اثر تغذیه با ریز جلبک اسپیرولینا بر رشد، بازماندگی، کارایی رنگ‌پذیری و هضم پذیری رنگدانه در ماهی اسکار (*Astronotus ocellatus*)

احمد نصرتی موفق[1]، عبدالصمد کرامت امیرکلایی[1]، حسین اورجی[1]

۱-گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۴/۲۲

چکیده

هدف اصلی این مطالعه تعیین اثر جیره‌های حاوی صفر، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد پودر ریزجلبک اسپیرولینا (*Spirulina platensis*) بر عملکرد رشد، کارایی رنگ پذیری و هضم پذیری رنگدانه در ماهی زینتی اسکار (*Astranotus ocellatus*) بود. ۲۸۸ قطعه ماهی اسکار با میانگین وزنی ۰/۰۹±۱۰/۷۳ گرم در قالب طرح کاملاً تصادفی در آکواریوم‌های پرورشی با حجم آبگیری ۴۵ لیتر ذخیره‌سازی شدند. تیمارهای آزمایشی حاوی سطوح صفر، ۲/۵، ۵ و ۷/۵ درصد اسپیرولینا با سه تکرار بودند. ماهیان به مدت ۴۲ روز با جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند. به منظور حفظ کیفیت آب سیفون و تعویض آب به صورت روزانه انجام می‌گرفت و پارامترهای کیفی آب به صورت هفتگی اندازه گیری شدند. نتایج حاصله نشان داد افزودن اسپیرولینا اثر معنی‌داری بر شاخص‌های وزن نهایی، وزن بدست آمده، طول نهایی، نرخ رشد ویژه، شاخص وضعیت، غذای مصرف شده و ضریب تبدیل غذایی نداشت ($P>0/05$). شاخص هپاتوسوماتیک در تیمارهای حاوی اسپیرولینا به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد بود ($P<0/05$) هضم‌پذیری رنگدانه در همه تیمارها بالا بود (>۹۷٪) با این حال از نظر قابلیت هضم تفاوت معنی‌داری بین تیمار ۷/۵ درصد اسپیرولینا و تیمار شاهد مشاهده نشد ($P>0/05$). بیشترین مقدار کاروتنوئید در پایان دوره در پوست ماهیانی مشاهده شد که از جیره حاوی ۷/۵ درصد اسپیرولینا تغذیه کرده بودند ($P<0/05$). نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد که با توجه به افزایش معنی‌دار رنگ در سطح ۷/۵ درصد اسپیرولینا، می‌توان از این سطح به عنوان میزان بهینه پودر جلبک در جیره ماهی اسکار استفاده نمود.

کلمات کلیدی: اسپیرولینا، رنگ‌پذیری، ماهی اسکار، قابلیت هضم.

* عهده‌دار مکاتبات (✉). ahmad_movaffaq@yahoo.com

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.3.6.1]

مقدمه

تجارت ماهیان زینتی از جایگاه قابل توجه برخوردار گشته است (Ghosh *et al*., 2007) به نحوی که میزان تجارت ماهیان زینتی سالانه بالغ بر ۷ میلیارد دلار می‌باشد. در این بین برخی از کشورها به خوبی از پتانسیل‌های خود استفاده کرده‌اند؛ به عنوان مثال، در ایالات متحده ۳۲ گونه از ماهیان زینتی تولید می‌شود و ارزش تجارت ماهیان زینتی در این کشور حدود ۱۰۰۰ میلیون دلار در سال تخمین زده شده است (Livengood and Chapman, 2007). ماهی اسکار یکی از محبوب‌ترین ماهی‌های زینتی محسوب می‌شود که زیبایی آن مدیون نقش و نگارهای طلایی در دو طرف بدن است. به عبارتی، ماهی اسکار تنها زمانی برای مشتریان بازارپسندی دارد که دارای رنگ‌های درخشان و قابل توجهی باشد. رنگ‌آمیزی یکی از عوامل تعیین‌کننده در قیمت نهایی ماهی‌های زینتی است (Gouveia *et al*., 2003). رنگ ماهیان عمدتاً به وجود کروماتوفورها که شامل رنگدانه‌های رنگی می‌شود، بستگی دارد. چهار گروه اصلی از رنگدانه‌ها که به پوست و بافت‌ها حیوانات و گیاهان رنگ می‌دهند، به نام‌های ملانین‌ها، پورین‌ها، پتریدیوم‌ها و کاروتنوئیدها وجود دارند. کاروتنوئیدها که محلول در چربی هستند، به پوست رنگ زرد و قرمز می‌دهند. آن‌ها همچنین باعث رنگ نارنجی و سبز تخم، پوست و گوشت بسیاری از ماهیان می‌شوند (Brown *et al*., 2014).

ماهی‌ها همانند سایر حیوانات توانایی سنتز کاروتنوئیدها را ندارند. بنابراین، برای به بدست‌آوردن رنگدانه متکی به جیره هستند. معمولاً کاروتنوئیدهای مصنوعی مورد استفاده در تغذیه ماهی شامل آستاگزانتین، کانتاگزانتین و لوتئین می‌شود که در این بین آستاگزانتین به صورت گسترده‌ای برای ماهیان زینتی و پرورشی استفاده می‌گردد (Hosseini *et al*., 2015). از کاروتنوئیدها در جیره غذایی، برای افزایش رنگ ماهیان استفاده می‌شود (عرب و همکاران.، ۱۳۹۸). آستاگزانتین گران بوده و حدود ۲۰-۱۵ درصد از کل هزینه غذا و ۸-۶ درصد از کل هزینه تولید را تشکیل می‌دهد (Forsberg and Guttormsen, 2006). بعضی از محققان پیشنهاد می‌کنند که استفاده از رنگدانه‌های طبیعی تأثیر بهتری نسبت به رنگدانه‌های مصنوعی دارد (جابری و همکاران، ۱۳۹۵). در این میان جلبک اسپیرولینا حاوی مقادیر قابل توجهی از رنگدانه‌های کاروتنوئیدی است (Careri *et al*., 2001). در همین راستا تحقیقات نشان داده است استفاده از جلبک اسپیرولینا باعث افزایش قرمزی در بسیاری از آبزیان می‌شود که از این بین می‌توان نتایج مثبت ایجاد شده بر رنگ ماهی دم‌شمشیری (*Xiphophorus helleri*)، ماهی رنگین‌کمان (*Pseudomugil furcatus*)، سیکلید توپاز (*Cichlasana myrna*) (Ako *et al*., 2000). سیچلاید کنیی (*Maylandia lombardoi*) (Karadal *et al*., 2017)، لوچ ملکه (*Botia dario*) (Gogoi *et al*., 2017) و میگوی زینتی ردچری (*Neocaridina davidi*) (Namaei Kohal *et al*., 2018) اشاره کرد.

علاوه بر کمیت و کیفیت کاروتنوئید مصرفی، میزان جذب آن نیز دارای اهمیت است. قسمت ابتدایی روده مهم‌ترین مکان جذب کاروتنوئیدها است. جذب کاروتنوئید یک فرآیند آهسته بوده و اعتقاد بر این است که جذب از طریق دستگاه گوارش با مکانیسم انتقال غیر فعال صورت می‌گیرد که شامل چندین

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.3.6.1]

مرحلـه شکسـتن ترکیبـات پیچیـده غـذا، انحـلال کاروتنوئیـدها درون نمـک‌هـای صـفراوی، حرکـت از میان لایـه آبـی غیـر قابـل حـل در مجـاور میکروویلـی، جذب به وسـیله انتروسـیت و همچنـین چیلـومیکرون‌هـا می‌باشد (Ytrestoyl *et al*., 2006). لذا هدف از مطالعه حاضر تعیین اثر جلبک اسپیرولینا بـر کـارایی جـذب و رنگ‌پذیری در ماهی زینتی اسکار می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سالن تکثیر و پرورش ماهی زینتی واقـع در فیروزکنـده وسـطی شهرسـتان سـاری صـورت گرفت. آب مورد استفاده برای کارگاه آب شهری بـود که به منظور خروج کلر قبـل از ریختن آن در مخـازن، در یک مخزن روباز به مدت ۲۴ ساعت ذخیره‌سـازی و هوادهی مـی‌شـد. هـوادهی آکواریـوم‌هـای پرورشـی از طریق پمپ هوا و لوله‌های هواده انجام می‌شـد و در هـر آکواریوم سنگ هوا قرار گرفته بود. در این آزمـایش از آکواریـــــوم‌هـــــایی بـــــا ابعـــــاد ۴۵×۲۳×۵۰ (طول×عرض×ارتفاع) استفاده شد. با توجه به ۴ تیمـار و ۳ تکرار، ۱۲ آکواریوم در نظر گرفته شد. حجم آب در هر آکواریوم ۳۰ لیتر بود و تعویض آب بصورت روزانه و به میزان ۲۰ درصد بـه همـراه سـیفون کـردن صـورت می‌گرفت.

درجه حرارت آب بصورت روزانه توسط دماسـنج و فاکتورهای کیفی آب از جمله اکسیژن محلول توسط اکسیژن متـر (مـدلAqualytic-AL15 سـاخت آلمـان)، pH توسـط pH متـر (مـدل Wpa-Cd500)، سـختی، شوری و قابلیت هدایت الکتریکی با استفاده از دسـتگاه Senciun- Hach ساخت آمریکا طی دوره اندازه‌گیـری شد.

ماهیان اسکار (نژاد تایگر) بـا میـانگین وزنـی ۰/۰۹ ± ۱۰/۷۳ گرم از یک مرکز معتبر پرورش ماهیان زینتـی خریداری شد و با نایلون‌های مخصوص حمل ماهی کـه حاوی ۸۰ درصد با اکسیژن و ۲۰ درصد آب بودنـد، بـه سالن پرورش منتقل شدند. مدت زمان سازگاری ماهیان با آب و شرایط محیط پرورش جدیـد دو هفتـه بـود. در طی این مدت ماهیان با جیره غذایی تیمـار شـاهد تغذیـه شدند. در این آزمایش ۱۴۴ قطعـه مـاهی در قالـب یـک طرح کاملاً تصادفی در گروه‌های آزمایشـی مـورد نظـر در مخازن پرورش با تراکم ۱۲ قطعه در هر مخـزن قـرار گرفتند.

در این تحقیق پودر جلبک اسپیرولینا با نـام تجـاری ققنوس استفاده شـد. بـه دلیـل شـباهت زیـاد در ترکیـب تقریبی پودر ماهی و اسپیرولینا مورد استفاده (جدول ۱)، این جلبـک در مقـادیر مختلـف جـایگزین پـودر مـاهی جیره شاهد شد.

جدول ۱: ترکیب شیمیایی تقریبی اسپیرولینا و پودر ماهی استفاده شده در این تحقیق (وزن خشک به درصد)

ترکیب تقریبی	مواد غذایی	
	اسپیرولینا	پودر ماهی
ماده خشک	۹۵	۹۲
پروتئین	۶۲	۶۰
چربی	۹	۹/۷

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.3.6.1]

جدول ۲: ترکیب اجزای جیره مورد استفاده در تیمارهای مختلف

اقلام/جیره	سطح اسپیرولینا در جیره (درصد)			
	۰	۲/۵	۵	۷/۵
پودر ماهی	۴۹۰	۴۶۵	۴۴۰	۴۱۵
اسپیرولینا	۰	۲۵	۵۰	۷۵
سویا	۱۲۰	۱۲۰	۱۲۰	۱۲۰
آرد	۲۴۰	۲۴۰	۲۴۰	۲۴۰
گلوتن گندم	۷۰	۷۰	۷۰	۷۰
روغن ماهی	۲۰	۲۰	۲۰	۲۰
فیلر	۵	۵	۵	۵
ملاس چغندر	۱۹	۱۹	۱۹	۱۹
[۱]مکمل معدنی	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵
[۲]مکمل ویتامین	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵
اکسید کروم	۶	۶	۶	۶
ترکیب				
ماده خشک	۹۰	۹۰	۸۹	۹۱
پروتئین	۴۵/۱۴	۴۵/۲۱	۴۵/۱۴	۴۵/۴۳
چربی	۱۰/۵	۱۰/۴	۱۰/۳	۱۰/۳
خاکستر	۱/۷	۶/۸	۶/۶	۶/۳
انرژی متابولیسمی (Kcal/g)	۲/۶۶	۲/۶۷	۲/۶۸	۲/۶۹

[۱] شرکت خوراک دام و طیور و آبزیان مازندران (ساری، ایران). هر کیلوگرم مکمل معدنی حاوی کولین کلراید ۱۷۵۰ میلی‌گرم، مس ۱۱ میلی‌گرم، آهن ۵۶ میلی‌گرم، روی ۹۲ میلی‌گرم، منیزیم ۳۴ میلی‌گرم، ید ۳ میلی‌گرم، سلنیوم ۰/۷۵ میلیگرم، کبالت ۰/۸ میلی‌گرم

[۲] شرکت خوراک دام و طیور و آبزیان مازندران (ساری، ایران). هر کیلوگرم مکمل ویتامینی حاوی ویتامین IU D3 ۶۰۰۰، ویتامین IU A ۹۰۰۰، ویتامین K3 ۱۵ میلی‌گرم، ویتامین E ۶۰۰ میلی‌گرم، تیامین ۴۵ میلی‌گرم، ریبوفلاوین ۷۵ میلی‌گرم، اینوزیتول ۳۵۰ میلی‌گرم، سیانوکوبالامین ۱۲۰ میلی‌گرم، پانتونیک اسید ۱۳۵ میلی‌گرم، ویتامین C ۷۸۰ میلی‌گرم، نیاسین ۵۶۰ میلی‌گرم، فولیک اسید ۳۴ میلی‌گرم، بیوتین ۳ میلی‌گرم، آنتی‌اکسیدان ۸۷ میلی‌گرم.

ترکیب جیره ساخته شده برای ماهیان اسکار در تیمارهای مختلف بر حسب درصد در جدول ۲ بیان شده است. جیره شاهد با ۴۵ درصد پروتئین و ۱۰/۵ درصد چربی طراحی (Saghaei *et al*., 2015) و برای تغذیه تیمارهای آزمایشی نیز جلبک اسپیرولینا در سطوح ۲/۵، ۵، ۷/۵ درصد استفاده گردید (Teimouri *et al*., 2013).

ماهیان به مدت ۴۲ روز با جیره‌های آزمایشی تغذیه شدند. در ابتدای دوره پرورش ماهی‌ها توزین شده و براساس میانگین وزن بدن در هر تکرار آزمایش قرار داده شدند. غذادهی روزانه به میزان ۲ درصد وزن بدن و در دو وعده (صبح، عصر) صورت می‌گرفت. برای جلوگیری از آلودگی محیط پرورش، ضایعات غذایی و مدفوع به کمک سیفون خارج می‌شد. این عمل با توجه

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.3.6.1]

به شدت آلودگی، گاهی تا دو بار در روز انجام می‌شد. علاوه بر آن یکبار در هفته دیواره‌ها به خوبی تمیز می‌شد. به منظور تعیین میزان رشد ماهیان مورد آزمایش، وزن بچه‌ماهیان در هر مخزن در روزهای صفر، ۱۴، ۲۸ و در پایان دوره پرورش (روز ۴۲) اندازه‌گیری شد. ماهیان هر مخزن پس از بیهوشی با اسانس گل میخک (۵۰ میلی‌گرم در لیتر) با استفاده از ترازوی دیجیتال بطور انفرادی با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شده و با خط‌کش با دقت میلی‌متر طول استاندارد آن‌ها ثبت شد. شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای شامل افزایش وزن بدن، ضریب تبدیل غذایی (Pratoomyot *et al.*, 2010)، نرخ رشد ویژه و درصد بازماندگی (He *et al.*, 2015) ماهیان محاسبه شدند. همچنین در روز ۴۲ از هر آکواریوم ۳ نمونه تصادفی ماهی با دوز بالای اسانس میخک کشته شدند. سپس تا زمان آنالیز در ۲۰- درجه نگهداری شدند. اندازه‌گیری کاروتنوئید پوست به روش Torrissen و Naevdal (۱۹۸۴) با کمی اصلاحات از طریق اسپکتروفتومتری در طول موج ۴۵۰ نانومتر و ضریب خاموشی ۲۵۰۰ انجام شد. از آنجا که رنگ پوست اسکار تنها در یک لایه نازک سطحی در پوست و فلس‌ها وجود داشت، تنها پوست به همراه فلس‌ها به کمک تیغ اسکالپل از قسمت دم، بدنه و پشت سرپوش آبششی تراشیده شد. برای اندازه‌گیری کاروتنوئید مدفوع نیز به همین روش عمل شد. با این تفاوت که نمونه مدفوع‌ها ابتدا در آون تحت خلاء خشک شدند. استخراج کاروتنوئید از اسپیرولینا به کمک استون ۸۰٪ (۸۰ میلی‌گرم استون به علاوه ۲۰ میلی‌گرم آب مقطر) و به روش Lu و همکاران (۲۰۰۸) از طریق اسپکتروفتومتری انجام شد. نمونه جلبکی *S. platensis* که در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفت، حاوی ۱/۳۷ میلی‌گرم کاروتنوئید در هر گرم جلبک بود.

در دو هفته انتهایی برای اندازه‌گیری هضم‌پذیری جیره آزمایشی، ماهیان با غذای مارکردار تغذیه شدند. ماهیان حدود یک هفته با جیره آزمایشی سازگار شده و سپس مواد دفعی به روش سیفون کردن به مدت یک هفته جمع‌آوری شد و پس از خشک‌شدن مدفوع، تا زمان آزمایش هضم-پذیری به روش Fenton و Fenton (۱۹۷۹) و آنالیز پروتئین و چربی، خاکستر و رنگدانه در ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند (Schrama *et al.*, 2012). جیره‌های آزمایشی و مدفوع جهت اندازه‌گیری درصد ماده خشک، پروتئین، چربی و خاکستر بر اساس روش (AOAC, 1990) مورد آنالیز تقریبی قرار گرفتند. رطوبت از طریق قرار دادن نمونه در آون با دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد و توزین آن پس از خشک‌شدن در دسیکاتور انجام شد. اندازه‌گیری پروتئین با روش کجلدال و چربی با روش سوکسله و حلال اتر صورت گرفت. خاکستر نمونه‌ها از طریق سوزاندن نمونه در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶ ساعت و توزین آن صورت پذیرفت. مقادیر بدست آمده در جدول ۲ آورده شده است. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. تحلیل داده‌ها با استفاده از آنالیز واریانس یک طرفه، مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه دانکن و سطح معنی‌داری ۵٪ در نرم افزار SPSS 19 انجام شد.

نتایج

میانگین دما طی دوره آزمایش ۱±۲۶ درجه سانتی‌گراد، اکسیژن محلول ۰/۳۵±۷/۶۳ میلی‌گرم بر لیتر، pH ۰/۱۶±۸/۴، کل مواد جامد محلول

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.3.6.1]

۵۶۴/۲۳±۲۲/۱۶ میلی‌گرم بر لیتر، شوری ۰/۱±۰/۰۱ قسمت در هزار، هدایت الکتریکی ۷۸۰/۱۰±۵/۸ میکروزیمنس بود. نتایج حاصل از بررسی تغییرات وزن بدن ماهیان اسکار تغذیه‌شده با تیمارهای مختلف بر حسب گرم در جدول ۳ نشان داده شده است. اثر تغذیه با سطوح مختلف ریزجلبک اسپیرولینا بر عملکرد رشد از نظر وزن نهایی، وزن به دست آمده، طول نهایی، فاکتور وضعیت و نرخ رشد ویژه معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵). با این حال، بیشترین و کمترین وزن نهایی به ترتیب در تیمارهای ۵ و ۷/۵ درصد اسپیرولینا مشاهده شد. ضریب تبدیل غذایی و غذای مصرف شده به ازای هر ماهی نیز تحت تاثیر اسپیرولینا قرار نگرفتند (P>۰/۰۵). شاخص هپاتوسوماتیک تحت تاثیر سطوح مختلف اسپیرولینا قرار گرفت به طوری که، تمامی تیمارهای حاوی اسپیرولینا شاخص هپاتوسوماتیک کمتری نسبت به تیمار شاهد داشتند. درصد بازماندگی تحت تاثیر سطوح مختلف اسپیرولینا قرار نگرفت اما کمترین درصد بازماندگی در تیمار شاهد مشاهده شد (P>۰/۰۵).

جدول ۳: مقایسه میانگین اثرات سطوح مختلف ریزجلبک اسپیرولینا بر عملکرد رشد و کارایی تغذیه بچه‌ماهیان اسکار

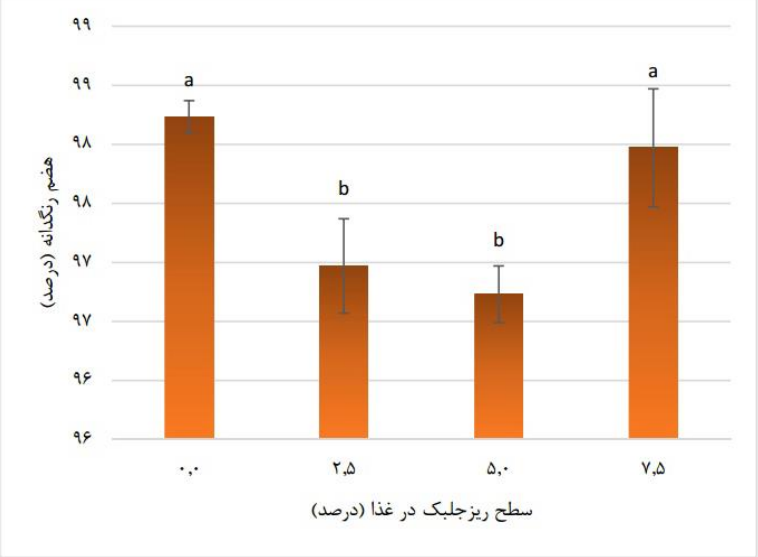
شاخص‌های رشد	سطح اسپیرولینا در جیره (درصد)			
	صفر	۲/۵	۵	۷/۵
وزن اولیه (g)	۱۰/۷۱±۰/۰۷	۱۰/۸۰±۰/۰۷	۱۰/۷۵±۰/۱۲	۱۰/۷۱±۰/۰۷
وزن نهایی (g)	۲۰/۰۵±۱/۳۵	۲۰/۷۴±۰/۵۰	۱۹/۳۷±۱/۹۲	۲۰/۹۶±۰/۶۲
وزن به دست آمده (g)	۹/۳۴±۰/۷۷	۹/۹۵±۰/۳۲	۸/۶۳±۰/۶۹	۱۰/۲۵±۰/۵۴
طول اولیه (cm)	۴/۲۱±۰/۱۸	۴/۳۰±۰/۰۴	۴/۲۵±۰/۳۶	۴/۲۰±۰/۳۳
طول نهایی (cm)	۷/۲۸±۰/۰۵	۷/۴۰±۰/۰۸	۷/۵۲±۰/۲۴	۷/۰۶±۰/۱۰
فاکتور وضعیت	۵/۱۹±۰/۱۹	۵/۱۲±۰/۱۷	۴/۶۲±۰/۸۳	۵/۹۶±۰/۴۱
نرخ رشد ویژه (%/day)	۱/۴۹±۰/۱۵	۱/۵۵±۰/۰۷	۱/۴۰±۰/۱۴	۱/۶۰±۰/۰۵
ضریب تبدیل غذایی	۱/۳۱±۰/۳۱	۱/۲۲±۰/۰۹	۱/۴۰±۰/۱۱	۱/۲۰±۰/۲۲
غذای مصرف شده (g/fish)	۱۲/۰۱±۰/۸۱	۱۲/۱۱±۰/۲۱	۱۱/۹۸±۰/۳۶	۱۲/۳۴±۰/۲۹
شاخص هپاتوسوماتیک	۲/۱۴±۰/۲۹[b]	۱/۵۱±۰/۲۴[a]	۱/۶۲±۰/۱۶[a]	۱/۵۳±۰/۳۰[a]
بازماندگی	۸۸/۸۹±۴/۸۱	۹۷/۲۲±۴/۸۱	۹۷/۲۲±۴/۸۱	۹۷/۲۲±۴/۸۱

حروف غیر همسان در هر ستون نشان‌دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد (P<۰/۰۵).

نتایج مربوط به قابلیت هضم ظاهری رنگدانه در ماهی اسکار تغذیه‌شده با سطوح مختلف اسپیرولینا در شکل ۱ نشان داده است. هضم‌پذیری رنگدانه تحت تأثیر سطوح مختلف اسپیرولینا قرار گرفت (P<۰/۰۵)، بیشترین هضم‌پذیری رنگدانه در سطح صفر درصد اسپیرولینا مشاهده شد که به طور معنی‌داری بیشتر از

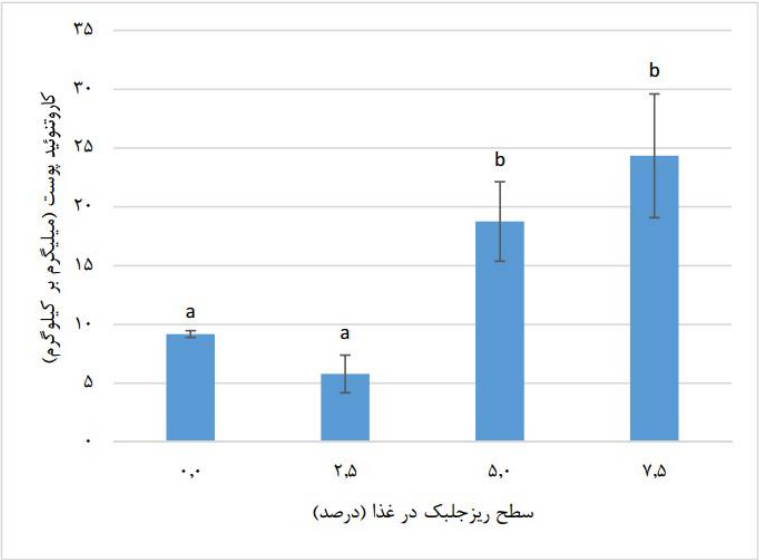
[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.3.6.1]

تیمارهای ۲/۵ و ۵ درصد اسپیرولینا بود (P<۰/۰۵) اما اختلافی با سطح ۷/۵ درصد اسپیرولینا نداشت.



شکل ۱: اثر سطوح مختلف ریزجلبک اسپیرولینا بر هضم‌پذیری رنگدانه در ماهی اسکار (حروف متفاوت روی هر میله نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست، P<۰/۰۵)

نتایج حاصل از پارامترهای رنگ پوست ماهیان پس از ۴۲ روز تغذیه با سطوح مختلف ریزجلبک اسپیرولینا در شکل ۲ نشان داده شده است. محتوای کاروتنوئید پوست در روز ۴۲ تحت تأثیر اسپیرولینا قرار گرفت (P<۰/۰۵). بیشترین محتوای کاروتنوئید پوست در سطح ۷/۵ درصد اسپیرولینا مشاهده شد که به‌طور معنی‌داری بیشتر از همه تیمارها بود (P<۰/۰۵). کمترین محتوای کاروتنوئید پوست در تیمارهای صفر و ۲/۵ درصد اسپیرولینا بدست آمد که به طور معنی‌داری کمتر از تیمارهای دیگر بودند (P<۰/۰۵).



شکل ۲: اثر سطوح مختلف ریزجلبک اسپیرولینا بر میزان کاروتنوئید پوست ماهی اسکار (حروف متفاوت روی هر میله نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهاست، P<۰/۰۵)

بحث

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.3.6.1]

در مطالعه حاضر جایگزینی پودر ماهی با ریزجلبک اسپیرولینا تا سطح ۷/۵ درصد دارای اثرات منفی بر عملکرد رشد همچون شاخص‌های وزن نهایی، وزن بدست آمده طول نهایی، نرخ رشد ویژه، شاخص وضعیت و کارایی تغذیه (ضریب تبدیل غذایی) نبود. در بیشتر مطالعات صورت گرفته بر ماهی‌ها ریزجلبک اسپیرولینا دارای اثرات مثبت بر عملکرد رشد بوده است (Watnabe, 1990; Ayyappan *et al*., 1992; Abdel-Latif Khalil, 2013). در مطالعه Amer (۲۰۱۶) در تیلاپیا نر سطح ۱ درصد باعث بهبود معنی‌دار وزن بدن و ضریب تبدیل غذایی و نسبت کارایی پروتئین شد اما بر نرخ رشد روزانه اثر معنی‌دار نداشت. در مطالعه Karadal و همکاران (۲۰۱۶) غذای حاوی اسپیرولینا باعث بهبود معنی‌دار رشد در سیچلاید کنیی (*Maylandia lombardoi*) گردید. در مطالعه Namaei Kohal و همکاران (۲۰۱۸) روی میگوی زینتی ردچری (*Neocaridina davidi*) بیشتر شاخص‌های رشد همچون وزن نهایی، نرخ رشد ویژه و میانگین نرخ رشد روزانه به طور معنی‌داری در میگوهای تغذیه شده با جیره حاوی ۱۰ درصد اسپیرولینا بیشتر بود. در مطالعه سوداگر و همکاران (۱۳۹۵) تغذیه ماهی زینتی دیماسونی (*Pseudotropheus demasoni*) با جلبک اسپیرولینا باعث بهبود شاخص‌های رشد گردید. علت این امر می‌توان به طیف وسیع مواد مغذی موجود در اسپیرولینا همچون ویتامین‌ها، مواد معدنی، کربوهیدارت‌ها و گاما لینولئیک اسید (Abdel-Tawwab and Ahmad, 2009)، بهبود جذب مواد مغذی با کلنی شدن باکتری‌های مفید در روده و افزایش جذابیت غذایی نسبت داد. برخی از مطالعات نیز به بی‌اثر بودن یا اثر منفی اسپیرولینا بر عملکرد رشد اذعان داشته‌اند. در این راستا در مطالعه Teimouri و همکاران (۲۰۱۳) گنجاندن پودر جلبک اسپیرولینا تا سطح ۱۰ درصد جیره و در مطالعه Khanzadeh و همکاران (۲۰۱۵) تا سطح ۲۰ درصد جیره به ترتیب اثری بر عملکرد رشد در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) و ماهی گورامی سه خال (*Trichogaster trichopterus*) نداشت. همچنین در مطالعه Plaza و همکاران (۲۰۱۸) اضافه کردن ۱ درصد اسپیرولینا به جیره ماهی تیلاپیا نیل اثر معنی‌داری بر عملکرد رشد و تغذیه نداشت. Ungsethaphand و همکاران (۲۰۱۲) اثرات نامطلوبی بر وزن نهایی، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و میزان بازماندگی هیبرید تیلاپیای قرمز تا سطح جایگزینی ۲۰ درصد از جلبک اسپیرولینا را گزارش نکردند. همچنین در مطالعاتی که از *Spirulina maxima* به عنوان تنها منبع پروتئین در جیره کپور معمولی و قزل‌آلای رنگین‌کمان استفاده شد، کارایی رشد ماهی‌ها کاهش یافت (Atack and Matty, 1978؛ Atteh and Leeson, 1985). این کاهش در عملکرد رشد یا عدم تاثیر را می‌توان به تفاوت در کیفیت و مواد مغذی جلبک‌های مصرف شده در مطالعات مختلف نسبت داد (Nandeesha *et al*., 1998). کاهش عملکرد رشد در سطوح بالای اسپیرولینا به عواملی همچون کاهش دسترسی به فسفر و کاهش جذابیت غذایی نسبت داده شده است (Olvera-Novoa *et al*., 1998). گونه ماهی یکی دیگر از عوامل موثر بر نتایج است، در مطالعه Nandeesha و همکاران (۲۰۰۱) با جایگزینی کامل پودر ماهی با پودر ریزجلبک اسپیرولینا در جیره ماهی روهو (*Labeo rohita*) رشد به طور معناداری افزایش یافت. در حالی که، در همین

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.3.6.1]

مطالعه جایگزینی اسپیرولینا با پودر ماهی بر کارایی رشد ماهی کاتلا (*Catla catla*) بی‌اثر بود. پاسخ متفاوت رشد در بین این دوم ماهی به وضوح نشان-دهنده این است که اثر اسپیرولینا بر گونه‌های مختلف متفاوت است. همچنین عوامل دیگر همچون میزان پودر ماهی در جیره (Kim *et al*., 2013) و شرایط مختلف محیطی (El-Sayed, 1994) نیز بر نتیجه آزمایش موثر هستند. شاخص هپاتوسوماتیک در تمامی تیمارهای تغذیه شده با جلبک اسپیرولینا کمتر از تیمار شاهد بود که مطابق با یافته‌های مطالعه Teimouri و همکاران (۲۰۱۶) می‌باشد. شاخص هپاتوسوماتیک نشان دهنده میزان ذخیره غذایی موجود در کبد می‌باشد (Htun-Han, 1978). علت کاهش شاخص در تیمارهای تغذیه شده با اسپیرولینا را می‌توان به خاصیت چربی سوزی آن نسبت داد (Seo *et al*., 2018) به نحوی که در تیمارهای حاوی اسپیرولینا ذخایر غذایی کمتری در کبد ذخیره سازی شده است.

در مطالعه حاضر نرخ بازماندگی بین تیمارهای مختلف تفاوتی نشان نداد، با این حال کمترین میزان بازماندگی در تیمار شاهد مشاهده شد. افزایش بازماندگی با مصرف اسپیرولینا در جیره ماهیان مختلف گزارش شده است (Takeuchi *et al*., 2002; Abdel-Latif *et al*., 2013). جلبک اسپیرولینا به عنوان یک فیتوبیوتیک (Abdel-Latif *et al*., 2013) باعث بهبود ایمنی غیر اختصاصی شامل پروتئین کل سرم، انفجار تنفسی، IgM، لیزوزیم، آلکالین فسفاتاز، پروتئاز و استارز سرمی یا مخاطی، افزایش بازماندگی در رویارویی با باکتری‌های بیماری‌زا (Adel *et al*., 2016; Mahmoud *et al*., 2018) و بهبود فون باکتریایی روده می‌شود. در مطالعه James و همکاران (۲۰۰۹) تغذیه ماهی مریگال (*Cirrhinus mrigala*) با غلظت‌های مختلف اسپیرولینا سبب کاهش سمیت مس گردید. دیواره سلولی سرشار از موکوپروتئین در اسپیرولینا باعث افزایش لایه موکوس طبیعی در پوست ماهی و در نهایت افزایش مقاومت در برابر بیماری‌های می‌شود (Adel *et al*., 2016) که احتمالاً این مکانیسم‌ها در نهایت باعث افزایش بازماندگی می‌شود.

منشاء اصلی رنگدانه موجود در جیره‌ها جلبک اسپیرولینا بود که حتی در بالاترین سطح جلبک اسپیرولینا به خوبی و تا ۹۶ درصد مورد هضم قرار گرفت. در مطالعه Page و Davies (۲۰۰۶) نیز قزل‌آلای رنگین‌کمان توانست رنگدانه موجود در جیره‌های حاوی ۵۰ میلی‌گرم آستاگزانتین و یا ۵۰ میلی‌گرم کانتاگزانتین را تا ۹۶ درصد جذب کند. در مطالعه Gouveia و همکاران (۱۹۹۸) هضم‌پذیری رنگدانه جلبک کلرلا در جیره‌های حاوی ۲۰ درصد چربی بیشتر از ۱۵ درصد چربی بود. به نظر می‌رسد دیواره سلولی جلبک یکی از مهمترین فاکتورهای تاثیرگذار بر کارایی جذب کاروتنوئید باشد. اسپیرولینا حاوی دیواره سلولی نازکی است که متشکل از ۸۰ درصد پکتین و ۲۰ درصد سلولز می‌باشد (Lu *et al*., 2004). بنابراین، محتوی کاروتنوئید آن به راحتی می‌تواند توسط آنزیم‌های دستگاه گوارش ماهی هضم و جذب شود. این نتایج با مطالعه Chien و Shiau (۲۰۰۵) مطابقت دارد که عنوان نمودند رنگ‌پذیری قزل‌آلاهایی که از جلبک *H. pluvialis* فاقد دیواره سلولی تغذیه نمودند، مشابه رنگدانه آستاگزانتین مصنوعی بود.

نتایج این مطالعه نشان داد که تغذیه با جلبک اسپیرولینا می‌تواند در سطوح بالای ۵ درصد موجب

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.3.6.1]

افـزایش رنـگ در مـاهی اسـکار شـود. در مطالعـه Teimouri و همکاران (۲۰۱۳) نیز اضافه‌کـردن جلبـک اسپیرولینا در تمـامی سـطوح مـورد آزمـایش (۱۰–۲/۵ درصد) باعث افزایش رنگ در پوست مـاهی قـزل‌آلای رنگین‌کمان شـد. نتـایج مشـابهی در دیگـر مطالعـات بـه دست آمده است. به طوری که، اضافه نمودن اسپیرولینا در جیـره بـه ترتیـب موجـب بهبـود رنـگ در *Caranx delicatissimus*، *Plecoglossus altivelis* و مـاهی دم‌شمشـیری (*Xiphophorus helleri*) و *Clarias gariepinus* (Mori *et al*., 1987; Okada *et al*., 1991)، لـوچ ملکـه (*Botia dario*) (Gogoi *et al*., 2017)؛ گـورامی کوتولـه (*Trichogaster lalius*) (Bakshi *et al*., 2018) شـده اسـت. همچنـین نتـایج مشـابه‌ای در مـاهی تیلاپیـای قرمـز (Boonyaratpalin and Unprasert, 1989; Lu and Takeuchi, 2002)، مـاهی طلایـی (Vasudhevan and James, 2011) و ماهی سالمون (Ando and Hatano, 1988; Bjerkeng *et al*., 1990; Wathne *et al*., 1998) مشـاهده شـده اسـت. مهـم‌تـرین رنگدانـه‌هـای اسـپیرولینا زئـازانتین و بتاکاروتن هستند. بنابراین، به نظـر مـی‌رسـد اثـر بخشـی اسپیرولینا به عنوان یک رنگدانه طبیعی را بیشتر می‌تـوان به زئازانتین آن نسبت داد.

برخی مطالعات نیـز بـه بـی اثـر بـودن اسـپیرولینا بـر رنگ ماهی‌های زینتـی دلالـت دارنـد کـه از ایـن دسـته می‌توان به مطالعه Kim و همکـاران (۲۰۰۲) روی مـاهی کـوی (*Cyprinus carpio*) اشـاره کـرد. از ایـن رو می‌توان این طور برداشت کرد که جذب رنگدانـه‌هـا از جیره و همچنین اثر رنگدانـه‌هـا در مـاهی‌هـای مختلـف متفـاوت اسـت. ماهیـان بـر اسـاس توانـایی تبـدیل کاروتنوئیـدها بـه آسـتاگزانتین بـه سـه دسـته تقسـیم می‌شوند. نوع اول: نوع آزاد ماهیان و سـیم دریـایی کـه نمی‌توانند بتـا–ایونـون[1] کاروتنوئیـدها را اکسـید کننـد و تنها مـی‌تواننـد از کاروتنوئیـدهای اکسـیدشـده اسـتفاده کننـد. نـوع دوم: نـوع کپورماهیـان، کـه مـی‌تواننـد از زئازانتین استفاده نمـوده و آن را بـه آسـتاگزانتین تبـدیل کنند و توانایی ذخیره آستاگزانتین را دارنـد. نـوع سـوم: نوع سخت‌پوستان که مـی‌تواننـد بتاکـاروتن، زئـازانتین، کانتاگزانتین و اکینئـون را بـه آسـتاگزانتین تبـدیل کننـد (Li *et al*., 2016).

آزادماهیان ترجیحاً کاروتنوئیدهای قطبی بخصوص آسـتاگزانتین را بهتـر از کانتـازانتین و زئـازانتین و یـا کاروتن‌ها جذب و ذخیره‌سازی مـی‌کننـد (Schiedt *et al*., 1985). تاکنون مطالعه مستقیمی بـر توانـایی تبـدیل رنگدانه‌ها در مـاهی اسـکار صـورت نگرفتـه اسـت، امـا مطالعه صورت‌گرفته روی مـاهی پـرت (*Mphilophus citrinellus x Paraneetroplus synspilus*) نشـان داد یک رابطه خطی بـین لـوتئین، زئـازانتین و بتاکـاروتن از جیره، پوست و فلس وجود دارد. با این حال رنگ قرمز در ماهی پـرت تحـت تـاثیر حضـور رنگدانـه‌هـای غیـر آستاگزانتینی قرار نگرفت. این بدان معناست کـه مـاهی پرت همانند آزادماهیـان و مـاهی سـیم دریـایی توانـایی تبدیل لوتئین، زئازانتین و بتاکـاروتن بـه آسـتاگزانتین را ندارد (Li *et al*., 2016). اگر در ماهی اسـکار نیـز ایـن فرض پذیرفته شود، زئازانتین موجـود در جیـره بایـد بـه همان صـورت در پوسـت ذخیـره شـده باشـد کـه بـرای اثبات این موضوع نیاز به بررسی محتـوای رنگدانـه‌هـای پوست می‌باشد. در مطالعه حاضر افزایش سطح جلبـک باعث افزایش رنگ در پوسـت مـاهی‌هـای اسـکار شـد. نتایج مشابهی در مطالعات پیشین نیز رابطه مستقیمی بـین

[1] Ionone-β

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.3.6.1]

سطح جلبک در جیره و رنگدانه در پوست مشاهده شده است (Teimouri *et al*., 2013; Khanzade *et al*., 2016; Gogoi *et al*., 2017; Bakshi *et al*., 2018). علت این می‌تواند باشد که با افزایش سطح جلبک، رنگدانه بیشتری توسط ماهی دریافت و در سلول‌های پوست ذخیره می‌شود.

بر اساس نتایج این مطالعه وجود اسپیرولینا در سطح ۷/۵ درصد از جیره ماهی اسکار می‌تواند اثرات مثبتی بر رنگ‌پذیری این ماهی داشته باشد. از آنجا که رنگ بدن ماهی اسکار عامل مهمی در افزایش قیمت نهایی آن محسوب می‌شود، این امر می‌تواند موجب افزایش بازارپسندی و ارزش افزوده برای تولیدکنندگان شود. بنابراین، می‌توان از اسپیرولینا به عنوان یک مکمل خوب برای افزایش رنگ ماهی اسکار استفاده کرد.

سپاسگزاری

نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از همکاری صمیمانه آقایان مهدی جهانیان و نادر رحمتی سپاسگزاری نمایند.

منابع

۱. جابری، م.، یوسفی سیاه‌کلرودی، س.، سوداگر، م.، ۱۳۹۵. عملکرد و تغییر رنگ لاشه با استفاده از میوه شیرخشت آتشین (*Pyracantha Coccinea*) در تغذیه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). نشریه توسعه آبزی پروری. ۱۰ (۲)، ۶۲-۴۹.

۲. عرب، م.، شالویی، ف.، فتح اللهی، م.، پیرعلی، ا.، ۱۳۹۸. اثر آستاگزانتین بر شاخص‌های رشد و رنگ پذیری لاشه ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*) نشریه توسعه آبزی پروری، ۱۳ (۲)، ۸۵-۹۶.

3. Abdel-Latif, H. M., Khalil, R. H. 2013. Evaluation of two Phytobiotics, Spirulina platensis and Origanum vulgare extract on Growth, Serum antioxidant activities and Resistance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to pathogenic Vibrio alginolyticus. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies, 1, 250-255.
4. Abdel-Tawwab, M., Ahmad, M. H. 2009. Live Spirulina (*Arthrospira platensis*) as a growth and immunity promoter for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), challenged with pathogenic Aeromonas hydrophila. Aquaculture Research, 40, 1037-1046.
5. Adel, M., Yeganeh, S., Dadar, M., Sakai, M., Dawood, M. A. 2016. Effects of dietary Spirulina platensis on growth performance, humoral and mucosal immune responses and disease resistance in juvenile great sturgeon (*Huso huso Linnaeus*, 1754). Fish & Shellfish Immunology, 56, 436-444.
6. Ako, H., Tamaru, C. S., Asano, L., Yuen, B., Yamamoto, M. 2000. Achieving natural coloration in fish under culture. Spawning and maturation of aquatic species, UJNR Technical Report.
7. Amer, S. A. 2016. Effect of Spirulina platensis as feed supplement on growth performance, immune response and antioxidant status of mono-sex Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). BENHA Veterinary medical journal, 30, 1-10.
8. Ando, S., Hatano, M. 1988. Bilirubin-binding protein in the serum of spawning-migrating chum salmon, *Oncorhynchus keta*: Its identity with carotenoid-carrying lipoprotein. Fish physiology and biochemistry, 5, 69-78.
9. AOAC 1990. Official methods of Analysis of the AOAC, Association of Official Analytical Chemists Inc.
10. Atack, T., Matty, A., 1978. The evaluation of some single-cell proteins in the diet of rainbow trout: II. The determination of net protein utilisation, biological values and true digestibility. Symposium on Finfish

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.3.6.1]

Nutrition and Feed Technology, Hamburg (Germany, FR).
11. Atteh, J., Leeson, S., 1985. Influence of age, dietary cholic acid, and calcium levels on performance, utilization of free fatty acids, and bone mineralization in broilers. Poultry science, 64, 1959-1971.
12. Ayyappan, S., Pandey, B., Sarkar, S., Saha, D., Tripathy, S. 1992. Potential of Spirulina as a feed supplement for carp fry. *Spirulina*, Ecology, Taxonomy, Technology, and Applications, 171-72.
13. Bakshi, S., Behera, S., Saha, S., Mandal, A., Das, A., Bhakta, D., Mondal, A. and Patra, P., 2018. Influence of spirulina powder at carotenoids concentration in fin of an ornamental fish *Trichogaster* lalius. Journal of Entomology and Zoology Studies, 6(1): 870-873.
14. Bjerkeng, B., Storebakken, T., Liaaen-Jensen, S. 1990. Response to carotenoids by rainbow trout in the sea: resorption and metabolism of dietary astaxanthin and canthaxanthin. Aquaculture, 91, 153-162.
15. Boonyaratpalin, M., Unprasert, N. 1989. Effects of pigments from different sources on colour changes and growth of red *Oreochromis niloticus*. Aquaculture, 79, 375-380.
16. Brown, A. C., Leonard, H. M., McGraw, K. J., Clotfelter, E. D. 2014. Maternal effects of carotenoid supplementation in an ornamented cichlid fish. Functional ecology, 28, 612-620.
17. Careri, M., Furlattini, L., Mangia, A., Musci, M., Anklam, E., Theobald, A., Von Holst, C. 2001. Supercritical fluid extraction for liquid chromatographic determination of carotenoids in *Spirulina Pacifica* algae: a chemometric approach. Journal of Chromatography *A*, 912, 61-71.
18. Chien, Y.-H., Shiau, W.-C. 2005. The effects of dietary supplementation of algae and synthetic astaxanthin on body astaxanthin, survival, growth, and low dissolved oxygen stress resistance of kuruma prawn, *Marsupenaeus japonicus* Bate. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 318, 201-211.
19. El-Sayed, A.-F. M. 1994. Evaluation of soybean meal, spirulina meal and chicken offal meal as protein sources for silver seabream (*Rhabdosargus sarba*) fingerlings. Aquaculture, 127, 169-176.
20. Fenton, T., Fenton, M. 1979. An improved procedure for the determination of chromic oxide in feed and feces. Canadian Journal of Animal Science, 59, 631-634.
21. Forsberg, O. I., Guttormsen, A. G. 2006. Modeling optimal dietary pigmentation strategies in farmed Atlantic salmon: Application of mixed-integer non-linear mathematical programming techniques. Aquaculture, 261, 118-124.
22. Ghosh, S., Sinha, A., Sahu, C. 2007. Dietary probiotic supplementation in growth and health of live-bearing ornamental fishes. Aquaculture Nutrition, 13, 1-11.
23. Gogoi, S., Mandal, S.C. and Patel, A.B., 2018. Effect of dietary Wolffia arrhiza and Spirulina platensis on growth performance and pigmentation of Queen loach Botia dario (Hamilton, 1822). Aquaculture Nutrition, 24(1), pp.285-291.
24. Gouveia, L., Choubert, G., Gomes, E., Rema, P., Empis, J. 1998. Use of Chlorella vulgaris as a carotenoid source for rainbow trout: effect of dietary lipid content on pigmentation, digestibility and retention in the muscle tissue. Aquaculture International, 6, 269-279.
25. Gouveia, L., Rema, P., Pereira, O., Empis, J. 2003. Colouring ornamental fish (*Cyprinus carpio* and *Carassius auratus*) with microalgal biomass. Aquaculture Nutrition, 9, 123-129.
26. He, J. Y., Long, W. Q., Han, B., Tian, L. X., Yang, H. J., Zeng, S. L., Liu, Y. J. 2015. Effect of dietary l-methionine concentrations on growth performance, serum immune and antioxidative responses of juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Aquaculture Research, 48(2), 665-674.
27. Hosseini, E., Mohamadamini, M., Akbari, M., Nejati, F., Mazdapour, M., Ghasemian, M., Bahmani, A. 2015. The Laboratory Scale Evaluation of Multiple pH ranges on Spirulina platensis culture in the Production of Dry Biomass, Chlorophyll, Phycocyanin, & Carotenoids. Bulltein of

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.3.6.1]

of freshwater algae by larval tilapia *Oreochromis niloticus*. Aquaculture, 238, 437-449.
36. 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.
37. Mahmoud, M.M., El-Lamie, M.M., Kilany, O.E. and Dessouki, A.A., 2018. Spirulina (*Arthrospira platensis*) supplementation improves growth performance, feed utilization, immune response, and relieves oxidative stress in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) challenged with Pseudomonas fluorescens. Fish & shellfish immunology, *72*, 291-300.
38. Mori, T., Muranaka, T., Miki, W., Yamaguchi, K., Konosu, S., Watanabe, T. 1987. Pigmentation of cultured sweet smelt fed diets supplemented with a blue-green alga *Spirulina maxima*. Nippon Suisan Gakkaishi, 53, 433-438.
39. Nandeesha, M., Gangadhar, B., Varghese, T., Keshavanath, P. 1998. Effect of feeding Spirulina platensis on the growth, proximate composition and organoleptic quality of common carp, *Cyprinus carpio* L. Aquaculture Research, 29, 305-312.
40. Nandeesha, M., Gangadhara, B., Manissery, J., Venkataraman, L. 2001. Growth performance of two Indian major carps, catla (*Catla catla*) and rohu (*Labeo rohita*) fed diets containing different levels of *Spirulina platensis*. Bioresource Technology, 80, 117-120.
41. Namaei Kohal, M., Esmaeili Fereidouni, F., Firouzbakhsh, F., Hayati, I., 2018. Effects of dietary incorporation of *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* meal on growth, survival, body composition, and reproductive performance of red cherry shrimp *Neocaridina davidi* (Crustacea, Atyidae) over successive spawnings. Journal of Applied Phycology, 30(1), 431–443.
42. Okada, S., Liao, W.-L., Mori, T., Yamaguchi, K., Watanabe, T. 1991. Pigmentation of Cultured Striped Jack Environment, Pharmacology and Life Sciences, 4, 13-18.
28. BHtun-Han, M., 1978. The reproductive biology of the dab *Limanda limanda* (L.) in the North Sea: gonosomatic index, hepatosomatic index and condition factor. Journal of Fish Biology, 13(3), 369-378.
29. 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(09), 754-759.
30. Karadal O, Güroy D, Türkmen G. 2017. Effects of feeding frequency and Spirulina on growth performance, skin coloration and seed production on kenyi cichlids (*Maylandia lombardoi*). Aquaculture International, 25(1), 121-34.
31. Khanzadeh, M., Fereidouni, A. E., Berenjestanaki, S. S. 2016. Effects of partial replacement of fish meal with Spirulina platensis meal in practical diets on growth, survival, body composition, and reproductive performance of three-spot gourami (*Trichopodus trichopterus*)(Pallas, 1770). Aquaculture International, 24, 69-84
32. Kim, S.-S., Rahimnejad, S., Kim, K.-W., Lee, K.-J. 2013. Partial replacement of fish meal with Spirulina pacifica in diets for parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 13, 197-204.
33. Li, T., He, C., Xing, W., Ma, Z., Jiang, N. 2016. Effects of Different Carotenoids on Pigmentation of Blood Parrot (*Cichlasoma synspilum*× *Cichlasoma citrinellum*). Journal of Aquaculture Research Development, 7(3), 2-9.
34. Livengood, E., Chapman, F. 2007. The ornamental fish trade: An introduction with perspectives for responsible aquarium fish ownership. University of florida IFAS Extension.
35. Lu, J., Takeuchi, T., Satoh, H. 2004. Ingestion and assimilation of three species

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.3.6.1]

niloticus) and a literature comparison across fish species. British Journal of Nutrition, 108, 277-289.
50. Seo, Y.J., Kim, K.J., Choi, J., Koh, E.J. and Lee, B.Y., 2018. *Spirulina maxima* Extract Reduces Obesity through Suppression of Adipogenesis and Activation of Browning in 3T3-L1 Cells and High-Fat Diet-Induced Obese Mice. Nutrients, 10(6), 712-727.
51. Takeuchi, T., Lu, J., Yoshizaki, G., Satoh, S. 2002. Effect on the growth and body composition of juvenile tilapia *Oreochromis niloticus* fed raw Spirulina. Fisheries Science, 68, 34-40.
52. Teimouri, M., Amirkolaie, A. K., Yeganeh, S. 2013. Effect of Spirulina platensis meal as a feed supplement on growth performance and pigmentation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). World Journal of Fish and Marine Sciences, 5, 194-202.
53. 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.
54. Torrissen, O. J., Naevdal, G. 1984. Pigmentation of salmonids genetical variation in carotenoid deposition in rainbow trout. Aquaculture, 38, 59-66.
55. Ungsethaphand, T., Peerapornpisal, Y., Whangchai, N., Sardsud, U. 2010. Effect of feeding Spirulina platensis on growth and carcass composition of hybrid red tilapia (*Oreochromis mossambicus*× *O. niloticus*). Maejo International Journal of Science and Technology, 4, 331-336.
56. Vasudhevan, I., James, R. 2011. Effect of optimum Spirulina along with different levels of vitamin C incorporated diets on growth, reproduction and coloration in goldfish *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758). Indian Journal of Fisheries, 58, 101-106.
57. Wathne, E., Bjerkeng, B., Storebakken, T., Vassvik, V., Odland, A.B. 1998. Pigmentation of Atlantic salmon (*Salmo* Reared on Diets Supple-mented with the Blue-Green Alga *Spirulina maxima*. Nippon Suisan Gakkaishi, 57, 1403-1406.
43. Olvera-Novoa, M., Dominguez-Cen, L., Olivera-Castillo, L., Martínez-Palacios, C. A. 1998. Effect of the use of the microalga Spirulina maxima as fish meal replacement in diets for tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters), fry. Aquaculture research, 29, 709-715.
44. Page, G., Davies, S. 2006. Tissue astaxanthin and canthaxanthin distribution in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, 143, 125-132.
45. Plaza, I., Garcia, J.L. and Villarroel, M., 2018. Effect of spirulina (*Arthrospira platensis*) supplementation on tilapia (*Oreochromis niloticus*) growth and stress responsiveness under hypoxia. Spanish Journal of Agricultural Research, 16(1), 1-7.
46. Pratoomyot, J., Bendiksen, E., Bell, J. G., Tocher, D. R. 2010. Effects of increasing replacement of dietary fishmeal with plant protein sources on growth performance and body lipid composition of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Aquaculture, 305, 124-132.
47. Saghaei, A., Ghotbeddin, N., Ghatrami, E. R. 2015. Evaluation of growth performance and body composition of Oscar fish (*Astronotus ocellatus*) in response to the consumption of dietary intake of garlic (*Allium sativum*). Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation-International Journal of the Bioflux Society (AACL Bioflux), 8 (4), 485-490.
48. Schiedt, K., Leuenberger, F., Vecchi, M., Glinz, E. 1985. Absorption, retention and metabolic transformations of carotenoids in rainbow trout, salmon and chicken. Pure and Applied Chemistry, 57. 685-692.
49. Schrama, J., Saravanan, S., Geurden, I., Heinsbroek, L., Kaushik, S., Verreth, J. 2012. Dietary nutrient composition affects digestible energy utilisation for growth: a study on Nile tilapia (*Oreochromis*

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.3.6.1]

salar) fed astaxanthin in all meals or in alternating meals. Aquaculture, 159, 217-231.

58. Watnabe, T. 1990. Effect of dietary Spirulina supplementation on growth performance and flesh lipids of cultured striped jack. J. Tokyo Univ. Fish., 77, 231-239.
59. Ytrestoyl, T., Struksnæs, G., Rorvik, K.-A., Koppe, W., Bjerkeng, B. 2006. Astaxanthin digestibility as affected by ration levels for Atlantic salmon, *Salmo salar*. Aquaculture, 261, 215-224.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.3.6.1]