



Original Research Paper

Effect of *Arthrospira platensis* dietary supplement on growth indices of all female rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)**Masoumeh Machanlou^{*}, Ali Hajibeglou, Shiva Sheykh**

Department of fisheries, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Key Words

Food conversion ratio
Specific growth rate
Obesity rate
Nutrition
Survival

Abstract

Introduction: Iran is one of the largest producers of fish in the world and more than one billion hatched eggs are imported from abroad every year. Given that little is known about the nutritional needs of all rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Algae as an effective substance also delays the absorption of nutrients in the diet and increase the use of carbohydrates and protein, Therefore, the use of this algae in diets leads to increased growth.

Materials & Methods: In an eight-week experiment, the effects of different levels of *Arthrospira platensis* supplementation on the growth and survival indices of all rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) With weight average of 15 ± 0.17 gr were evaluated. *A. platensis* supplementation was added to the basic diet at levels of 0, 2.5, 5, 7.5 and 10%. The juveniles were fed three times: 8, 12 and 18. At the end of the period, after measuring length and weight, growth indices (feed conversion ratio, specific growth rate and obesity coefficient) and survival were evaluated. SPSS software version 16 was used for data analysis.

Results: The results showed that with the addition of *A. platensis*, fish growth also increased so that it reached the highest level in 7.5% treatment. Addition of *A. platensis* to the diet also had a positive effect on the survival rate of juveniles ($P < 0.05$) so that with the increase in algal levels to 10% of the diet, the survival rate increased. Specific growth rate and obesity coefficient of the tested fish had an improving trend with increasing spirulina level ($P < 0.05$). The lowest feed conversion ratio was observed in 7.5% treatment but did not show a significant difference with 10% treatment ($P < 0.05$).

Conclusion: According to the results of the present study, it seems that the best amount of *spirulina* for all rainbow trout in this study was 7.5%, which showed the highest yield in growth indices.

* Corresponding Author's email: machanlou@gmail.com

Received: 11 October 2021; Reviewed: 14 November 2021; Revised: 16 December 2021; Accepted: 16 February 2022

(DOI): [10.22034/AEJ.2022.324893.2734](https://doi.org/10.22034/AEJ.2022.324893.2734)

مقاله پژوهشی

اثر مکمل غذایی اسپیرولینا (*Arthrospira platensis*) بر شاخص‌های رشد بچه‌ماهیان تمام ماده قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

معصومه ماچانلو*، علی حاجی‌بگلو، شیوا شیخ

گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

چکیده

کلمات کلیدی

ضریب تبدیل غذایی
ضریب رشد ویژه
ضریب چاقی
تغذیه
بازماندگی

مقدمه: جلبک‌ها به عنوان یک ماده موثر باعث تاخیر در روند جذب مواد مغذی موجود در جیره غذایی شده و استفاده از کربوهیدرات و پروتئین را افزایش می‌دهند، بنابراین استفاده از این جلبک در جیره‌های غذایی منجر به افزایش رشد می‌شود.

مواد و روش‌ها: در آزمایشی به مدت هشت هفته، اثرات سطوح ۰، ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد مکمل تغذیه‌ای جلبک اسپیرولینا (*Spirulina platensis*) بر شاخص‌های رشد و بقای بچه‌ماهیان تمام ماده قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزنی ۱۷±۱۵ گرم مورد ارزیابی قرار گرفت. مکمل جلبک اسپیرولینا در سطوح مختلف به جیره غذایی پایه افزوده شد. سپس تغذیه ماهی روزانه به میزان ۳ درصد وزن بدن در سه وعده در روز (۸، ۱۲ و ۱۸) صورت پذیرفت. در انتهای دوره، پس از اندازه‌گیری طول و وزن، شاخص‌های رشد (ضریب تبدیل غذایی، ضریب رشد ویژه و ضریب چاقی) و بقا مورد ارزیابی قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ استفاده گردید.

نتایج: در انتها نتایج نشان داد که با افزوده شدن جلبک اسپیرولینا، رشد ماهیان نیز افزایش یافت، به طوری که در تیمار ۷/۵ درصد به بالاترین میزان رسید. افزودن مکمل تغذیه‌ای جلبک اسپیرولینا بر درصد بقای بچه‌ماهیان نیز اثر مثبت داشت ($P < 0/05$) و با افزوده شدن سطح جلبک تا ۱۰ درصد جیره، بقا روند صعودی داشت. ضریب رشد ویژه و ضریب چاقی ماهیان تحت آزمایش با افزایش سطح مکمل تغذیه‌ای جلبک اسپیرولینا روند رو به بهبودی داشتند ($P > 0/05$). کم‌ترین ضریب تبدیل غذایی ماهیان با افزودن مکمل تغذیه‌ای جلبک اسپیرولینا در تیمار ۷/۵ درصد مشاهده شد اما با تیمار ۱۰ درصد مکمل تغذیه‌ای جلبک اسپیرولینا اختلاف معنی‌داری در بچه‌ماهیان تمام ماده قزل‌آلای رنگین‌کمان را نشان نداد ($P > 0/05$).

بحث و نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج تحقیق حاضر، به نظر می‌رسد که بهترین میزان جلبک اسپیرولینا برای ماهی تمام ماده قزل‌آلای رنگین‌کمان در این مطالعه سطح ۷/۵ درصد بود که بیش‌ترین بازدهی را در شاخص‌های رشد نشان داد.

مقدمه

قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Onchorhynchus mykiss*) یکی از مهم‌ترین گونه‌های پرورشی است که تولید آن کمک شایانی در تامین پروتئین حیوانی مورد نیاز کشورهای در حال توسعه می‌کند. تولید قزل‌آلای رنگین‌کمان در آب‌های شیرین ایران از ۱۳۳۲ تن در سال ۱۹۹۵ به ۱۲۶۵۱۵ تن در سال ۲۰۱۴ میلادی رسیده است (۱). علی‌رغم رشد چشمگیر صنعت آبزی‌پروری و ازجمله تکثیر و پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در سال‌های اخیر در کشور، موانعی قادرند رشد سریع این صنعت را کند یا متوقف نماید؛ ازجمله مهم‌ترین این مشکلات تهیه غذای متناسب با نیاز ماهی با قیمت مناسب می‌باشد. از آن‌جا که بخش عمده‌ای از هزینه‌های یک واحد پرورش ماهی را تامین غذا به خود اختصاص می‌دهد بنابراین، برای دستیابی به تولید بیش‌تر در یک واحد پرورشی لازم است که توجه بیش‌تری به این مساله شود (۲). براساس برآورد Higgs و همکاران، در پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان، هزینه تولید غذا تقریباً نصف کل هزینه‌های تولیدی را شامل می‌شود (۳) و حتی برآوردهای جدیدتر بیانگر هزینه بالاتر غذا (بیش‌تر از ۶۰ درصد) در صنعت پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌باشد (۴). رژیم‌های غذایی مبتنی بر پودر ماهی عمدتاً رشد مطلوب را موجب می‌شوند. با افزایش قیمت پودر ماهی و کمیاب شدن آن، مطالعات در زمینه یافتن منابع جایگزین اهمیت پیدا یافته‌اند (۵). انتخاب مواد اولیه مناسب به‌منظور تأثیرات مثبت آن‌ها بر رشد و سلامت آبزیان امری ضروری است. از جمله این مواد می‌توان به جلبک‌ها، میکرو جلبک‌ها و ماکرو جلبک‌ها اشاره کرد. در این میان جلبک اسپیرولینا (*Spirulina platensis*) می‌تواند به‌عنوان مکمل نسبی یا جایگزین پروتئینی در غذای آبزیان استفاده شود (۶). اسپیرولینا جلبک سبز آبی با رشد سریع است که به‌دلیل پروتئین بالا و ترکیبات فعال زیستی مختلف مانند اسیدهای آمینه ضروری، اسیدهای چرب ضروری، ویتامین‌های گروه B، رنگدانه‌ها و کارتنوئیدها به‌عنوان غذایی برای آینده شناخته می‌شود (۷، ۶). تحقیقات متعددی در زمینه استفاده از اسپیرولینا روی رشد و بقای آبزیان انجام شده است (۶). به‌طور مثال در جیره غذایی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) گونه‌های مختلف اسپیرولینا به‌عنوان منبع پروتئینی، جایگزین پودر ماهی گردید. به‌نحوی که جایگزینی ۲۵ درصد پودر جلبک با ۸۰ درصد پودر ماهی موجب رشد برابر و حتی بیش‌تر ماهی شد (۸). Ghaeni و همکاران، تأثیر پودر اسپیرولینا را بر رشد و بازماندگی مرحله لاروی میگوی ببری سبز (*Penaeus semisulcatus*) بررسی و مشخص کردند که بیش‌ترین میزان بازماندگی در مرحله لاروی مربوط به تیمار پودر اسپیرولینا بود (۹). افزودن پودر اسپیرولینا در مرحله لاروی میگوی وانامی

(*Peneaus vanami*) (۱۰) و میگوی سفید (*Litopenaeus schmitti*) (۱۱) با درصدهای مختلف و همراه سایر غذاهای استفاده شده، آثار مثبت بر شاخص‌های رشد، تغذیه و بقای آن‌ها داشت. استفاده از اسپیرولینا هم‌چنین آثار قابل‌توجهی بر فرآیند رشد و سوخت و ساز لارو و بچه‌ماهی تیلاپیا (*Oreochromis niloticus*) داشت (۱۲). Ahmadzade-Nia و همکاران، اثر جایگزینی سطوح مختلف پودر اسپیرولینا با آرد سویا در جیره غذایی را بر شاخص‌های رشد قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Onchorhynchus mykiss*) بررسی کردند و نتایج این پژوهش نشان داد با افزایش سطح اسپیرولینا در جیره غذایی، وزن نهایی و ضریب تبدیل غذایی نسبت به گروه شاهد بهبود می‌یابند (۱۳). بررسی Abdulrahman، نیز نشان داد اضافه کردن ۱۵ درصد جلبک اسپیرولینا منجر به افزایش پروتئین خام در کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) شد (۱۴). ایران ازجمله بزرگترین تولیدکنندگان ماهی قزل‌آلا در جهان می‌باشد و سالانه بیش از یک میلیارد قطعه تخم چشم‌زده از خارج کشور وارد می‌شود. با توجه به این‌که اطلاعات اندکی در زمینه نیازهای تغذیه‌ای بچه‌ماهیان تمام ماده تریپلوئید قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Onchorhynchus mykiss*) وجود دارد، هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر سطوح مختلف مکمل غذایی اسپیرولینا بر شاخص‌های رشد، تغذیه و بقای بچه‌ماهیان تمام ماده تریپلوئید قزل‌آلای رنگین‌کمان بود تا ضمن کسب اطلاعات در این زمینه، به نیازهای غذایی و رشد بهینه آن کمک موثری گردد و نتایج آن در اختیار پرورش‌دهندگان و دست‌اندرکاران شیلاتی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر به مدت ۸ هفته در کارگاه تکثیر و پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (گلستان، علی‌آباد کتول، زرین‌گل) انجام شد. تخم ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تریپلوئید مورد استفاده از شرکت آکوالند فرانسه تهیه شدند. برای انجام آزمایش تعداد ۳۰۰۰ عدد بچه ماهی با میانگین وزن اولیه 17 ± 15 گرم در پنج تیمار و سه تکرار به‌ازای هر تیمار، در مجموع در ۱۵ حوضچه بتنی مستطیل شکل (۱۰۰۰ لیتری) و در هر حوضچه تعداد ۲۰۰ قطعه بچه‌ماهی به‌طور تصادفی رهاسازی شدند. آب حوضچه‌ها به‌صورت روزانه تعویض می‌شدند. از آب چشمه جهت انجام آزمایش استفاده گردید. میانگین دما، اکسیژن محلول، pH در طول دوره پرورش به‌ترتیب 14 ± 1 درجه سانتی‌گراد، $7/5$ میلی‌گرم در لیتر و $7/8$ بود. جهت تغذیه، ابتدا بچه‌ماهیان با جیره پایه به‌منظور سازگاری تغذیه شدند و پس از گذشت یک هفته جیره‌های آزمایشی جایگزین غذای پایه شدند. برای تهیه جیره با درصدهای مختلف اسپیرولینا، پودر جلبک اسپیرولینا (شرکت نانوشیمی

یاخته تهران) در ۴ سطح ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد به جیره پایه اضافه شد (۱۵).

جدول ۱: ترکیب شیمیایی جلبک اسپیرولینا (۱۷)

اسید آمینه	درصد	مواد مغذی	درصد
ایزولوسین	۵/۷	پروتئین	۶۰-۷۰
لوسین	۸/۷	کربوهیدرات	۱۰-۲۰
لایزین	۵/۱	چربی	۵
متیونین	۲/۶	خاکستر	۷
فنیل آلانین	۵	رطوبت	۲
ترئونین	۵/۴	سلولز	۶
تریپتوفان	۱/۱	رنگدانه	درصد
والین	۷/۵	کارتنوئید	۰/۲۲-۰/۳۴
آلانین	۷/۹	کلروفیل	۰/۸-۱
اسپارتیک اسید	۹/۱	فیکوسیانین	۱۵-۲۰
سیستئین	۰/۹	ویتامین	میلی گرم در کیلوگرم
گلوتامیک اسید	۱۲/۷	بتاکاروتن	۱/۷
گلیسین	۴/۸	B ₁₂	۱/۶
هیستدین	۱/۵	B ₅	۱۱
پرولین	۱/۴	B ₃	۰/۵
سریں	۵/۳	اینوزیتول	۳۵۰
تیروزین	۴/۶	نیاسین	۱۱۸
آرژنین	۶/۵	پیروکسین	۳
اسید چرب	میلی گرم در کیلوگرم	تیامین	۵۵
لوریک	۲۰۰	تکوفرول	۱۹۰
میریستیک	۶۰۰	مواد معدنی	میلی گرم در کیلوگرم
پالمیتیک	۱۶/۵-۲۱/۱۴۱	کلسیم	۱/۱۸
پالمیتولیک	۱/۴۹-۲/۰۳۵	آهن	۸/۲۸
پالمیتولیکولیک	۳۵۰	فسفر	۵۲۸
هپتاندکانیک	۹۰-۱۴۲	سدیم	۳۴
استائیک	۰-۳۵۳	کلر	۴/۲
اولئیک	۱/۹۷-۳/۰۰۹	منیزیم	۱/۶۶۳
لینولیک	۱۰/۹۲-۱۳/۷۸	روی	۳
گامالینولیک	۸/۷۵-۱۱/۹۷	پتاسیم	۱۴/۳۵۳
بتا لینولیک	۱۶۰-۴۲۷	مس	۵
سایر	۷-۶۹۹	ید	۳
		سلنیم	۲
سایر	درصد		
RNA	۳/۶		
DNA	۰/۸		

تیمار شاهد شامل جیره پایه بدون افزودن مکمل جلبکی بود. جیره غذایی پایه مورد استفاده در این آزمایش از جیره غذایی تجاری

قزل آلا (شرکت ۲۱ بیضاء شیراز) و به صورت پودری به کار برده شد. برای تهیه جیره های غذایی، ابتدا جیره پودر شده و پودر اسپیرولینا مورد نیاز با استفاده از ترازو وزن شده و پس از مخلوط کردن مقدار معینی آب به آن ها اضافه شد تا به حالت خمیری درآمد. خمیر حاصل از چرخ گوشت عبور داده شد و به شکل پلت در مجاورت هوا خشک گردید و سپس برای مصرف در طول دوره آزمایش در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد نگهداری شد (۱۶). تغذیه ماهی ها در ۵ تیمار (شامل تیمار شاهد، و تیمارهای حاوی اسپیرولینا ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد) روزانه به میزان ۳ درصد وزن بدن در سه وعده در روز (۸، ۱۲ و ۱۸) به مدت ۸ هفته انجام شد. در انتهای دوره آزمایش، قبل از زیست سنجی ماهیان با استفاده از پودر گل میخک (به میزان ۲۵۵ میلی گرم در لیتر) بی هوش شدند (۱۸). اندازه گیری وزن ماهیان با ترازوی دیجیتال دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم و طول آن ها با تخته بیومتری با دقت ۱ میلی متر انجام شد. پس از اندازه گیری وزن و طول ماهیان شاخص های رشد، تغذیه و بقا با استفاده از روابط زیر محاسبه گردید (۵):

$100 \times (\text{تعداد کل ماهیان} / \text{تعداد ماهیان زنده}) = \text{درصد بقا}$

$= \text{ضریب تبدیل غذایی}$

$100 \times (\text{وزن اولیه ماهی} - \text{وزن نهایی ماهی}) / (\text{طول دوره پرورش} \times \text{میزان غذای مصرف شده})$

$= \text{ضریب رشد ویژه}$

$100 \times \text{طول دوره آزمایش} / (\text{وزن اولیه ماهی} - \text{وزن نهایی ماهی})$

$^3 (\text{میانگین طول نهایی}) / (\text{میانگین وزن نهایی}) = \text{ضریب چاقی}$

نمونه برداری در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام و برای هر تیمار سه تکرار در نظر گرفته شد. تجزیه و تحلیل داده های حاصل از آزمایش با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA One Way) و آزمون مقایسه چند دامنه دانکن (Duncan)، در سطح احتمال ۵ درصد بین تیمارهای مختلف صورت گرفت؛ برای این کار از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ استفاده گردید.

نتایج

نتایج مرتبط با شاخص های رشد و بقای تیمارهای مختلف در انتهای دوره آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. در ابتدای آزمایش بین تیمارهای تحت بررسی از نظر تغییرات وزن اختلاف معنی داری وجود نداشت و ۵ گروه از نظر میانگین وزن همگن بودند ($P > 0.05$). در انتهای دوره آزمایش بین تیمارها اختلاف معنی دار به ثبت رسید؛ بچه ماهیان تمام ماده قزل آلا رنگین کمان از میانگین وزن اولیه حدود ۱۵ گرم به میانگین وزن نهایی ۴۴ تا ۵۵ گرم در طول دوره ۸ هفته ای آزمایش رسیدند. ماهیان تغذیه شده با جیره پایه (شاهد) از پایین ترین وزن برخوردار بودند و با افزوده شدن

ضریب چاقی ماهیان تحت آزمایش با افزایش سطح اسپیرولینا روند رو به بهبودی داشتند ($P > 0.05$). کمترین ضریب تبدیل غذایی در تیمار ۳ مشاهده شد اما با تیمار ۴ اختلاف معنی داری را نشان نداد ($P > 0.05$).

اسپیرولینا رشد ماهیان نیز افزایش یافت، به طوری که در تیمار ۷/۵ درصد به بالاترین میزان رسید. افزودن اسپیرولینا بر درصد بقای بچه ماهیان نیز اثر مثبت داشت و با افزوده شدن سطح جلبک تا ۱۰ درصد جیره، درصد بقا روند صعودی داشت. ضریب رشد ویژه و

جدول ۲: میانگین شاخص های رشد و بقا در بچه ماهیان تمام ماده ترپیلوئید قزل آلائی رنگین کمان تغذیه شده با سطوح مختلف مکمل اسپیرولینا در جیره

شاخص های رشد	شاهد	تیمار ۱ (۲/۵ درصد)	تیمار ۲ (۵ درصد)	تیمار ۳ (۷/۵ درصد)	تیمار ۴ (۱۰ درصد)
وزن اولیه (گرم)	$15/17 \pm 0/30^a$	$15/12 \pm 0/31^a$	$14/87 \pm 0/28^a$	$15/23 \pm 0/20^a$	$14/83 \pm 0/09^a$
وزن نهایی (گرم)	$44/10 \pm 1/53^c$	$48/30 \pm 1/62^b$	$49/20 \pm 1/18^b$	$54/70 \pm 1/70^a$	$51/60 \pm 1/23^{ab}$
افزایش وزن (گرم)	$194 \pm 3/00^c$	$221 \pm 2/01^{bc}$	$252 \pm 1/56^b$	$258 \pm 1/87^a$	$262 \pm 1/86^a$
ضریب تبدیل غذایی	$1/32 \pm 0/69^a$	$1/31 \pm 0/62^a$	$1/27 \pm 0/06^a$	$1/12 \pm 0/04^b$	$1/16 \pm 0/06^b$
ضریب رشد ویژه	$1/93 \pm 0/08^c$	$2/09 \pm 0/01^b$	$2/14 \pm 0/04^b$	$2/30 \pm 0/03^a$	$2/27 \pm 0/03^a$
ضریب چاقی	$2/80 \pm 0/32^a$	$2/90 \pm 0/23^a$	$2/93 \pm 0/09^a$	$2/94 \pm 0/10^a$	$3/01 \pm 0/09^a$
بقا (درصد)	$97/02 \pm 0/12^b$	$97/80 \pm 0/13^b$	$98/14 \pm 0/19^{ab}$	$98/87 \pm 0/21^{ab}$	$99/67 \pm 0/17^a$

داده ها (انحراف معیار $\pm$ میانگین) برای سه تکرار در هر تیمار هستند. حروف غیر مشابه در یک ردیف، نشان دهنده اختلاف معنی دار می باشند ($P < 0.05$).

بحث

با توجه به این که در فعالیت های آبی پروری بخش عمده ای از هزینه تولید مربوط به غذای مصرفی است، برای افزایش تولید و راندمان اقتصادی در پرورش آبزیان، تغذیه مناسب و استفاده از جیره های غذایی با حداکثر کارایی برای کاهش پرت جیره غذایی و هزینه های تغذیه بسیار ضروری است (۱۹). لذا استفاده از محرک های رشد نظیر جلبک ها به عنوان مکمل در جیره غذایی آبزیان می تواند باعث بهبود کارایی غذا، تاثیر بر میزان اشتها، افزایش میزان تغذیه و افزایش رشد گردد (۲۰). شاخص های رشد (افزایش وزن، ضریب رشد ویژه و ضریب چاقی) و تغذیه ای (ضریب تبدیل غذا) در تیمار ۷/۵ درصد از شرایط بهتری نسبت به سایر تیمارها برخوردار بود. Lu و همکاران، با افزودن ۱۰ درصد اسپیرولینا به جیره استاندارد ماهی تیلاپیا بهبود شاخص های رشد و تغذیه را نسبت به گروه کنترل مشاهده کردند (۲۱). نتایج مطالعه Abdel-Tawwab و همکاران، روی ماهی تیلاپیا نیز نشان داد شاخص های رشد و تغذیه در تیمار تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰ درصد اسپیرولینا نسبت به سایر تیمارها مطلوب تر بود (۲۲). Lu و همکاران، گزارش کردند که استفاده از اسپیرولینا در جیره لارو و بچه ماهی تیلاپیا آثار قابل توجهی بر فرآیند رشد و سوخت و ساز آن ها داشت (۱۲). نتایج به دست آمده روی هیبرید گربه ماهی (*Clarias macrocephalus* $\times$ *Clarias gariepinus*) نشان داد که از میان سطوح مختلف اسپیرولینا، مطلوب ترین شاخص های رشد و تغذیه در جیره حاوی ۱۰ درصد اسپیرولینا مشاهده شد (۲۳).

Allaf Noirian و همکاران، نشان دادند که شاخص رشد ماهی سفید (*Rutilus frisii kutum*) تغذیه شده با سطوح مختلف پودر اسپیرولینا در مقایسه با تیمار شاهد وضعیت مطلوبی نداشت با این وجود، استفاده از پودر اسپیرولینا تا ۲ درصد اثر مثبت بر بقای این ماهی داشته است (۲۴) که با نتایج حاصل از این تحقیق هم خوانی ندارد. در حالی که افزودن جلبک اسپیرولینا در مرحله لاروی میگوی وانامی (*Peneaus vanami*) (۱۰) و میگوی سفید (*Litopenaeus schmitti*) (۱۱) با درصدهای مختلف و همراه سایر غذاهای استفاده شده، آثار مثبت بر شاخص های رشد، تغذیه ای و بازماندگی آن ها داشت که نتایج مذکور با نتایج تحقیق حاضر هم خوانی دارد. هم چنین پودر اسپیرولینا در جیره کپور معمولی منجر به افزایش بقا گردید (۲۵). نتایج بررسی روی ماهی بنی (*Mesopotamichthys sharpeyi*) انگشت قد نشان داد افزودن ۱۰ درصد مکمل غذایی اسپیرولینا، بهبود وزن نهایی را به همراه داشت (۱۶). در ماهی کفال خاکستری (*Mugil cephalus*) بالاترین وزن و کمترین ضریب تبدیل غذایی در جیره حاوی ۱۵ گرم در کیلوگرم جلبک اسپیرولینا به ثبت رسید (۲۶). بررسی Teimouri و همکاران، نشان داد استفاده از پودر اسپیرولینا در رژیم غذایی ماهی قزل آلائی رنگین کمان ۱۰۰ گرمی منجر به اختلاف معنی داری در میزان رشد و بقای ماهی شد (۲۷) که نتایج مذکور با تحقیق حاضر مطابقت دارد. بررسی ها نشان می دهد تغذیه با جلبک اسپیرولینا باعث فعال شدن ساخت پروتئین ها و هم چنین افزایش رشد می گردد (۲۸). جلبک ها به عنوان یک ماده موثر، دارای این ویژگی هستند که باعث تاخیر در روند جذب مواد مغذی موجود در جیره

- considering dietary protein and 3, 5, 3'-triiodo-L thyronine content. *Aquaculture*. 34(3-4):213-38.
4. **Rezaei, J. and Darvishi, B., 2007.** Economic evaluation of trout fish farming in Ilam province. *Veterinary Research and Biological Products*. 20(76): 150-160. (In Persian)
 5. **Nandeesh, M.C., Gangadhara, B., Maniserry, J.K. and Venkataraman, L.V., 2001.** Growth performance of two Indian major carps, catla (*Catla catla*) and rohu (*Labeorohita*) fed diets containing different levels of *Spirulina platensis*. *Bioresource Technology*. 80(2): 117-120.
 6. **Volkman, H., Imianovsky, U., Oliveira, J.L. and Sant'Anna, E.S., 2008.** Cultivation of *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* in desalinator wastewater and salinated synthetic medium: protein content and amino acid profile. *Brazilian Journal of Microbiology*. 39(1): 98-101.
 7. **Göksan, T., Zekeriyaoğlu, A. and Ak, İ., 2007.** The growth of *Spirulina platensis* in different culture systems under greenhouse condition. *Turkish journal of biology*. 31(1): 47-52.
 8. **Sandbank, E. and Hephher, B., 1978.** The utilization of microalgae as a feed for fish. *Ergeb. Limnol*. 11: 108-120.
 9. **Ghaeni, M., Matinfar, A., Roomiani, L. and Chobkar, N., 2010.** Studying the effect of pure *Spirulina* powder (domestic production) on the growth and survival of the larval stage of green tiger shrimp (*Penaeus semisulcatus*) in comparison with three common diets. *Journal of Marine Biology*. 12(1): 3-9. (In Persian)
 10. **Hanel, R., Broekmann, D., De Graaf, S. and Schnack, D., 2007.** Partial replacement of fishmeal by lyophilized powder of the microalgae *Spirulina platensis* in Pacific white shrimp diets. *The Open Marine Biology Journal*. 1: 1-5.
 11. **Jaime-Ceballos, B.J., Hernández-Llamas, A., Garcia Galano, T. and Villarreal, H., 2006.** Substitution of *Chaetoceros muelleri* by *Spirulina platensis* meal in diets for *Litopenaeus schmitti* larvae. *Aquaculture*. 260(1-4): 215-220.
 12. **Lu, J., Satoh, H. and Takeuchi, T., 2008.** Development of models of threshold and efficient algal densities for larval and juvenile tilapia *Oreochromis niloticus* on raw *Spirulina*. *Aquaculture*. 285(1-4): 249-254.
 13. **Ahmadzade Nia, Y., Adl, K.N., Hezave, S.G., Hejazi, M.A., Hassanpour, S., Chaichisemari, M. and Riyazi, S.R., 2011.** Effect of replacing different levels of soybean meal with *Spirulina* on performance in rainbow trout. *Annals of Biological Research*. 2(3): 374-379.
 14. **Abdulrahman, N.M., 2014.** Effect of replacing fishmeal with *Spirulina* spp. on carcass chemical composition of common carp *Cyprinus carpio* L. *Iraqi Journal of Veterinary Sciences*. 28(2): 67-70.
 15. **Javeed, H., Bhat, F.A., Shah, T.H., Balkhi, M.H., Asimi, O.A., Abubakar, A., Bhat, B.A., Gul, S. and Maqsood, H.M., 2021.** Effect of dietary *Spirulina platensis* on blood physiology of common carp (*Cyprinus carpio* var. communis). *The Pharma Innovation Journal*. 10(9): 632-635.

غذایی شده و استفاده از کربوهیدرات و پروتئین را افزایش می‌دهند، بنابراین استفاده از این جلبک در جیره‌های غذایی منجر به افزایش رشد می‌شود (۲۸). جلبک اسپیرولینا به عنوان یک منبع پروتئینی بالقوه با توجه به محتوای پروتئین بالا، وجود اسیدهای چرب ضروری، ویتامین‌ها و مواد معدنی شناخته شده است. هم‌چنین، در این گونه عدم وجود دیواره سلولی گزارش شده است که منجر به هضم و جذب بهتر می‌شود (۵). بهبود دریافت غذا در تیمارهای حاوی جلبک اسپیرولینا احتمالاً می‌تواند ناشی از افزایش اشتها ماهی باشد که سرانجام منجر به دریافت غذای بیش‌تر و بهبود شاخص‌های رشد و تغذیه گردید (۲۹). هم‌چنین در این گونه به دلیل وجود فیکوسیاینین، ویتامین B12، فنوتیک اسیدها و توکوفرول‌ها، افزایش هضم چربی‌ها و جلوگیری از اکسیداسیون چربی‌ها گزارش شده است (۳۰). از این رو جلبک اسپیرولینا به عنوان یک پروبیوتیک و تقویت‌کننده سیستم ایمنی در ماهی مطرح است (۳۱). امروزه اسپیرولینا به صورت گسترده در صنعت آبی پروری به عنوان محرک ایمنی استفاده می‌شود و در تحقیقات اخیر، اثرات جلبک اسپیرولینا به عنوان محرک ایمنی و تقویت کننده سیستم ایمنی در آبزیان مختلف گزارش شده است (۲۹، ۲۳، ۳۲). در مطالعه حاضر بقای بچه‌ماهیان تمام ماده تربیلونید قزل‌آلای رنگین‌کمان با افزودن مکمل اسپیرولینا بهبود یافت که می‌توان علت آن را به بهبود عملکرد سیستم ایمنی ماهیان به دلیل حضور آنتی اکسیدان‌ها در مکمل اسپیرولینا و تا حدودی به اثر این جلبک بر بهبود و ارتقای کیفیت آب مخازن محیط پرورشی (۳۳) نسبت داد. با توجه به نتایج تحقیق حاضر، به نظر می‌رسد که بهترین میزان جلبک اسپیرولینا برای ماهی تمام ماده قزل‌آلای رنگین‌کمان در این مطالعه سطح ۷/۵ درصد بود که بیش‌ترین بازدهی را در شاخص‌های رشد نشان داد.

منابع

1. **FAO. 2016.** National Aquaculture Sector Overview Fact Sheets. FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 2 May 2016. http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_iran/en.
2. **Tokur, S., Ozkütük, E., Atici, G., Ozyurt, C.E. and Ozyur, E., 2006.** The effects of frozen storage at -18°C on the chemical and sensory qualities of fish fingers produced from unwashed and washed mirror carp (*Cyprinus carpio*) mince were investigated. The amounts of moisture, crude protein, lipid, crude ash, $\omega 3$ polyunsaturated. *Food Chemistry*, Elsevier. 151: 5570.
3. **Higgs, D.A., Fagerlund, U.H., McBride, J.R., Plotnikoff, M.D., Dosanjh, B.S., Markert, J.R. and Davidson, J., 1983.** Protein quality of Altex canola meal for juvenile chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*)

29. **Abdel-Tawwab, M., Khatatab, Y.A., Ahmad, M.H. and Shalaby, A.M., 2006.** Compensatory growth, feed utilization, whole-body composition, and hematological changes in starved juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Journal of Applied Aquaculture*. 18(3): 17-36.
30. **Oh, S.H., Ahn, J., Kang, D.H. and Lee, H.Y., 2011.** The effect of ultrasonicated extracts of *Spirulina maxima* on the anticancer activity. *Marine Biotechnology*. 13(2): 205-214.
31. **James, R., Sampath, K., Nagarajan, R., Vellaisamy, P. and Manikandan, M.M., 2009.** Effect of dietary *Spirulina* on reduction of copper toxicity and improvement of growth, blood parameters and phosphatases activities in carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton, 1822). *Indian Journal of Experimental Biology*. 47(9): 754-759.
32. **Promya, J. and Chitmanat, C., 2011.** The effects of *Spirulina platensis* and *Cladophora* algae on the growth performance, meat quality and immunity stimulating capacity of the African sharptooth catfish (*Clarias gariepinus*). *International Journal of agriculture and Biology*. 13(1): 77-82.
33. **Chuntapa, B., Powtongsook, S. and Menasveta, P., 2003.** Water quality control using *Spirulina platensis* in shrimp culture tanks. *Aquaculture*. 220(1-4): 355-366.
16. **Saligheh Zadeh, R., Yavari, V., Mousavi, S.M. and Zakeri, M., 2014.** Effect of Different Levels of Dietary Supplementation of *Spirulina platensis* on Some Growth, Feeding Indices and Body Composition of Benny *Mesopotamichthys sharpeyi* (Günther, 1874) Fingerlings. *Journal of Oceanography*. 5(18): 21-27. (In Persian)
17. **Beresto, V., 2001.** Our experience in spirulina feeding to minks in the reproduction period. *Scientifur*. 25(1/2): 11-15.
18. **Akhlagi, M. and Mirab Brojerdi, M., 1999.** Anesthetic effect of clove tree and LC50 determination in rainbow trout. *Journal of Veterinary Research*. 54(2): 49-52. (In Persian)
19. **Sanchez-Muros, M.J., Corchete, V., Suarez, M.D., Cardenete, G., Gomez-Milan, E. and De la Higuera, M., 2003.** Effect of feeding method and protein source on Sparus aurata feeding patterns. *Aquaculture*. 224(1-4): 89-103.
20. **Steiner, T., 2006.** The potential benefits of natural growth promoters. *Feed Tech*. 10(2): 26-28.
21. **Lu, J., Takeuchi, T. and Satoh, H., 2004.** Ingestion and assimilation of three species of freshwater algae by larval tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*. 238(1-4): 437-449.
22. **Abdel-Tawwab, M., Ahmad, M.H. and Seden, M.E., 2008.** The effect of feeding various dietary protein levels during growing on growth performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. In *Proceedings Eighth International Symposium on Tilapia in Aquaculture* (eds. Elghobashy, H., Fitzsimmons, K. and Diab, A.S.), 861-874.
23. **Phromkunthong, W. and Pipattanawattanukul, A., 2005.** Effects of *Spirulina* sp. on growth performance and antibody levels in hybrid catfish, *Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus* (Burchell). *Warasan Songkhla Nakharin* (Sakha Witthayasat lae Technology). Songklanakarin J. Sci. Technol. 27(1): 115-132.
24. **Allaf Noirian, H., Khoshkholgh, M.R., Mosapour Shojani, M. and Shakorian, M., 2013.** Replacement of dietary *Spirulina platensis* powder and its effect on growth and body chemical composition in *Rutilus frisii kutum* fry. *Iranian Journal of Natural resources*. 67: 453-445.
25. **Hironobu, W., Kazuki, O., Asmi, C., Tassakka, T. and Masahiro, S., 2006.** Immunostimulant effects of dietary *Spirulina platensis* on carp, *Cyprinus carpio*. *Aquaculture*. 258(1): 157-163.
26. **Akbary, P. and Sondakzehi, A., 2016.** Effect of *Spirulina platensis* Powder on Growth, Feed, Body Chemical Composition and Fatty Acids in *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758. *Journal of Fisheries*. 69(1): 1-9. (In Persian)
27. **Teimouri, M., Yeganeh, S. and Amirkolaie, A.K., 2016.** The effects of *Spirulina platensis* meal on proximate composition, fatty acid profile and lipid peroxidation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) muscle. *Aquaculture Nutrition*. 22(3): 559-566.
28. **Mustafa, M.G., 1994.** Effects of *Ascomyllum* and *Spirulina* meal as feed additives on growth performance and feed utilization of red sea bream, *Pagrus major*. *Journal of the Faculty of Applied Biological Science*. 33: 125-132.