13 (3) 201-208, Autumn 2021

Journal of Animal Environment
(AEJ)
Journal homepage: http://www.aejournal.ir

Original Research Paper

The effect of substituting different levels of *Saccharomyces cerevisiae* yeast in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to reduce the consumption of fish meal and their effect on growth indices, survival and carcass composition

Gholamreza Rafiee**, *Aida Vafadar

Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Key Words

Saccharomyces cerevisiae
Diet
Rainbow trout
Growth indices
Nutrition

Abstract

Introduction: In the present study, the effect of using different levels of *Saccharomyces cerevisiae* yeast in the rainbow trout diet was investigated with the aim of reducing the consumption of fish meal.

Materials & Methods: For this purpose, the fish were divided into four treatments (each treatment with three replications) and fed with diets including control diet (no yeast) and yeast levels of 28, 29, 31% and with the same protein ratio. In each experimental unit, 10 fish with an average weight of 48±2 g were placed and fed twice a day at 3% of body weight for 3 weeks. Fish were sampled 21 days after feeding with experimental diets to determine growth indices and carcass composition.

Result: The results showed that fish fed a diet containing Saccharomyces cerevisiae had higher weight gain, specific growth rate and daily growth rate than the control group ($p<0.05$). The highest feed conversion ratio was observed in the control treatment and the lowest in the 28 and29% yeast treatment. Carcass compositions including protein, fat, moisture, ash and survival rate did not show a significant difference in the experimental diet and the control group ($p \geq 0.05$).

Conclusion: According to the results of this study, the use of *Saccharomyces cerevisiae* at the levels of 28 and 29% has a positive effect on growth indices, survival and carcass composition of rainbow trout. Yeast is a suitable alternative to fish meal in rainbow trout diet.

* Corresponding Author's email: ghrafiee@ut.ac.ir
Received: 21 June 2020; Reviewed: 11 August 2020; Revised: 1 September 2020; Accepted: 4 October 2020
(DOI): 10.22034/AEJ.2020.247470.2346

مقاله پژوهشی

اثر جایگزینی سطوح مختلف مخمر ساکارومیسس سرویزیه (*Saccharomyces cerevisiae*) در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) برای کاهش مصرف پودرماهی و تاثیر آن‌ها بر شاخص‌های رشد، بازماندگی و ترکیبات لاشه

غلامرضا رفیعی*، آیدا وفادار

گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

کلمات کلیدی

مخمر ساکارومیسس سرویه
جیره غذایی
ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان
شاخص‌های رشد
تغذیه

چکیده

مقدمه: در تحقیق حاضر تاثیر به‌کارگیری سطوح مختلف مخمر *Saccharomyces cerevisiae* درجیره غذایی قزل‌آلای رنگین‌کمان با هدف کاهش مصرف پودر ماهی مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: به این منظوربچه‌ماهیان به چهار تیمارآزمایشی (هر تیمار با سه تکرار) شامل جیره شاهد (فاقد مخمر) و سطوح مخمر ۲۸، ۲۹، ۳۱ درصد و با نسبت پروتئین یکسان معرفی و تغذیه شدند. در هر واحد آزمایش ۱۰ قطعه ماهی با میانگین وزن ۲±۴۸ گرم قرارداده شد و دو بار در روز به‌میزان ۳ درصد وزن بدن به‌مدت ۳ هفته غذادهی شدند. نمونه‌برداری از ماهیان ۲۱ روز بعد از تغذیه با جیره‌های آزمایشی به‌منظور تعیین شاخص‌های رشد و ترکیب بیوشیمیایی لاشه انجام شد.

نتایج: نتایج بررسی داده‌ها نشان داد که ماهیان تغذیه شده با جیره‌های حاوی مخمر ساکارومیسس سرویزیه افزایش وزن، ضریب رشد ویژه و ضریب رشد روزانه بیش‌تری نسبت به گروه شاهد دارند ($p<0/05$). بیش‌ترین ضریب تبدیل غذایی در تیمار شاهد و کم‌ترین آن در تیمارهای ۲۸ و ۲۹ درصد مخمر مشاهده شد. ترکیب پروتئین، چربی، رطوبت، و خاکسترلاشه و نیز میزان بازماندگی اختلاف معنی‌داری را در جیره‌های آزمایشی و گروه شاهد نشان نداد ($p>0/05$).

نتیجه‌گیری و بحث: با توجه به نتایج به‌دست آمده از این مطالعه، نشان داده شد که به‌کارگیری مخمر ساکارومیسس سرویزیه در سطح ۲۸ و ۲۹ درصد اثر مثبتی بر شاخص‌های رشد، بازماندگی و ترکیبات لاشه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان داردو مخمر می‌تواند جایگزین مناسبی برای جایگزینی و کاهش مصرف پودرماهی در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان باشد.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: ghrafiee@ut.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱ تیر ۱۳۹۹؛ تاریخ داوری: ۲۱ مرداد ۱۳۹۹؛ تاریخ اصلاح: ۱۱ شهریور ۱۳۹۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳ مهر ۱۳۹۹
(DOI): 10.22034/AEJ.2020.247470.2346

مقدمه

بیش از نیمی از هزینه‌های آبزی‌پروری را تامین غذا تشکیل می‌دهد، پودر ماهی مهم‌ترین منبع تامین‌کننده پروتئین در جیره غذایی ماهیان است (Krishen و همکاران، ۲۰۰۸) که باعث افزایش قیمت تمام شده غذا می‌شود. استفاده از پودر ماهی به‌علت پروتئین بالا، وجود اسیدهای آمینه ضروری و مواد معدنی، از طریق بهبود عملکرد سیستم ایمنی در مقابل بیماری‌ها، افزایش بقا و رشد در سلامتی موجود آبزی موثر می‌باشد و هم‌چنین به‌علت قابلیت هضم بالا منجر به افزایش رشد و کاهش پرت غذا می‌شود (Schipp، ۲۰۰۸). این امر موجب رقابت شدید در تامین منابع محدود پودر ماهی شده است (Nasopoulou و Zabetakis، ۲۰۱۲). یکی از بحران‌های اصلی در آبزی‌پروری، صید ماهیان دریایی جهت تولید پودر ماهی برای تغذیه ماهیان، مخصوصاً گونه‌های گوشت‌خوار است. در حدود ۶ کیلوگرم ماهی لازم است تا یک کیلوگرم پودر ماهی تولید شود که با توجه به محدودیت‌های صید از آبزیان دریایی، هم با کاهش تولید و هم‌افزایش قیمت پودر ماهی روبرو خواهد شد (Tuominen و Esmark، ۲۰۰۳؛ Naylor و همکاران ۲۰۰۰). به‌همین علت تولید پودر ماهی از ماهیان وحشی صید شده امری ناپایدار است (Naylor و همکاران، ۲۰۰۰). لذا، برای گسترش آبزی‌پروری پایدار، یافتن جایگزین مناسب، اقتصادی و سازگار با محیط زیست برای کاهش مصرف پروتیین‌های حیوانی و تامین نیازهای غذایی آبزیان ضروری است (Schipp، ۲۰۰۸؛ ایمانپور و همکاران، ۱۳۹۸). یکی از بهترین استراتژی‌ها در مقابله با این مسئله در علم آبزی‌پروری، استفاده از پیکره‌های باکتریایی و مخمری است که زنده آن‌ها به‌عنوان زیست‌یارها یا مکمل‌های زیستی غذایی یا پروبیوتیکی مطرح‌اند. زیست‌یارها علاوه برتامین مواد مغذی لازم جهت رشد و نمو آبزیان (Gibson و Roberfroid، ۱۹۹۵)، افزایش سلامت، مقاومت به استرس و عوامل بیماری‌زا (Vulevic و همکاران، ۲۰۰۴) در کاهش هزینه‌های مربوط به تغذیه، نیز نقش ایفا می‌کنند (New و Wijkstroem، ۲۰۰۲؛ Browdy، ۱۹۹۸). پروبیوتیک‌های مورد استفاده در آبزی‌پروری شامل باکتری اسیدلاکتیک، باسیلوس، ویبریوها و مخمرها هستند (Daniels و همکاران، ۲۰۱۰). که از بین آن‌ها مخمرها با توجه به غنی بودن از پروتئین و کمپکلس ویتامین B، به‌عنوان پروتئین مکمل در جیره غذایی ماهی برای جبران کمبود ویتامین‌ها دارای اهمیت‌اند (Liao، ۱۹۷۷). عملکرد مخمرها با توجه به محتویات پروتئین خام و اسید آمینه‌های لیزین و متیونین به نوع سویه و روند تولید آن بستگی دارد (Fietto و همکاران، ۲۰۰۴). نشان داده‌شده است که‌متابولیسم‌مخمر ساکارومایسس‌سروزیاسویه بولاردی (*Saccaromyces cerevisiae var boulardii*)در ماهی قزل‌آلای رنگین کمان، باعث افزایش لیپید و تجمع رنگدانه‌های قرمز در عضله (Aubin و همکاران، ۲۰۰۵) و نیز موجب تحریک فعالیت آنزیم‌های غشای انتروسیت‌ها می‌شود (Wache و همکاران، ۲۰۰۶). افزایش مقاومت قزل‌آلا در برابر عامل بیماری باکتریایی دهان قرمز نیز با به‌کارگیری مخمر اثبات شده است (Quentel و همکاران، ۲۰۰۵). میزان پروتئین خام مخمر در مقایسه با دیگر منابع پروتئینی رایج بیش‌تر است (Ballerini و Thonon، ۱۹۸۰) و درصد پروتئین‌خام آن از ۳۸/۸درصد در سویه *Candida boidinii* تا ۶۷/۸ درصد در سویه *Candida lipolytica* متغییر گزارش شده است (Shulz و Oslage، ۱۹۷۶). درصد لیزین نیز در سویه‌های مختلف مخمر گستره‌ای بین۴/۱ در *Torulopsis candida* (Ballerini و Thonon، ۱۹۷۷) تا ۴/۸ در *Saccharomyces sp.* (Schulz و Oslage، ۱۹۷۶) دارد و محتویات متیونین در دامنه۰/۹ در سویه *Candida trapicalis* (Ballerini و Thonon، ۱۹۸۰) تا ۱/۹ در سویه *Pichia aganobii* (Ohkouchi و همکاران، ۱۹۸۰) گزارش شده‌است. مخمر *Saccharomyces cerevisiae* می‌تواند به‌عنوان جایگزین پودر ماهی استفاده شود (Oliva-Teles و Gonçalves، ۲۰۰۱). با افزایش سطوح مخمر ساکارومیسس سرویزیه در جیره غذایی تیلاپیای جوان، ضریب رشد روزانه کاهش یافته است ولی به‌کارگیری آن تا سطح ۱۵ درصد جایگزینی پودر ماهی سبب بهبود عملکرد رشد و ضریب کارایی غذا بدون تاثیر بر ترکیبات لاشه شده است (Ozório و همکاران، ۲۰۱۲). هم‌چنین افزایش وزن در ماهیان کپورمعمولی با به‌کارگیری جیره‌حاوی مخمرزنده گزارش شده است (noh و همکاران، ۱۹۹۴). استفاده از ۴۰ درصد مخمر در جیره غذایی‌ماهی تیلاپیا، بهترین‌عملکردرشد و کارایی غذا را به‌همراه داشته است (Lara Flores و همکاران، ۲۰۰۳). هم‌چنین استفاده از مخمر پروبیوتیکی ساکارومیسس سرویزیه موجب بهبود رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان شده است (Gatesoupe و همکاران، ۱۹۹۹). تاکنون در ارتباط با به‌کارگیری‌مخمر در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان کارهای زیادی صورت نگرفته است. در این پژوهش به‌کارگیری مخمر با تنظیم‌نسبت پروتئین‌یکسان مدنظر قرارگرفته‌است.لذا، هدف اصلی از انجام این پژوهش بررسی تاثیر سطوح مختلف جایگزینی مخمر با پودر ماهی بر عملکرد رشد، بازماندگی و ترکیبات لاشه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) بود تا از این طریق بتوان ضمن کاهش مصرف پودر ماهی به جیره‌های اقتصادی‌تر دست یافت.

مواد وروش‌ها

طرح آزمایش: این آزمایش در کارگاه تکثیر و پرورش آبزیان دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی کرج انجام شد و در قالب یک طرح

کاملاً تصادفی اثر به‌کارگیری سطوح مختلف مخمر *Saccharomyces cerevisiae* در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با هدف کاهش مصرف پودر ماهی مورد بررسی قرار گرفت. تیمارهای غذایی شامل: تیمار ۱ شاهد (فاقد مخمر) و تیمار ۲ (۲۸ درصد مخمر)، تیمار ۳ (۲۹ درصد مخمر) و تیمار ۴ (۳۱ درصد مخمر) بود. واحد آزمایش را یک مخزن پرورش ماهی از جنس فایبرگلاس با ظرفیت نگه‌داری ۲۰۰ لیتر آب تشکیل داد و در هر واحد آزمایش ۱۰ قطعه ماهی با میانگین وزن ۲±۴۸ گرم قرار داده شد و دو بار در روز به‌میزان ۳ درصد وزن بدن به‌مدت ۳ هفته غذادهی شدند. جیره غذایی اولیه، جیره پایه، غذای تجاری اکسترود شده ساخت شرکت بیضا شیراز بود که سطح پروتیین آن با توجه به اجزای تشکیل‌دهنده آن با افزودن سطوح مختلف مخمر ساکارومیسس‌سرویزیه به‌عنوان غذای جایگزین، ساخت شرکت ماهان، به جیره غذایی پایه تنظیم گردید. ماهیان گروه شاهد از جیره غذایی بدون مخمر استفاده کردند. میزان انرژی جیره با توجه به افزایش مقدار مصرف مخمر در جیره‌های حاوی مخمر به‌علت افزایش کربوهیدرات افزایش یافت. فرمولاسیون و ترکیب بیوشیمیایی جیره و سطح انرژی در تیمارهای مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول۱: فرمولاسیون و ترکیب بیوشیمیایی جیره و سطح انرژی در تیمارهای مختلف

اجزای جیره (درصد)	تیمار ۱ (شاهد)	تیمار ۲ (۲۸ درصد مخمر)	تیمار ۳ (۲۹ درصد مخمر)	تیمار ۴ (۳۱ درصد مخمر)
پودرماهی	۵۵/۳۲	۴۱/۲۸	۴۰/۶۶	۳۹/۹۰
مخمر	۰	۲۸	۲۹	۳۱
آردسویا	۲۰	۱۰	۱۰	۱۰
آرد گلوتن درت	۹/۱۸	۵/۵۹	۵/۴۳	۴/۱۵
آردگندم	۳/۳۵	۲/۸۳	۲/۹۱	۱/۲۵
روغن ماهی	۱۱/۱۵	۱۱/۳۰	۱۱	۱۲/۷۰
ویتامین	۱	۱	۱	۱
چربی	۱۲	۱۱/۵۰	۱۱	۱۰/۵۵
کربوهیدرات	۵	۶/۸۵	۸/۷۰	۱۰/۵۵
فیبر	۳	۳	۳	۳
خاکستر	۱۳	۱۲/۷	۱۲/۴	۱۲/۱
فسفر	۱	۱	۱	۱
انرژی(گرم بر کالری)	۴/۳	۴/۴	۴/۵	۴/۶

خصوصیات فیزیکی – شیمیایی آب در طول دوره پرورش: در طول دوره پرورش نوسانات دمایی بین ۱۵-۱۸ درجه سانتی‌گراد بود، میزان غلظت اکسیژن محلول ۸/۵-۶/۵ میلی‌گرم بر لیتر، pH برابر با ۷/۲-۶/۵ ثبت شد.

نمونه‌برداری و اندازه‌گیری شاخص‌های رشد ماهی: قبل از توزین، بچه‌ماهیان به‌مدت ۲۴ ساعت گرسنه نگه داشته شدند تا لوله گوارش آن‌ها به‌طور کامل تخلیه گردد. در آخر دوره آزمایش تمام ماهیان هر مخزن به‌صورت جداگانه و با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شدند. براساس نتایج حاصل از توزین ماهیان و با استفاده از فرمول‌های زیر، نرخ رشد ویژه، میزان افزایش وزن بدن، ضریب تبدیل غذایی، ضریب رشد روزانه و نسبت کارایی پروتئین محاسبه شد.

میزان افزایش وزن بدن (گرم) (Huang و همکاران،۲۰۰۸):

$$(WG) = BWf - BWi$$

که در آن WG افزایش وزن، BWf وزن نهایی و BWi وزن اولیه ماهی می‌باشند.

نرخ رشد ویژه (Huang و همکاران،۲۰۰۸):

$$SGR = (\ln Wf - \ln Wi) \times 100/t$$

که در آن Wf وزن نهایی، Wi وزن اولیه و t دوره رشد بر حسب روز می‌باشند.

ضریب تبدیل غذایی (Turchini و همکاران،۲۰۰۳)

$$FCR = f/(Wf-Wi)$$

که در آن f میزان غذای مصرفی، Wf وزن نهایی و Wi وزن اولیه می‌باشند.

تجزیه ترکیب‌بیوشیمیایی لاشه: جهت بررسی ترکیبات لاشه از روش استاندارد (AOAC، ۲۰۰۰) استفاده شد. پروتئین خام به‌روش کجلدال و از طریق تعیین نیتروژن کل و ضرب آن در ضریب ۶/۲۵ محاسبه گردید (درصد نیتروژن= ۶/۲۵ × درصد پروتئین). چربی خام از طریق حل کردن چربی در اتر و تعیین مقدار آن به‌روش سوکسله و

با دستگاه سوکسله اتوماتیک انجام شد.رطوبت از طریق قرار دادن نمونه درآون در حرارت ۶۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت و خاکستر از طریق قرار دادن نمونه در کوره الکتریکی در حرارت ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها: نرم‌افزار SPSS version ۲۵ جهت آنالیز داده‌ها مورد استفاده قرار گرفت. برای تعیین سطح معنی‌داری بین تیمارها از آنالیز آماری یک‌طرفه (ANOVA) استفاده شد و هم‌چنین برای مقایسه میانگین‌ها، از آزمون چند دامنه دانکن در سطح خطای ۵ درصد استفاده شد.

نتایج

شاخص‌های رشد: اثرات به‌کارگیری سطوح مختلف مخمر ساکارومیسس سرویزیه با پودر ماهی در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان بر شاخص‌های رشد، باز ماندگی در جدول ۲ نشان داده شده است. درابتدای دوره، اختلاف معنی‌داری بین تیمارها از نظر وزن وجود نداشت. تمام تیمارهای حاوی مخمر ساکارومیسس سرویزیه افزایش وزن معنی‌داری را نسبت به تیمار شاهد نشان دادند ($p<۰/۰۵$)، بیش‌ترین میزان افزایش وزن در تیمار ۲ و ۳ و کم‌ترین مقدار آن در تیمار شاهد مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). افزایش وزن درسایر تیمارها با هم تفاوت معنی‌داری نشان ندادند ($p>۰/۰۵$). ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان تغذیه شده با جیره غذایی فاقد مخمر (شاهد) ضریب تبدیل غذایی بیش‌تری نسبت به سایر تیمارها نشان‌داد ($p<۰/۰۵$) و کم‌ترین ضریب تبدیل غذایی مربوط به تیمار ۲ و ۳ با جیره حاوی ۲۸ و ۲۹ درصد مخمر بود. بهبود معنی‌داری در تیمارهای آزمایشی نسبت به گروه شاهد مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). ضریب رشد ویژه و ضریب رشد روزانه تمام تیمارهای آزمایشی بیش‌تر از تیمار شاهد بود. این در حالی بود که میزان پودرماهی در تیمار شاهد ۵۵/۳۲ درصد، در تیمار ۲ برابر با ۴۱/۲۸، در تیمار ۳ برابر با ۴۰/۶۶ و در تیمار ۴ برابر با ۳۹/۹۰ درصد لحاظ شده بود. بیش‌ترین مقدار ضریب رشد ویژه و ضریب رشد روزانه به‌ترتیب در تیمار ۲ و ۳ کم‌ترین مقدار در تیمار شاهد به‌دست آمد ($p<۰/۰۵$). بیش‌ترین میزان بازماندگی در تیمار ۳ با ۹۷ درصد بازماندگی مشاهده شد و در سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و برابر با ۹۵ درصد بازماندگی بود ($p>۰/۰۵$).

ترکیب بیوشیمیایی بدن ماهی: میزان پروتئین، چربی، رطوبت و خاکستر بدن ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با سطوح مختلف مخمرساکارومیسس سرویزیه در جدول ۳ نشان داده شده است. براساس آزمون دانکن تیمارها باهم اختلاف معنی‌داری در میزان پروتئین لاشه نشان ندادند ($p>۰/۰۵$). در مورد چربی کم‌ترین مقدار در تیمار ۲ و ۳ وجود داشت ($p<۰/۰۵$) و تیمار شاهد و ۴ دارای بیش‌ترین میزان چربی بودند و اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها وجود نداشت ($p>۰/۰۵$). میزان خاکستر در تیمار ۳ حداکثر و در تیمار ۴ حداقل بود ($p<۰/۰۵$). بیش‌ترین مقدار رطوبت مربوط به تیمار ۴ و کم‌ترین آن مربوط به تیمار ۱ بود ($p<۰/۰۵$).

جدول ۲: میانگین (Mean±SD) شاخص‌های رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در تیمارهای مختلف در پایان دوره آزمایش

شاخص‌های رشد	تیمار ۱ (شاهد)	تیمار ۲ (۲۸٪ مخمر)	تیمار ۳ (۲۹٪ مخمر)	تیمار ۴ (۳۱٪ مخمر)
وزن نهائی (گرم)	۱±۷۰/۴۱^{c}	۱±۷/۸۵/۵۳^{a}	۱±۸۵/۸۹^{a}	۱±۱/۷۴/۶۵^{b}
افزایش وزن بدن	۱±۲۲/۴۱^{c}	۱±۷/۳۷/۵۳^{a}	۱±۳۷/۸۹^{a}	۱±۱/۲۶/۶۵^{b}
ضریب تبدیل غذایی	۰±۳۷/۱/۰۰۱^{a}	۰±۸۰/۰/۰۰^{c}	۰±۸۱/۰/۰۰۷^{c}	۰±۱۵/۱/۰۰۶^{b}
ضریب رشد ویژه (درصد)	۰±۰۶/۴/۳۰^{c}	۰±۲۶/۴/۴۲^{a}	۰±۲۵/۴/۳۷^{a}	۰±۱۲/۴/۴۰^{b}
ضریب رشدروزانه (درصد)	۰±۰۴/۱/۰۲^{c}	۰±۷۹/۱/۰۴^{a}	۰±۷۶/۱/۱۳^{a}	۰±۲۴/۱/۰۸^{b}
نرخ بقا (درصد)	۷±۹۵/۰۷^{a}	۷±۹۵/۰۷^{a}	۳±۵/۹۷/۵۴^{a}	۷±۹۵/۰۷^{a}

حروف یکسان در بالای اعداد در یک ردیف نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح $p>۰/۰۵$ است.

جدول ۳: میانگین (Mean±SD) ترکیب بیوشیمیایی بدن ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در تیمارهای مختلف در پایان دوره آزمایش

ترکیب شیمیایی لاشه	تیمار ۱ (شاهد)	تیمار ۲ (۲۸٪ مخمر)	تیمار ۳ (۲۹٪ مخمر)	تیمار ۴ (۳۱٪ مخمر)
پروتئین (درصدماده خشک)	۰±۶۵/۷۹/۰۷^{ab}	۱±۰۴/۸۱/۷۳^{a}	۱±۶۳/۸۳/۴۸^{a}	۱±۶۲/۷۹/۱۶^{ab}
چربی (درصدماده خشک)	۰±۵۷/۱۲/۰۳^{a}	۱±۸۵/۹/۶۲^{b}	۱±۸۸/۸/۶۱^{b}	۰±۷۷/۱۲/۹۹^{a}
خاکستر (درصدماده خشک)	۰±۰۲/۰/۰۱^{ab}	۰±۰۱/۰/۰۰^{b}	۰±۰۲/۰^{a}	۰^{c}
رطوبت (درصد ماده تر)	۰±۳۰/۱۸/۱۸^{ab}	۰±۰۸/۱۸/۲۳^{b}	۰±۹۲/۱۷/۱۰^{b}	۰±۸۵/۱۸/۱۶^{a}

حروف یکسان در بالای اعداد در یک ردیف نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح $p>۰/۰۵$ است.

بحث

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که مخمر ساکارومیسیس سرویزیه می‌تواند تا حدود ۲۸ و ۲۹ درصد پروتئین جیره را تامین کند و تا ۵۰ درصد در جیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان وارد شود. جیره‌های آزمایشی حاوی مخمر در مقایسه با تیمار شاهد دارای بهبود عملکرد رشد بودند. در بین تیمارهای آزمایشی، تیمارهای دارای مخمر بیش‌ترین افزایش وزن، ضریب رشد ویژه، ضریب رشد روزانه و کم‌ترین ضریب تبدیل غذایی را داشتند. واضح است که میزان پودر ماهی در تیمار های آزمایشی کم‌تر از ۴۱ درصد درحالی‌که این میزان در تیمار شاهد برابر با ۵۵ درصد است. در همین راستا نتایج مشابهی در مطالعه Abdel-Tawwab و همکاران (۲۰۰۸) نشان داد که اثر استفاده از مخمر ساکارومیسس سرویزیه در جیره تیلاپیا نیل به‌طور معنی‌داری سبب افزایش رشد می‌شود. هم‌چنین تغذیه ماهی با عصاره مخمرحاوی RNA سبب افزایش رشد و کارایی غذا در قزل‌آلا شده است (Guroy و همکاران، ۲۰۱۲؛ Rumsey و همکاران، ۱۹۹۲). در مطالعه‌ای دیگر Gumus و همکاران (۲۰۱۶) گزارش شده است که وزن نهایی، ضریب تبدیل غذایی، ضریب رشد ویژه و ضریب کارایی پروتئین ماهی گلدفیش تغذیه شده از جیره حاوی مخمر جایگزین شده با ۳۵ درصد پودرماهی، موثر بوده است. در مطالعه Hoseinifar و همکاران (۲۰۱۱) در مورد بچه فیل‌ماهیان تغذیه شده با مخمر، عملکرد رشد مطلوبی مشاهده شده است. هم‌چنین در مطالعه توکمه چی و شهرکی (۱۳۹۱) بهبود شاخص‌های رشد ماهی قزل‌آلای رنگین کمان تغذیه شده از مخمرغنی شده با سلنیوم را نشان داد. افزایش رشد ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی مخمر را می‌توان به‌دلیل وجود آنزیم‌های هضمی در مخمر و افزایش قابلیت هضم و جذب مواد غذایی را افزایش نسبت داد (LaraFlores و همکاران، ۲۰۰۳؛ Waché و همکاران، ۲۰۰۶).مخمر به‌عنوان منبع ویتامین‌ها و به‌عنوان کوآنزیم‌ها، می‌تواند تحریک هورمون‌های رشد را نیز در پی داشته باشد(Mc Dowell، ۱۹۸۹). پلی‌آمین تولیدشده توسط مخمرها (Buts و همکاران، ۱۹۹۳) پتانسیل چسبندگی قوی با موکوس روده را دارند (Andlid و همکاران، ۱۹۹۸؛ Va´zquez-Ju´arez و همکاران، ۱۹۹۷) و با تحریک سیستم ایمنی سبب افزایش سلامت ماهی در برابر پاتوژن‌ها شده و این اثرات چندگانه، نقش و خاصیت پروبیوتیکی و پربیوتیکی مخمر را در افزایش کارایی جیره به‌همراه دارد (Andlid و همکاران، ۱۹۹۵). نشان داده شده است که پلی آمین‌ها نقش بیولوژیکی در متابولیسم سلول دارند و تکثیر آن‌ها از طریق تحریک RNA،DNA و سنتز پروتئین در نهایت منجربه عملکرد رشد بهتر خواهد شد (Bardo´cz و همکاران، ۱۹۹۳؛ Tabor و Tabor، ۱۹۸۴). در برخی مطالعات عدم تاثیر یا تاثیر منفی استفاده از مخمر در تغذیه آبزیان گزارش شده است که با نتایج حاصل از این مطالعه مطابقت ندارد. در ماهی تیلاپیا نوجوان جایگزینی مخمر ساکارومیسس سرویزیه با پودر ماهی بیش از ۱۵ درصد موجب کاهش خطی در شاخص‌های رشد و افزایش ضریب تبدیل غذایی شده است (Rodrigo و همکاران، ۲۰۱۲). Gatlin و Li (۲۰۰۵) نشان دادند که افزودن مخمر ساکارومیسس سرویزیه بر رشد ماهی *Sciaenops ocellatus* اثر معنی‌داری ندارد.علت تناقض در یافته‌های متعدد را شاید بتوان به تنوع بین گونه‌ها و عملکرد فیزیولوژیک متفاوت تغذیه‌ای و سیستم‌های ایمنی گونه‌ها نسبت داد (Noh و همکاران، ۱۹۹۴). روش اضافه کردن مخمر به جیره یا اسپری کردن سوسپانسیون مخمر به پلت‌های غذایی، خصوصیات فیزیکی پلت‌ها را تغییر می‌دهد و می‌تواند منجر به کاهش شناوری نیز شود. سرعت ته‌نشینی پلت‌ها یا حبه‌های غذایی در موقع غذادهی و دریافت آن‌ها در ماهی نیز می‌تواند در عملکرد فیزیکی و شیمیایی جذب و دفع دخالت داشته باشد و از این طریق نتایج متفاوتی حاصل شود. نیازهای غذایی ماهیان با توجع به نوع رژیم غذایی گوشت‌خواری،علف‌خواری و همه‌چیزخواری متفاوت است. ماهیان علف‌خوار و همه‌چیز خوار نیز نسبت به نوع مواد تامین کننده انرژی حساسیت‌های متفاوتی را نشان می‌دهند. بنابراین، با توجه به نسبت‌های مختلف چربی و کربوهیدرات در جیره، کارایی عملکرد ماهی در هضم و دفع می‌تواند با توجه به شرایط دمایی متفاوت باشد. در این پژوهش تیمارهای مختلف از نظر درصد کالری و میزان کربوهیدرات متفاوت بودند، لذا بیش‌ترین کارایی در شاخص‌های رشد در تیمار ۲۸ و ۲۹ درصد مخمر استفاده شده، مشاهده گردید (Tovar و همکاران، ۲۰۰۲).در این پژوهش ترکیبات بیوشیمیایی لاشه اختلاف معنی‌داری را در بین جیره‌های آزمایشی و گروه شاهد نشان نداد. در این راستا در مطالعه‌ای نشان داده شد که با وجود بهبود عملکرد رشد و ضریب تبدیل غذایی و نرخ رشد ویژه در جیره‌های دارای مخمر، ترکیب لاشه در تیمارهای مختلف، در ماهی گلدفیش (*Carassius auratus*) اختلاف معنی‌داری را نشان نداد(Gumus و همکاران، ۲۰۱۶)در مقابل در مطالعه دیگری میزان پروتئین ترکیبات لاشه به‌طور معنی‌داری در ماهیان سی‌بس تحت تاثیر مخمر بیش‌تر بوده است (Oliva-Teles و Goncalves، ۲۰۰۱). یافته‌های به‌دست آمده در این پژوهش نشان داد که جایگزینی پودرماهی با مخمر ساکارومیسیس سرویزیه درجیره غذایی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، تاثیری بر میزان بازماندگی ماهی ندارد و میانگین بازماندگی بین ۹۵ تا ۹۷ درصد گزارش شد و مرگ و میر در جیره‌های مختلف صورت نگرفت. بی اثر بودن مخمر در جیره غذایی بر بازماندگی قزل‌آلای رنگین‌کمان را قبلاً نیز درحد پایین گزارش کرده‌اند (Aubin، ۲۰۰۵). افزایش باز ماندگی در ماهی تیلاپیا نیل نیز با به‌کارگیری مخمر گزارش شده است (Abdel-Tawwab و

همکاران، ۲۰۰۸؛ LaraFlores و همکاران، ۲۰۰۳) این تناقض‌ها در آزمایش‌های مختلف را می‌توان ناشی از رژیم غذایی و عملکردهای هضمی مختلف ناشی از عملکردهای فیزیولوژیکی مختلف آبزیان در دستگاه گوارش و تفاوت در سیستم‌های پرورش یا محیط پرورش دانست.

با توجه به نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، می‌توان گفت به‌کارگیری مخمر ساکارومیسس سرویزیه در سطح ۲۸ و ۲۹ درصد ضمن تامین پروتیین مورد نیاز ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در مرحله پرورای،می‌تواند اثر مثبتی بر شاخص‌های رشد، بازماندگی و ترکیبات لاشه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان داشته باشد. هم‌چنین با انجام این آزمایش نشان داده شده که مخمر می‌تواند جایگزین مناسبی برای کاهش مصرف پودر ماهی در جیره غذایی این ماهی باشد و امکان کاهش هزینه‌های تولید جیره نیز در آتی وجود دارد.

منابع

۱. **ایمانپور، م.؛ محسنی، م. و کرمی‌نسب، م.، ۱۳۹۸.** عملکرد مکمل فیتاز بر جایگزینی پودر ماهی با آرد سویا بر شاخص‌های رشد و برخی پارامترهای خونی و بیوشیمیایی سرم خون ماهی آزاد دریای خزر (*caspius trutta Salmo*). فصلنامه محیط زیست جانوری. سال ۱۱ ، شماره ۴، صفحات ۱۷۷ تا ۱۸۶.

۲. **توکمه‌چی، ا. و شهرکی، ر.، ۱۳۹۱.** اثرات تغذیه‌ای ساکارومایسس سرویزیا غنی‌شده با سلنیوم بر رشد و مقاومت ماهی قزل‌آلای رنگین کمان به استرس‌های محیطی و باکتری یرسینیا روکری. فصلنامه محیط زیست جانوری. سال ۴، شماره ۴، صفحات ۴۹ تا ۵۸.

3. **A.O.A.C. 2000.** Official Methods of Analysis. Horwitz W. 18th edition 2000, Washington, DC. pp: 10-18.

4. **Abdel-Tawwab, M.; Abdel-Rahman, A.M. and Ismael, N., 2008.** Evaluation of commercial live baker's yeast, Saccharomyces cerevisiae as a growth and immunity promoter for fry Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) challenged in situ with *Aeromonas hydrophila*. Aquaculture. Vol. 280, No. 5, pp: 185-189.

5. **Alwarez-Gonz´alez, C.A.; Civera-Cerecedo, R.; Ortiz Galindo, J.L.; Dumas, S.; Moreno-Legorreta, M. and Grayeb-Del Alamo, T., 2001.** Effect of dietary protein level on growth and body composition of juvenile spotted sand bass, *Paralabrax maculatofasciatus*, fed practical diets. Aquacul. Vol. 194, pp: 151-159.

6. **Andlid, T.; Juárez, R.V. and Gustafsson, L., 1995.** Yeast colonizing the intestine of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) and turbot (*Scophthalmus maximus*). Microb. Ecol. Vol. 30, pp: 321-334.

7. **Andlid, T.; Va´zquez-Ju´arez, R. and Gustafsson, L., 1998.** Yeasts isolated from the intestine of rainbow trout adhere to and grow in intestinal mucus. Mol. Mar. Biol. Biotechnol. Vol. 7, pp: 115-126.

8. **Aubin, J.; Gatesoupe, F.J.; Labbé, L. and Lebrun, L., 2005.** Trial of probiotics to prevent the vertebral column compression syndrome in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture Research. Vol. 36, pp: 758-767.

9. **Ballerini, D. and Thcmon, C., 1980.** Proceedings of OAPEC Symposium on Petro protein. Kuwait. pp: 153-179.

10. **Ballerini, D. and Thonon, C., 1977**. Proceeding of the Regional Seminar on Microbial Conversion Systems for Food and Food Production and Waste Management KISR, Nov. 12-17, Kuwait. pp: 121-129.

11. **Bardócz, S.; Grant, G.; Brown, D.S.; Ralph, A. and Pusztai, A., 1993.** Polyamines in food implications for growth and health. J.Nutr. Biochem. Vol. 4, No. 2, pp: 66-71.

12. **Browdy, C., 1998.** Recent developments in penaeid broodstock and seed production technologies: improving the outlook for superior captive stocks. Aquaculture. Vol. 164, No. 1-4, pp: 3-21.

13. **ButsDeK, J.P.; Eiser, N.; Kolanowski, J.; Sokal, E. and Van Hoof, F., 1993.** Maturation of villus and crypt cell functions in rat small intestine. Role of dietary polyamines. Dig. Dis. Sci. Vol. 38, No. 6, pp: 1091-1098.

14. **Daniels, C.L.; Merrifield, D.L.; Boothroyd, D.P.; Davies, S.J.; Factor, J.R. and Arnold, K.E., 2010.** Effect of dietary Bacillus spp. and mannan oligosaccharides (MOS) on European labsater (*Homarus gammaarus* L.) larvae growth performance, gut morphology and gut microbiota. Aquaculture. Vol. 304, No. 1-4, pp: 49-57.

15. **Fietto, J.L.R.; Araujo, R.S.; Valadao, F.N.; Fietto, L.G.; Brandao, R.L.; Neves, M.J.; Gomes, F.C.O.; Nicoli, J.R. and Castro, I.M., 2004.** Molecular and physiological comparisons between *Saccharomyces cerevisiae* and *Saccharomyces boulardii*. Can. J. Microbiol. Vol. 50, No. 8, pp: 615-621.

16. **Gatesoupe, FJ., 1999.** The use of probiotics in aquaculture. Aquaculture. Vol. 180, pp:147-165.

17. **Gibson, G.R. and Roberfroid, M.B., 1995.** Dietary modulation of the clonicclinic microbiamicrobial: introducing the concept of prebiotics. Journal of Nutrition. Vol. 125, No. 6, pp: 1401-12.

18. **Gumus, E.; Aydin, B. and Kanyilmaz, M., 2016.** Growth and feed utilization of goldfish (*Carassius auratus*) fed graded levels of brewers yeast (*Saccharomyces cerevisiae*). Iranian Journal of Fisheries Sciences. Vol. 15, No. 3, pp: 1124-1133.

19. **Guroy, D.; Tekinay, A.A. and Davies, S.J., 2012.** Use of organically certified yeast in the diet of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Growth performance, nutrient utilization, and fatty acid composition. Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh. Vol. 64, pp: 64-722.

20. **Hoseinifar, S.H.; Mirvaghefi, A. and Merrifield, D.L., 2011.** The effects of dietary inactive brewers yeast Saccharomyces cerevisiae var. ellipsoideus on the growth, physiological responses and gut microbiota of juvenile beluga (*Huso huso*). Aquaculture. Vol. 318, pp: 90-94.

21. **Huang, S.S.Y.; Fu, C.H.L.; Higgs, D.A.; Balfry S.K.; Schulte, P.M. aBrauner, C.J., 2008.** Effects of dietary canola oil level on growth performance, fatty acid composition and ionoregulatory development of spring chinook salmon parr, *Oncorhynchus tshawytscha*. Aquaculture. Vol. 274, No. 1, pp:109-117.

22. **Krishen, J.R.; Sunil, S. and Mohammad, R.H., 2009.** Impact of rising feed ingredient prices on aquafeeds and aquaculture production. FAO fisheries and aquaculture technical paper. 63 p.

23. **Lara-Flores, M.; Olvera-Novoa, MA.; Guzman- Mendez, B.E. and Lopez-Madrid, W., 2003.** Use of the bacteria *Streptococcus faecium* and *Lactobacillus acidophilus*, and the yeast *Saccharomyces cerevisiae* as growth promoters in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture. Vol. 216, pp: 193- 201.

24. **Li, P. and Gatlin, III D.M., 2005.** Evaluation of the prebiotic Grobiotic-A and brewer's yeast as dietary supplements for sub-adult hybrid striped bass (*Morone chrysops* × *M. saxatilis*) challenged in situ with *Mycobacterium marinum*. Aquaculture. Vol. 248, pp: 197- 205.

25. **Liao, I.C., 1977.** Effect of some unternational diet growth and Biochemical of fishJ. of the Fish Soc. of Taiwan. Vol. 5, pp: 1-110.

26. **Mc Dowell, L.R., 1989.** Vitamins in Animal Nutrition: Comparative Aspects to Human Nutrition. Academic Press. 486 p.

27. **Nasopoulou, C. and Zabetakis, I., 2012.** Benefits of fish oil replacement by plant originated oils in compounded fish feeds. A review. LWT- Food Science and Technology. Vol. 47, pp: 217-224.

28. **Naylor, R.L.; Goldburg, R.J.; Primavera, J.H.; Kautsky, N.; Beveridge, M.C.M.; Clay, J. and Troell, M., 2000.** Effect of aquaculture on world fish supplies. Nature. Vol. 405, No. 6790, pp: 1017-1024.

29. **New, M.B. and Wijkstroem, U.N., 2002.** Use of fishmeal and fish oil in aquafeeds. Further thoughts on the fishmeal trap. FAO Fish. Vol. 975, 71 p.

30. **Noh, S.H.; Han, K.; Won, T.H. and Choi, Y.J., 1994.** Effect of antibiotics, enzyme, yeast culture and probiotics on the growth performance of Israeli carp. Korean Journal of Animal Science. Vol. 36, pp: 480-486.

31. **Ohkouchi, H.; Iesaka, H. and Nagai, I., 1980.** Proceeding of OAPEC Symposium of Petroprotein. Kuwait. pp: 333-355.

32. **Oliva-Teles, A. and Goncalves, P., 2001.** Partial replacement of fishmeal by brewers yeast Saccaromyces cerevisae in diets for sea bass *Dicentrarchus labrax* juveniles. Aquaculture. Vol. 202, pp: 269- 278.

33. **Ozório, R.O.A.; Portz, L.; Borghesi, R. and Cyrino J.E.P., 2012.** Effects of Dietary Yeast (*Saccharomyces cerevisia*) Supplementation in Practical Diets of Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Animals. Vol. 2, pp: 16-24.

34. **Quentel, C.; Gatesoupe, FJ.; Aubin, J.; Lamour, F.; Abiven, A.; Baud, M.; Labbé, L. and Forraz, M., 2005.** Ofimer probiotic study on rainbow trout. I: Resistance against Yersinia ruckeri and humoral immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) submitted to probiotic treatment with Saccharomyces cerevisiae var. boulardii. EAS Special Publication. No .35.

35. **Rodrigo, O.; Ozório, A.; Portz, L.; Borghesi, R. and Cyrino, J.E.P., 2012.** Effects of Dietary Yeast (*Saccharomyces cerevisia*) Supplementation in Practical

diets of Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture Research. Vol. 2, pp: 16-24.

36. **Rumsey, G.L.; Winfree, R.A. and Hughes, S.G., 1992.** Nutritional values of dietary nucleic acids and purine bases to rainbow trout. Aquaculture. Vol. 108, pp: 97-110.

37. **Schipp, G., 2008.** Is the use of Fishmeal and Fish oil in Aquaculture Diets Sustainable? Technote. Vol. 124, pp: 1-15.

38. **Schulz, E. and Oslage, H.J., 1976.** Composition and nutritive value of single-cell protein (SCP). Anim. Feed Sci. and Technal. Vol. 1, No. 1, pp: 9-24.

39. **Tabor, C.W., Tabor, H., 1984**. Polyamines.Annual Review of Biochemistry. Vol. 53, pp: 749-790.

40. **Tovar -Ramírez, D.; Zambonino-Infante, J.L.; Cahu, C.; Gatesoupe, F.J.; Vázquez-Juárez, R. and Lésel, V.R., 2002.** Effect of live yeast incorporation in compound diet on digestive enzyme activity in sea bass larvae. Aquaculture. Vol. 204, pp: 113- 123.

41. **Tuominen, T.R. and Esmark, M., 2003.** Food for thought: the use of marine resources in fish feed. Report Number 02/03. WWF Norway. 53 p.

42. **Turchini, G.M.; Mentasti, T.; Frøyland, L.; Orban, E.; Caprino, F.; Moretti, V.M. and Valfr´e, F., 2003.** Effects of alternative dietary lipid sources on performance, tissue chemical composition, mitochondrial fatty acid oxidation capabilities and sensory characteristics in brown trout (*Salmo trutta* L.). Aquaculture. Vol. 225, pp: 251-267.

43. **Vázquez-Juárez, R.; Andlid, T. and Gustafsson, L., 1997.** Adhesion of yeast isolated from fish gut to crude intestinal mucus of rainbow trout, *Salmo gairdneri*. Mol. Mar. Biol. Biotechnol. Vol. 6, pp: 64-71.

44. **Vulevic, J.; Rastall, R.A. and Gibson, G.R., 2004.** Developing a quantitative approach for determining the in vitro prebiotic potential of dietary oligosaccharides. FEMS Microbiol Letters. Vol. 236, pp: 153-159.

45. **Wache, Y.; Auffray, F.; Gatesoupe, F.J.; Zambonino, J.; Gayet, V.; Labbe, L. and Quentel, C., 2006.** Cross effects of the strain of dietary *Saccharomyces cerevisiae* and rearing conditions on the onset of intestinal microbiota and digestive enzymes in rainbow trout, *Onchorhynchus mykiss*, fry. Aquaculture. Vol. 258, pp: 470-478.