluorescent derivatizing reagent, 6-aminoquinolyl-N- hydroxysuccinimidyl carbamate and its application or the analysis of hydrolysate amino acids via high-performance liquid chromatography. *Analytical Biochemistry*, 211:270-287. DOI:10.1006/abio.1993.1270.

Coutinho, F., Peres, H., Guerreiro, I., Pousao-Ferreira, P. and Oliva-Teles, A., 2012. Dietary protein requirement of Sharpsnout sea bream (*Diplodus puntazzo*, Cetti 1777) juveniles. *Aquaculture*, 35:391-397. DOI:10.1016/j.aquaculture.2012.04.037

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-28]

Daryanabard, A., 2023. Stock Assessment and determination of the biological catch of economically important bony fishes in Iranian waters of the Caspian Sea. Final report of research project. Iranian Fisheries Science Research Institute. Tehran, Iran. 135P. (In Persian)

El-Haroun, E. and Bureau, D.P., 2007. Comparison of the bioavailability of lysine in blood meals of various origins to that of L-lysine HCL for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 263:402-409. DOI:10.1016/j.aquaculture.2006.10.032

Espe, M., Veiseth-Kent, E., Zerrahn, J.E., Rønnestad, I. and Aksnes, A., 2015. Juvenile Atlantic salmon decrease white trunk muscle IGF-1 expression and reduce muscle and plasma free sulphur amino acids when methionine availability is low while liver sulphur metabolites mostly is unaffected by treatment. *Aquaculture Nutrition*, 22(4):801–812. DOI: 10.1111/anu.12294

Genc, M.A., Aktas, M., Genc, E. and Yilmaz, E., 2007. Effects of dietary mannan oligosaccharide on growth, body composition and hepatopancreas histology of *Penaeus semisulcatus*. *Aquaculture Nutrition*, 13:156-161. DOI:10.1111/j.1365-2095.2007.00469.x

Goff, J.B., and Gatlin, D.M., 2004. Evaluation of different sulfur amino acid compounds in the diet of red drum, *Sciaenops ocellatus*, and sparing value of cysteine for methionine. *Aquaculture*, 241:465-477. DOI:10.1016/j.aquaculture.2004.08.002

Haghparast, P., Falahatkar, B. Meknatkhah, B., Khoshkholgh, M., 2020. Growth and hematological changes of Aspikutum, a hybrid of *Leuciscus aspius* female (Linnaeus, 1758)×*Rutilus frisii* male (Kamensky, 1901), fed rations with various protein to lipid ratio. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 19(5):2199-2213. DOI:10.22092/ijfs.2020.122205

Jafri, A.K. and Hassan, M.A., 1999. Energy digestibility coefficients of commonly used feedstuffs in different size-classes of Indian major carps, *Labeo rohita* (Hamilton) and *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). *Asian Fisheries Science Journal*, 12:155-163. DOI:10.33997/j.afs.1999.12.2.006

Jiang, J., Shi, D., Zhou, X.O., Feng, L., Liu, Y., Jiang, W.D. Wu, P., Tang, L., Wang, Y. and Zhao, Y., 2016. Effects of lysine and methionine supplementation on growth, body composition and digestive function of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) fed plant protein diets using high-level canola meal. *Aquaculture Nutrition*, 22(5):1126-1133. DOI:10.1111/anu.12339

Karlsen, Ø., Amlund, H., Berg, A. and Olsen, R.E., 2017. The effect of dietary chitin on growth and nutrient digestibility in farmed Atlantic cod, Atlantic salmon and Atlantic halibut. *Aquaculture Research*, 48:123-133. DOI:10.1111/are.12867

Kasumyan, A.O. and Doving, K.B., 2003. Taste preference in fish. *Fish and Fisheries*, 4:289-347. DOI:10.1046/j.1467-2979.2003.00121.x

Keramat, A. and Abolfazli, A., 2017. The interaction effect between methionine and L-carnitine on growth parameters, carcass

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-28]

composition and blood indices in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 26(3):105-118. DOI:10.22092/isfj.2017.113526 (In Persian)

Khanipour, A.A. and Valipour, A.R., 2010. Kutum (Jewel of the Caspian Sea). Iranian Fisheries Science Research Institute Publishing. Tehran, Iran. 84P.

Kitagima, R.E. and Fracalossi, D.M., 2011. Digestibility of alternative protein-rich feedstuffs for channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 42(3):306-312. DOI:10.1111/j.1749-7345.2011.00468.x

Li, P., Mai, K., Trushenski, J. and Wu, G., 2009. New developments in fish amino acid nutrition: towards functional and environmentally oriented aquafeeds. *Amino Acids*, 37:43–53. DOI:10.1007/s00726-008-0171-1

Li, X., Mu, W., Wu, X., Dong, Y., Zhou, Z., Wang, X., Ma, L., Ye, B. and Geng, L., 2020. The optimum methionine requirement in diets of juvenile hybrid grouper (*Epinephelus fuscoguttatus*♀× *Epinephelus lanceolatus*♂): Effects on survival, growth performance, gut micromorphology and immunity. *Aquaculture*, 520:735014. DOI:10.1016/j.aquaculture.2020.735014

Lindroth, P. and Mopper, K., 1979. High performance liquid chromatographic determination of subpicomole amounts of amino acids by precolumn fluorescence derivatization with o-phthaldialdehyde. *Analytical Chemistry*, 51(11):1667-1674. DOI:10.1021/ac50047a019

Mahmoodi, Z., Falahatkar, B., Alaf Noverian, H. and Khoshkholgh, M.R., 2015. Growth and biochemistry changes of Caspian Kutum (*Rutilus frisii kutum*) under different levels of dietary protein and lipid. *Journal of Fisheries*, 68(3):479-493. DOI:10.22059/jfisheries.2015.56126. (In Persian)

Marcouli, P.A., Alexis, M.N., Andriopoulou, A. and Iliopoulou-Georgudaki, J., 2006. Dietary lysine requirement of juvenile gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture Nutrition*, 12:25-33. DOI:10.1111/j.1365-2095.2006.00378.x

Mohseni, M., Pourkazemi, M., Seyed Hassani, M.H. and Pourali, H., 2016. Effects of dietary lysine and methionine supplementation on growth, nutrient utilization and carcass compositions in beluga, *Huso huso*, fed soy protein-based diet. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 25(1):119-133. DOI:10.22092/ISFJ.2017.110228 (In Persian)

Mohseni, M., Yousefi, A., Taati, R., Alipour, A. and Hasanpoor, S., 2020. The effect of dietary lysine and methionine amino acids on growth indices, blood parameters, liver enzymes and immune responses in beluga, *Huso huso* (L. 1758). *Aquatic Animals Nutrition*, 5(2):143-156. DOI:10.22124/janb.2020.16072.1084 (In Persian)

Nguyen, M.V., Espe, M., Conceição, L.E.C., Le, H.M., Yufera, M., Engrola, S.A.D., Jordal, A.E.O. and Ronnestad, I., 2019. The role of dietary methionine concentrations

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-28]

on growth, metabolism and N-retention in cobia (*Rachycentron canadum*) at elevated water temperatures. *Aquaculture Nutrition*, 25: 495–507. DOI:10.1111/anu.12875

Peik Mousavi, M., Bahmani, M., Savari, A., Mohseni, M. and Haghi, N., 2010. Consider of different levels of methionine amino acid on growth indices and whole body composition of juveniles *Huso huso* (Beluga). *Veterinary Research and Biological Products*, 23(4):12-19. (In Persian)

Poppi, D.A., Moore, S.S. and Glencross, B.D., 2017. Redefining the requirement for total sulfur amino acids in the diet of barramundi (*Lates calcarifer*) including assessment of the cysteine replacement value. *Aquaculture*, 471:213–222. DOI:10.1016/j.aquaculture.2017.01.009

Pourali Foshtomi, H., Yazdani Sadati, M.A., Peykaran Mana, N., Hafezieh, M. and Daravi Ghaziani, S., 2014. Effects of supplemental lysine and methionine on growth performance and survival rates of Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) Fingerlings. *Journal of Oceanography*, 4(16):63-75. (In Persian)

Rufchaei, R., Nasri Tajen, M., Salavatian, M., Jamili, S., Hematkar, F. and Ghorbani, S., 2020. Evaluation of the effect of different levels of *Pontogammarus maeoticus* extract on growth indices, carcass composition and mucosal safety of *Rutilus kutum*, Kamenskii, 1901. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 28(6):47-55. DOI:10.22092/ISFJ. 2019.119782 (In Persian)

Sadat Hosseini, H., Ghelichi, A., Akrami, R. and Jorjani, S., 2014. The effect of L-lysine on growth performance, survival and carcass composition in common carp fingerlings. *Journal of Aquaculture Development*, 8(1):35-43. (In Persian)

Taati, R., Salavatian, S.M., Ghorbani, S.A. and Dashtiari, F., 2019. Effect of partial replacing fish meal with wheat gluten on growth indices and carcass composition of Caspian kutum (*Rutilus kutum*). *Journal of Physiology and Animal Development*, 12(2):39-49. (In Persian)

Tucker, B.J., Booth, M.A., Allan, G.L., Booth, D. and Fielder, D., 2006. Effects of photoperiod and feeding frequency on performance of newly weaned Australian snapper *Pagrus auratus*. *Aquaculture*, 258:514-520. DOI:10.1016/j.aquaculture.2006.03.033

Valipour, A., Gorouhi, D., Sayad Bourani, M. and Hasanpour, A., 2023. Investigating of density effect on the growth and survival of Caspian kutum, *Rutilus frisii* (Kamensky, 1901) pre-fattening in freshwater concrete ponds. *Aquatic Animals Nutrition*, 9(3):81-90. DOI:10.22124/janb.2023.25882.1224 (In Persian)

Webster, C.D. and Lim, C.E., 2002. Nutrient requirement and feeding of finfish for aquaculture. (1st ed.). CABI publishing, New York, USA. 418 P.

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-28]

Willke, T., 2014. Methionine production-a critical review. *Applied Microbiology and Biotechnology, 98(24): 9893-9914. DOI:* 10.1007/s00253-014-6156-y.

Xie, F., Ai, Q., Mai, K., Xu, W. and Wang, X., 2012. Dietary lysine requirement of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*, Richardson 1846) larvae. *Aquaculture Research*, 43:917-928. DOI:10.1111/j.1365-2109.2011.02906.x

Yaghoubi, M., Ghafleh Marmazi, J. and Safari, O., 2016. Negative effects of lysine and methionine deficient in diets on sobaity seabream juvenile (*Sparidentex hasta*). Journal of Marine Biology. 8(2):27-38. (In Persian)

Yamamoto, T., Sugita, T. and Furuita, H., 2005. Essential amino acid supplementation to fish meal-based diets with low protein to energy ratios improves the protein utilization in juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 246: 379-391. DOI:10.1016/j.aquaculture.2005.02.013

Yang, H.J., Liu, Y.J., Tian, L.X., Liang, G.Y. and Lin, H.R., 2010. Effects of supplemental lysine and methionine on growth performance and body composition for grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 5(2):222-227. DOI:10.3844/ajabssp.2010.222.227

Zhang, N.F., 2018. Role of methionine on epigenetic modification of DNA methylation and gene expression in animals. *Animal Nutrition*, 4(1):11–16. DOI:10.1016/j.aninu.2017.08.009

Zhou, F., Shao, Q.J., Xiao, J.X., Peng, X., Ngandzali, B.O., Sun, Z. and Ng, W.K., 2011. Effects of dietary arginine and lysine levels on growth performance, nutrient utilization and tissue biochemical profile of Black Sea bream (*Acanthopagrus schlegelii*) fingerlings. *Aquaculture*, 319:72-80. DOI:10.1016/j.aquaculture.2011.06.001

Zoheiri, F., Sahraei, H., Shojaei, M., Asadi Amir Abadi, A. and Hedayati, A., 2022. The effect of different levels of the amino acid methionine on some growth factors, mucosal immunity and antibacterial properties of mucus in the *Rutilus frisii kutum*. *Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology)*, 35(1):44-60. (In Persian)

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-28]

Effects of different dietary levels of lysine and methionine amino acids on growth performance, survival rate, and body composition of Caspian Kutum (*Rutilus frisii*)

Taati R.[1*]; Sayad Bourani M.[2]; Pourkazem F.[1]

*r.taati@gmail.com

1- Department of Fisheries, Talesh Branch, Islamic Azad University, Talesh, Iran
2- Inland Waters Aquaculture Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Bandar Anzali, Iran

Abstract

This study aims to determine the effects of different dietary levels of lysine and methionine amino acids on growth, survival, and carcass composition of Caspian Kutum (*Rutilus frisii*). A total number of 144 Kutum fingerlings weighing 3.51±0.78g were distributed into twelve 100-L fiberglass tanks with a density of 12 fish per tank. After one week acclimatization period, fingerlings were fed four experimental diets including diet 1: control (without added amino acid), diet 2: 1% methionine+3% lysine, diet 3: 2% methionine+2% lysine, and diet 4: 3% methionine+1% lysine in triplicate groups for 56 days. Results showed that the fish fed with 3% methionine+1% lysine recorded a significant increase in growth parameters such as final weight (6.75±0.30g), final total length (9.21±0.10cm), weight gain (3.22±0.48g), body weight increase (95.76±13.38%), and specific growth rate (1.20±0.09%/day) (p<0.05). The feed conversion ratio was significantly (p<0.05) improved in mentioned treatment. No significant differences were observed in condition factor, protein efficiency ratio, and survival rate between the dietary treatments (p>0.05). A significant difference in the content of carcass protein was recorded between fish fed different levels of dietary lysine and methionine amino acids with the control group (p<0.05) so that fish fed 3% methionine+1% lysine showed the highest content of carcass protein (16.69±0.35%) (p<0.05). On the other hand, the fish fed with the control diet and diet 3 showed the highest (p<0.05) carcass lipid content. Significant differences were also recorded in the contents of ash and moisture between experimental treatments (p<0.05). According to the obtained results, it can be declared that the level of 3% methionine+1% lysine is optimum for Caspian Kutum.

Keywords: Caspian Kutum, Essential amino acids, Feeding efficiency, Carcass quality

*Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2026-11-28]