

تأثیر مکمل جلبک اسپیرولینا (*Spirulina* sp.) بر رشد و تغذیه ماهی زبرا دانیو (*Danio rerio*) (Hamilton, 1822)

مجید بیرانوند^{۱*}، منصوره قائی^۱ و محمد ولایت‌زاده^۲

دریافت: ۱۳۹۴/۵/۲۱ / پذیرش: ۱۳۹۴/۸/۳۰

^۱گروه شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، اهواز

^۲باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، اهواز

*مسئول مکاتبات: majid_beiranvand@yahoo.com

چکیده. ماهی زبرا دانیو (*Danio rerio* Hamilton, 1822) یکی از ماهیان زینتی تجاری آب شیرین است که در مناطق گرمسیری زندگی می‌کند و در کشور ما ارزش اقتصادی بسیاری دارد. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر جیره غذایی حاوی ریزجلبک اسپیرولینا (*Spirulina* sp.) بر شاخص‌های رشد و تغذیه ماهی زبرا دانیو (*Danio rerio*) انجام شد. تعداد ۳۶۰ قطعه ماهی زبرا دانیو به طور تصادفی با چهار تیمار و سه تکرار در ۱۲ آکواریوم تقسیم شدند که تیمارهای غذایی شامل تیمار ۱ یا شاهد (غذای تجاری فاقد مکمل جلبک اسپیرولینا)، تیمار ۲ (غذای تجاری به همراه ۰/۵ درصد مکمل جلبک اسپیرولینا)، تیمار ۳ (غذای تجاری به همراه ۱ درصد مکمل جلبک اسپیرولینا) و تیمار ۴ (غذای تجاری به همراه ۱/۵ درصد مکمل جلبک اسپیرولینا) بودند. به‌طور کلی، استفاده از جلبک اسپیرولینا در جیره غذایی ماهی زبرا دانیو سبب افزایش وزن بدن و ضریب رشد ویژه این گونه شد، اما افزایش میزان پودر جلبک اسپیرولینا در جیره غذایی ماهی زبرا دانیو طی دوره پرورش ۶۰ روزه تأثیری بر شاخص ضریب تبدیل غذایی نداشت. با توجه به اینکه درباره شاخص‌های رشد بین تیمار ۱ و ۱/۵ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، تیمار ۱ درصد پودر جلبک اسپیرولینا بهترین تیمار جهت رشد ماهی زبرا دانیو بود.

واژه‌های کلیدی. جلبک اسپیرولینا، ماهی زبرا دانیو، جیره غذایی، رشد، تغذیه

Impact of *Spirulina* sp. on growth and food intake in *Danio rerio* Hamilton, 1822

Majid Beiranvand^{1*}, Mansoor Ghaeni¹ and Mohammad Velayatzadeh²

Received 12.08.2015 / Accepted 21.11.2015

¹Department of Fishery, Islamic Azad University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

²Young Researchers and Elite Club, Islamic Azad University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

*Correspondent author: majid_beiranvand@yahoo.com

Abstract. *Danio rerio* Hamilton, 1822 is one of the commercial ornamental fresh water fishes and living in tropical zones, of considerable economic value in our country. This study aimed at investigating the impact of *Spirulina* sp. on index color in *Danio rerio*. 360 individuals were randomly divided in 12 aquariums with 4 treatments and 3 replications. The dietary treatments included treatment 1 or control (commercial food with no supplement of *Spirulina* sp.), treatment 2 (commercial food with 0.5% supplement of *Spirulina* sp.), treatment 3 (commercial food with 1% supplement of *Spirulina* sp.) and treatment 4 (commercial food with 1.5% supplement of *Spirulina* sp.). In general, the use of *Spirulina* sp. in the diet of *Danio rerio* caused increase in body weight and specific growth rate, but increasing the amount of dietary of *Spirulina* sp. powder in the diet of *Danio rerio* during the breeding period of 60 days had no impact on the feed conversion ratio. There being no significant difference between treatments 1% and 1.5 %, treatment 1% of supplement *Spirulina* sp. was found to be the best treatment for growth in *Danio rerio*.

Keywords. *Spirulina*, *Danio*, feeding level, growth, feeding

مقدمه

تکثیر و پرورش ماهیان زینتی ظرف چند دهه اخیر در ایران توسعه چشم گیری داشته است، به طوری که در حال حاضر در ایجاد اشتغال و تجارت داخلی نقش مهمی دارد و هر ساله گونه های جدید و تجاری جهت تکثیر و پرورش وارد ایران می شود. بخش اعظم پرورش ماهیان زینتی در ایران به گونه های آب شیرین مربوط است (عادلی، ۱۳۸۹). استان های اردبیل، تهران، قزوین، البرز و مرکزی نقش مهمی در زمینه تکثیر و پرورش ماهیان آکواریومی دارند و بزرگ ترین تولیدکنندگان ماهیان زینتی محسوب می شوند، به طوری که در سال ۱۳۹۱ میزان تولید ماهیان تزئینی در کشور ۱۴۷۸۵۴ قطعه بوده است (سالنامه آماری شیلات ایران، ۱۳۹۲).

ماهی زبرا دانیو (*Danio rerio* Hamilton, 1822) از ماهیان زینتی بسیار زیبا در آب شیرین و مناطق گرمسیری است که زیستگاه آن شرق هند، بنگلادش، پاکستان، میانمار و نپال و از خانواده کپور ماهیان است (Saddhe et al., 2013). طول عمر آن حدود ۵ سال است و در دمای ۱۸ تا ۲۵ درجه سلسیوس به راحتی زندگی می کند (Hill et al., 2011). حداکثر طول آن ۶ سانتی متر است. روی بدن خطوط افقی رنگی دارد و دارای رژیم غذایی همه چیزخواری است (Quigley & Parich, 2002). این ماهی به دلیل همآوری بالا، اندازه کوچک، دوره جنینی شفاف و دوره زندگی کوتاه در مطالعات زیست پزشکی کاربرد زیادی دارد (Lawrence, 2007; Koerber & Kalishman, 2009). رنگ بدن یکی از مهم ترین ویژگی ها در ماهیان تزئینی است. کاروتنوئیدها در رنگ پوست و عضله ماهیان تأثیر بسیار زیادی دارند. با توجه به اینکه ماهی توانایی ساخت این رنگدانه ها را ندارد، باید رنگدانه در رژیم غذایی آنها وجود داشته باشد. همچنین با توجه به اینکه رنگدانه های سنتزی تأثیرات سوء زیست محیطی دارد، تقاضا برای مصرف رنگدانه های طبیعی بیشتر شده است. ریزجلبک ها از منابع غنی کاروتنوئیدی هستند که از این گروه می توان به کلرلا، اسپیرولینا و همتاکوکوس اشاره کرد (Gupta et al., 2006). اسپیرولینا سرشار از مواد مغذی نظیر پروتئین، اسیدهای آمینه و اسیدهای

چرب غیراشباع است که از لحاظ ارزش غذایی و خواص درمانی ماده با ارزش محسوب می شود (قائنی و همکاران، ۱۳۸۹؛ قائنی و همکاران، ۱۳۹۱). اسپیرولینا سه نوع رنگدانه کلروفیل (۱/۷ درصد ترکیبات آلی سلولی)، کاروتنوئید و زانتوفیل (۵/۰ وزن مواد آلی) و دو نوع فیکوبیلوپروتئین به نام C فیکوسیانین و آلفوفیکوسیانین دارد (Belay, 2002; Choonawala, 2007). به دلیل وجود مواد مغذی مناسب و رنگدانه های مهم در این ریز جلبک کاربردهای فراوانی در صنایع بهداشتی - آرایشی و مکمل های غذایی دام، طیور و آبزیان دارد (قائنی و همکاران، ۱۳۹۱؛ Mohammed & Mohd, 2011). اسپیرولینا علاوه بر فواید غذایی به منزله مکمل برای آبزیان پرورشی استفاده فراوانی دارد و مهم ترین اثر آن رنگدانه سازی است. اسپیرولینا شامل بتاکاروتن، بتاکریپتوزانتین و زیزانتین به عنوان مهم ترین کاروتنوئیدها است که همه آنها طی فرایندهای اکسیداسیون به آستازانتین تبدیل می شود (قائنی و همکاران، ۱۳۸۹؛ قائنی و همکاران، ۱۳۹۱).

ماهی زبرا دانیو در دنیا به مثابه یک مدل تحقیقاتی مطرح است و به دلیل رنگ زیبا و تنوع رنگی اهمیت فراوانی در مطالعات رنگ و الگوهای رنگی دارد. به همین دلیل و با توجه به اینکه تاکنون تأثیر ریزجلبک اسپیرولینا بر ماهی زبرا دانیو تحت مطالعه قرار نگرفته است این تحقیق انجام شد.

مواد و روش ها

این تحقیق با ۱۲ عدد آکواریوم در شهرستان ویس جاده ریخه به مدت ۶۰ روز انجام شد. حجم هر آکواریوم ۴۴ لیتر بود. درجه حرارت تمام آکواریوم ها و دمای اتاق از طریق دماسنج کنترل می شد که میانگین دمای کارگاه 28 ± 1 درجه سلسیوس بود. داخل هر آکواریوم یک فیلتر اسفنجی استفاده شد تا کار فیلتراسیون را انجام دهد. جهت انجام عمل کلرزدایی از محلول ویژه ضد کلر (تیوسولفات سدیم) به ازای هر لیتر آب ۱/۵۷ میلی گرم استفاده شد. سپس به ازای هر ۱۰ لیتر آب یک ساعت هوادهی بدون ماهی صورت پذیرفت که تعادل اکسیژن و هم دمایی در کلیه آکواریوم ها برقرار شد. بعد از آن در هر آکواریوم ۳۰ عدد ماهی قرار داده شد.

۳۶۰ قطعه ماهی زبرا دانیو به صورت کاملاً سالم در فروردین ماه ۱۳۹۳ از یکی از مراکز فروش ماهیان زینتی در استان خوزستان، شهر اهواز، خریداری شد و پس از ۶۰ دقیقه سازگاری با آکواریوم‌هایی که از قبل ضد عفونی و آماده شده بودند و دمای حدود ۲۸-۲۶ درجه سلسیوس داشتند و فیلترهای تصفیه در آنها تعبیه شده بود رها شدند. قبل از شروع دوره غذادهی نسبت به زیست‌سنجی آنها اقدام گردید. ماهی زبرا دانیو گونه‌ای از خانواده کپورماهیان با جثه کوچک می‌باشد که در مناطق گرمسیری زندگی می‌کند. در این تحقیق میانگین طول و وزن نمونه‌های ماهی زبرا دانیو به ترتیب $1/5 \pm 0/008$ سانتی‌متر و $0/064 \pm 0/002$ گرم بود. نمونه‌های ماهی زبرا دانیو در آب موجود در لوله‌کشی تحت مطالعه قرار گرفتند. همچنین منبع نور برای آکواریوم‌ها لامپ مهتابی و دوره تاریکی - روشنایی در حد سیرشدن کامل ماهیان در نظر گرفته شد. ماهیان به‌طور

تصادفی با چهار تیمار در ۱۲ آکواریوم به شرح زیر تقسیم شدند که تیمارهای غذایی در این پژوهش دارای ۳ تکرار است شامل: تیمار ۱: جیره (جیره غذایی دارای ۳۰ درصد پروتئین) تیمار ۲: جیره غذایی به همراه ۰/۵ درصد مکمل اسپیرولینا تیمار ۳: جیره غذایی به همراه ۱ درصد مکمل اسپیرولینا تیمار ۴: جیره غذایی به همراه ۱/۵ درصد مکمل اسپیرولینا ماهیان هر تیمار با خوراک معین به صورت روزانه در دو نوبت به میزان ۱۰ درصد وزن بدن ماهیان تغذیه شدند. تغذیه با این خوراک‌ها به مدت ۸ هفته انجام شد. پودر جلبک اسپیرولینا به صورت خشک و بسته‌بندی ۱۰۰ گرمی آماده با ۹۸ درصد خلوص از بازار اهواز تهیه شد. میزان ترکیبات موجود در پودر جلبک اسپیرولینا در جدول ۱ آمده است (قائنی و همکاران، ۱۳۸۹؛ Otles & Pire, 2001; Falquet, 1999).

جدول ۱- میزان تقریبی ترکیبات مغذی پودر جلبک اسپیرولینا.

Table 1. The nutrient composition of *Spirulina*.

مواد مغذی	پودر جلبک اسپیرولینا
Protein	۵۵-۸۰ گرم
Lipid	۵-۷ گرم
Fiber	۸-۱۰ گرم
Chlorophyll	۱-۵/۲ گرم
Chlorophyll a	۵۰۰-۱۵۰۰ گرم
Carotenoid	۰/۲-۰/۴ گرم
Phycocyanin	۲/۵-۵/۹ گرم
Potassium	۱۱۰۰-۲۲۰۰ میلی گرم
Calcium	۵۰۰-۷۰۰ میلی گرم
Phosphorus	۳۴۰-۷۲۰ میلی گرم
Magnesium	۲۵۰-۷۰۰ میلی گرم
Iron	۵۰-۱۰۰ میلی گرم
r-Linolenic acid	۵۵۰-۱۳۰۰ میلی گرم
Pro-Vitamin A	۲۰-۳۰ میلی گرم
Vitamin B1	۲-۴ میلی گرم
Vitamin B2	۳-۵ میلی گرم
Vitamin B6	۰/۸-۱/۲ میلی گرم
Vitamin B12	۰/۲-۰/۳ میلی گرم
Vitamin E	۸-۱۰ میلی گرم
Nicotine acid	۸-۱۰ میلی گرم
Inositol	۷۰-۱۸۰ میلی گرم

نتایج و بحث

شاخص افزایش وزن بدن در ماهی زبرا دانیو بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی داری داشت ($p < 0.05$)، اما بین تیمار ۱ و ۱/۵ درصد اختلاف معنی داری مشاهده نشد ($p > 0.05$). بالاترین و پایین ترین میزان این شاخص به ترتیب در تیمارهای ۱ درصد ($495/55 \pm 30/25$) و شاهد ($212/89 \pm 18/94$) به دست آمد (جدول ۲).

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS. 18 و Excel 2007 انجام شد. برای مقایسه میانگین تیمارها پس از ارزیابی نرمالیتی داده‌ها از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه (ANOVA) استفاده گردید. مقایسه بین تیمارها به کمک آزمون دانکن (Duncan test) صورت گرفت وجود یا فقدان اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد انجام شد.

جدول ۲- میانگین میزان درصد افزایش وزن بدن در ماهی زبرا دانیو (*Danio rerio*) طی دوره پرورش ۶۰ روزه تغذیه شده با پودر جلبک اسپیرولینا.

Table 2. The average percentage of body weight gain in *Danio rerio* during the breeding period of 60 days fed on *Spirulina* algae powder.

دوره پرورش (روز)		تیمار (گرم در کیلوگرم جلبک اسپیرولینا)
۶۰		
۲۱۲/۸۹±۱۸/۹۴ ^a	شاهد	
۳۹۲/۱۸۷±۲۱/۴۲ ^b	تیمار ۰/۵	
۴۹۵/۵۵±۳۰/۲۵ ^c	تیمار ۱	
۴۹۵/۳۷۴±۳۲/۵۵ ^c	تیمار ۱/۵	

حروف غیرهمنام در هر ستون اختلاف معنی دار را نشان می دهد ($p < 0.05$).

بالاترین میزان ضریب رشد ویژه در تیمار ۱ درصد در روز بیستم دوره پرورش ($0/079 \pm 0/005$) و پایین ترین میزان این شاخص در تیمار شاهد در روز شصتم دوره پرورش ($0/017 \pm 0/001$) به دست آمد. بین تیمارهای مختلف در دوره پرورش در روزهای بیستم، چهل و شصتم اختلاف معنی داری مشاهده نشد ($p > 0.05$)، اما تیمار شاهد در روزهای بیستم، چهل و شصتم دوره پرورش با سایر تیمارها اختلاف معنی داری داشت

بالاترین میزان ضریب رشد ویژه در تیمار ۱ درصد در روز بیستم دوره پرورش ($0/079 \pm 0/005$) و پایین ترین میزان این شاخص در تیمار شاهد در روز شصتم دوره پرورش ($0/017 \pm 0/001$) به دست آمد. بین تیمارهای مختلف در دوره پرورش در روزهای بیستم، چهل و شصتم اختلاف معنی داری مشاهده نشد ($p > 0.05$)، اما تیمار شاهد در روزهای بیستم، چهل و شصتم دوره پرورش با سایر تیمارها اختلاف معنی داری داشت

جدول ۳- میانگین ضریب رشد ویژه در ماهی زبرا دانیو (*Danio rerio*) طی دوره پرورش ۶۰ روزه تغذیه شده با پودر جلبک اسپیرولینا.

Table 3. The average specific growth rate in *Danio rerio* during the breeding period of 60 days fed on *spirulina* algae powder.

دوره پرورش (روز)				تیمار (گرم در کیلوگرم جلبک اسپیرولینا)
۶۰	۴۰	۲۰		
۰/۰۱۷±۰/۰۰۱ ^a	۰/۰۲۲±۰/۰۰۳ ^a	۰/۰۳۲±۰/۰۰۳ ^a	شاهد	
۰/۰۲۴±۰/۰۰۱ ^b	۰/۰۳۷±۰/۰۰۳ ^b	۰/۰۶۷±۰/۰۰۵ ^b	تیمار ۰/۵	
۰/۰۲۹±۰/۰۰۲ ^b	۰/۰۴۲±۰/۰۰۳ ^c	۰/۰۷۹±۰/۰۰۵ ^c	تیمار ۱	
۰/۰۲۷±۰/۰۰۲ ^b	۰/۰۴۱±۰/۰۰۲ ^c	۰/۰۷۷±۰/۰۰۴ ^c	تیمار ۱/۵	

حروف غیرهمنام در هر ستون اختلاف معنی دار را نشان می دهد ($p < 0.05$).

(L. و زنجبیل (*Zingiber officinale* L.) سبب افزایش سرعت رشد ویژه در این ماهی شده است. Peddie و همکاران (2005) نشان دادند مصرف ارگوسان (*AquaVac ergosan*) در جیره غذایی ماهی آزاد چینوک (*Oncorhynchus tschawytscha* Walbaum) باعث افزایش ضریب رشد ویژه می‌شود که نتایج این مطالعات با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

بالاترین میزان فاکتور وضعیت در تیمار ۰/۵ در روز چهارم دوره پرورش ($3/576 \pm 0/027$) و پایین‌ترین میزان این شاخص در تیمار ۱/۵ در روز شصتم دوره پرورش ($0/987 \pm 0/006$) به‌دست آمد. بین تیمارهای مختلف در روزهای ۲۰ بیستم، چهارم و شصتم دوره پرورش اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p < 0.05$)، (جدول ۴). باتوجه به نتایج بهترین جیره غذایی اسپرولینا ۰/۵ درصد است، زیرا دانیو طی دوره پرورش ۶۰ روزه ماهی زبرا بالاترین مقدار فاکتور وضعیت در تیمار ۰/۵ درصد به‌دست آمده است و باتوجه به اینکه در مبحث ماهیان زینتی اندازه ماهی مهم است این تیمار بهترین جیره غذایی بود.

مطالعات انجام شده نشان داده است که استفاده از ترکیبات غذایی آرد گندم، آرد سویا و سبوس گندم در جیره غذایی ماهیان سبب بهبود عملکرد و افزایش ضریب رشد می‌شود (ساعدی و همکاران، ۱۳۹۰). رنجبر (۱۳۹۰) نشان داد که ضریب رشد ویژه در ماهی گورامی طلایی (*Trichogaster trichopterus* Pallas, 1770) طی ۶۰ روز پرورش با افزایش پنیرک (*Malva sylvestris* L.) و گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) افزایش می‌یابد ($p < 0.05$). جیره تغذیه‌شده با ۶ درصد پنیرک دارای بیشترین رشد ویژه بوده است. قدسی و سوداگر گزارش کردند که استفاده از عصاره گل سرخ در ماهی گوپی (*Poecilia reticulata* Peters, 1859) سبب افزایش رشد می‌شود (قدسی و سوداگر، ۱۳۸۹). همچنین استفاده از عصاره آکیناسه و آویشن در ماهی اسکار (*Astronotus ocellatus* Agassiz, 1831) باعث افزایش رشد در این گونه شده است (عبدی و همکاران، ۱۳۸۸). Dugenci و همکاران (2003) در مطالعه‌ای اثرات چند گونه گیاه دارویی بر ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) به این نتیجه رسیدند که عصاره گیاهانی نظیر داروаш (*Viscum album* L.)، گزنه (*Urtica dioica*)

جدول ۴- میانگین فاکتور وضعیت در ماهی زبرا دانیو (*Danio rerio*) طی دوره پرورش ۶۰ روزه تغذیه‌شده با پودر جلبک اسپرولینا.

Table 4. The average condition factor in *Danio rerio* during the breeding period of 60 days fed on *spirulina* algae powder.

تیمار (گرم در کیلوگرم جلبک اسپرولینا)	دوره پرورش (روز)		
	۶۰	۴۰	۲۰
شاهد	$3/403 \pm 0/011^a$	$2/143 \pm 0/021^b$	$2/470 \pm 0/018^a$
تیمار ۰/۵	$2/367 \pm 0/009^b$	$3/576 \pm 0/027^a$	$3/368 \pm 0/024^a$
تیمار ۱	$1/114 \pm 0/014^c$	$2/382 \pm 0/016^b$	$2/940 \pm 0/017^a$
تیمار ۱/۵	$0/987 \pm 0/006^c$	$1/943 \pm 0/014^b$	$2/265 \pm 0/016^a$

حروف غیرهمنام در هر ستون اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد ($p < 0.05$).

میزان این شاخص قبل از دوره تخم‌ریزی به‌علت تأمین اندوخته غذایی تخمک‌ها و افزایش متابولیسم با افزایش تغذیه، افزایش می‌یابد و در ماه‌های سرد سال به‌دلیل کاهش متابولیسم و کاهش تغذیه میزان آن کاهش پیدا می‌کند (Ceccuzzi et al., 2011). ضریب چاقی با تخم‌ریزی رابطه عکس دارد و در زمان

فاکتور وضعیت یا ضریب چاقی، شاخصی مناسب و مفید در مطالعات زیست‌شناختی و رژیم غذایی ماهیان است و روش دیگری جهت بیان رابطه طول - وزن ماهی است که می‌تواند در تغییرات جثه ماهی در طول سال استفاده شود (Biswas, 1993).

تخم‌ریزی ماهی لاغرتر می‌شود (Biswas, 1993). علمداری (۱۳۹۰) گزارش نمود که تأثیر کاروتنوئیدهای طبیعی چغندر لبویی و کلم‌برگ قرمز در ماهی گلدفیش (*Carassius auratus* Linnaeus, 1758) از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشت ($p>0.05$). در ماهیان هرچه میزان فاکتور وضعیت افزایش یابد احتمالاً غذای فراوانی برای رشد و نمو بدن در دسترس بوده است (ستاری، ۱۳۸۱). با توجه به اینکه هرچه شاخص وضعیت بالاتر باشد، وزن نسبت به طول معین ماهی بالاتر خواهد بود، ماهی چاق‌تر و رشد آن بیشتر می‌گردد (علمداری، ۱۳۹۰). البته مشخص شده است که با مصرف سطوح مختلف پروتئین جیره روند افزایش وزن در مراحل مختلف زیست‌سنجی شدیدتر از روند افزایش طول است (سالک یوسفی، ۱۳۷۹؛ افشار مازندرانی، ۱۳۸۱).

بالاترین میزان ضریب تبدیل غذایی در دوره پرورش ماهی زبرا دانیو در تیمار شاهد در روز بیستم دوره پرورش (0.22 ± 0.02) و پایین‌ترین میزان این شاخص در تیمار ۰/۵ در روز چهارم دوره پرورش (0.39 ± 0.02) به‌دست آمد. بین تیمارهای مختلف در روزهای بیستم، چهارم و شصتم دوره پرورش اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($p<0.05$), فقط بین تیمارهای شاهد و ۱ در روز چهارم و شصتم دوره پرورش اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p>0.05$), (جدول ۵)، به عبارت دیگر افزایش میزان پودر

جلبک اسپیرولینا در جیره غذایی ماهی زبرا دانیو طی دوره پرورش ۶۰ روزه تأثیری بر شاخص ضریب تبدیل غذایی نداشت. البته باتوجه به نتایج به‌دست آمده تیمار ۰/۵ درصد در روز چهارم دوره پرورش بهترین جیره غذایی می‌باشد. ضریب تبدیل غذایی می‌تواند نشان‌دهنده قابلیت جیره در افزایش رشد ماهی زبرا دانیو باشد که به شاخص‌هایی مانند افزایش وزن و میزان مصرف غذا در طول دوره پرورش وابسته است (علمداری، ۱۳۹۰). یکی از عوامل اقتصادی بودن پرورش آبزیان مقدار ضریب تبدیل غذایی است، زیرا دانیو علاوه بر کاهش هزینه‌های غذا و غذادهی به سبب مقدار کمتر غذادهی، از آلودگی ثانویه آب محیط پرورش و به تبع آن کاهش پارامترهای کیفی آب جلوگیری خواهد کرد. با افزایش وزن ماهیان، مقادیر تغذیه و متناسب با آن، ضریب تبدیل غذایی کاهش می‌یابد (اکرمی و همکاران، ۱۳۹۲). در مطالعه تأثیر کاروتنوئیدهای طبیعی چغندر لبویی و کلم‌برگ قرمز در ماهی گلدفیش میزان ضریب تبدیل غذایی در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری نداشت (علمداری، ۱۳۹۰). در مطالعه اثر مخمر قرمز و آستازانتین ستری بر رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) نیز تفاوت معنی‌داری در ضریب تبدیل غذایی مشاهده نشد.

جدول ۵- میانگین ضریب تبدیل غذایی در ماهی زبرا دانیو (*Danio rerio*) طی دوره پرورش ۶۰ روزه تغذیه‌شده با پودر جلبک اسپیرولینا.

Table 5. The average food conversion ratio in *Danio rerio* during the breeding period of 60 days fed on spirulina algae powder.

تیمار (گرم در کیلوگرم جلبک اسپیرولینا)	دوره پرورش (روز)		
	۶۰	۴۰	۲۰
شاهد	0.22 ± 0.02^a	0.084 ± 0.01^a	0.22 ± 0.02^a
تیمار ۰/۵	0.44 ± 0.02^b	0.39 ± 0.02^b	0.45 ± 0.02^b
تیمار ۱	0.83 ± 0.02^a	0.81 ± 0.03^a	0.73 ± 0.03^c
تیمار ۱/۵	0.15 ± 0.05^c	0.135 ± 0.05^c	0.122 ± 0.06^d

حروف غیرهمنام در هر ستون اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد ($p<0.05$).

درصد در روز شصتم دوره پرورش (0.122 ± 0.02) به‌دست آمد. بین تیمارهای مختلف در روزهای بیستم و شصتم دوره پرورش اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($p<0.05$), اما در تیمار

بالاترین میزان مصرف غذای روزانه در دوره پرورش ماهی زبرا دانیو در تیمار شاهد در روز بیستم دوره پرورش (0.14 ± 0.029) و پایین‌ترین میزان این شاخص در تیمار ۰/۵

شاهد و ۱ درصد روز چهارم دوره پرورش اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ($p>0.05$) (جدول ۶).

جدول ۶- میانگین مصرف غذای روزانه در ماهی زبرا دانیو (*Danio rerio*) طی دوره پرورش ۶۰ روزه تغذیه‌شده با پودر جلبک اسپیرولینا.

Table 6. The average daily food intake in *Danio rerio* during the breeding period of 60 days fed on *spirulina* algae powder.

تیمار (گرم در کیلو گرم جلبک اسپیرولینا)	دوره پرورش (روز)		
	۶۰	۴۰	۲۰
شاهد	0.432 ± 0.025^a	0.421 ± 0.026^a	$1/1.04 \pm 0.029^a$
تیمار ۵/۵	0.122 ± 0.002^b	0.197 ± 0.002^b	0.238 ± 0.002^b
تیمار ۱	0.202 ± 0.005^c	0.407 ± 0.007^a	0.366 ± 0.005^c
تیمار ۱/۵	0.361 ± 0.008^d	0.676 ± 0.008^d	0.613 ± 0.021^d

حروف غیرهمنام در هر ستون اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد ($p<0.05$).

نمونه‌های ماهی ۱۰۰ درصد بوده است و فقط در تیمار ۱ درصد (۹۹/۴۴۴±۸/۱۲) تعدادی تلفات دیده شد. همچنین پایین‌ترین میزان بازماندگی در تیمار ۵/۵ روز بیستم دوره پرورش (۹۷/۷۷۷±۸/۹۶) درصد) محاسبه شد.

در این تحقیق نتایج نشان داد که استفاده سطوح مختلف جلبک اسپیرولینا در جیره غذایی ماهی زبرا دانیو تأثیر معنی‌داری بر بازماندگی این گونه ندارد ($p>0.05$). با توجه به جدول ۷ مشاهده می‌شود که در روز شصتم دوره پرورش بازماندگی

جدول ۷- میانگین درصد بازماندگی در ماهی زبرا دانیو (*Danio rerio*) طی دوره پرورش ۶۰ روزه تغذیه‌شده با پودر جلبک اسپیرولینا.

Table 7. The average survival rate of *Danio rerio* during the breeding period of 60 days fed on *spirulina* algae powder.

تیمار (گرم در کیلو گرم جلبک اسپیرولینا)	دوره پرورش (روز)		
	۶۰	۴۰	۲۰
شاهد	100 ± 9.76^a	$99/166 \pm 7/39^a$	$98/611 \pm 7/13^a$
تیمار ۵/۵	100 ± 9.75^a	$99/644 \pm 7/24^a$	$97/777 \pm 8/96^a$
تیمار ۱	$99/444 \pm 8/12^a$	$98/888 \pm 7/72^a$	$99/166 \pm 8/81^a$
تیمار ۱/۵	$100 \pm 7/49^a$	$100 \pm 7/65^a$	$99/722 \pm 8/34^a$

حروف غیرهمنام در هر ستون اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد ($p<0.05$).

(*Zingiber officinale* L.) سبب افزایش بازماندگی در این ماهی شده است. همچنین Peddie (2005) مصرف ارگوسان (*Aqua Vac ergosan*) در جیره غذایی ماهی آزاد چنوک (*Oncorhynchus tshawytscha* Walbaum) باعث افزایش درصد بازماندگی می‌شود که نتایج این مطالعات با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. در مطالعه تأثیر کاروتنوئیدهای طبیعی چغندر لبویی و کلم برگ قرمز در ماهی گلدفیش (*Carassius auratus* Linnaeus, 1758) میزان تیمارهای مختلف جیره غذایی بر درصد بازماندگی اختلاف معنی‌داری نداشت (علمداری، ۱۳۹۰). همچنین استفاده از عصاره آکیناسه و

رنجبر (۱۳۹۰) نشان داد که در ماهی گورامی طلایی (*Trichogaster trichopterus*, Pallas, 1770) طی ۶۰ روز پرورش با افزایش پنیرک (*Malva sylvestris* L.) و گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) بازماندگی معنی‌دار نبوده ($p>0.05$) و تلفات در طول دوره پرورش در بین تیمارهای مختلف گزارش نشده است. Dugenci و همکاران (2003) در مطالعه‌ای اثر چند گونه گیاه دارویی بر ماهی قزل‌آلای رنگین-کمان به این نتیجه رسیدند که عصاره گیاهانی نظیر داروаш (*Viscum album*)، گزنه (*Urtica dioica* L.) و زنجبیل

ماهی زبرا دانیو طی دوره پرورش شصت روزه تأثیری بر شاخص ضریب تبدیل غذایی نداشت. باتوجه به اینکه درمورد شاخص های رشد بین تیمار ۱ و ۱/۵ اختلاف معنی داری وجود ندارد، به نظر می رسد تیمار ۱ درصد پودر جلبک اسپیرولینا بهترین تیمار مورد استفاده جهت رشد ماهی زبرا دانیو می باشد. درباره شاخص مصرف غذای روزانه، ضریب تبدیل غذایی و فاکتور وضعیت بهترین جیره غذایی، ۰/۵ درصد در روز شصتم دوره پرورش است. پیشنهاد می شود که تحقیقات مشابه تغذیه ریز جلبک اسپیرولینا بر دیگر گونه های ماهیان زینتی انجام گیرد. همچنین تأثیر تغذیه ماهی زبرا دانیو از گونه های دیگر ریز جلبک نیز بررسی شود.

آویشن در ماهی اسکار (*Astronotus ocellatus*, Agassiz, 1831) بر درصد بازماندگی این ماهی تأثیرگذار نبوده است (عبدی و همکاران، ۱۳۸۹). به طور کلی از دلایل پایین بودن تلفات ماهی طی دوره پرورش می توان به وجود جریان دائمی آب، کیفیت مناسب آب در طول دوره پرورش و کیفیت و کمیت جیره غذایی مورد استفاده اشاره نمود (شفایی پور، ۱۳۸۵؛ محمودی و همکاران، ۱۳۸۸).

نتیجه گیری

به طور کلی استفاده از جلبک اسپیرولینا در جیره غذایی ماهی زبرا دانیو سبب افزایش وزن بدن و ضریب رشد ویژه این گونه می شود، اما افزایش میزان پودر جلبک اسپیرولینا در جیره غذایی

منابع / References

- افشارمزدندان، ن. ۱۳۸۱. راهنمای عملی تغذیه و نهاده های غذایی و دارویی آبزیان در ایران. - انتشارات نوربخش. چاپ اول. صفحه ۲۱۶.
- اکرمی، ر.، چیت ساز، ح.، رازقی منصور، م. و قاسم پور علمدار، ا. ۱۳۹۲. تأثیر پروبیوتیک ایمکس بر شاخص های رشد، بازماندگی و ترکیب بدن قزل آلائی رنگین کمان. - فصلنامه علوم و تکثیر آبزی پروری ۱: ۲۰-۹.
- رنجبر، ن. ۱۳۹۰. بررسی مواد افزودنی موجود در پنیرک (*Malva sylvestris*) و گشنیز (*Coriandrum sativum*) بر میزان کاروتنوئید پوست و رشد ماهی گورامی طلایی (*Trichogaster trichopterus*). - پایان نامه کارشناسی ارشد. گروه تکثیر و پرورش آبزیان. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز.
- ساعدی، م.، سجادی، م.م.، حسین زاده صفایی، ه. و عمادی، ح. ۱۳۹۰. تأثیر جایگزینی آرد ماهی با آرد سویا در جیره غذایی ماهی پاکوی قرمز (*Piaractus brachypomus*) بر روی عملکرد رشد و مورفولوژی روده. - مجله علوم و فنون دریایی ۱۰: ۴۷-۵۵.
- سالک یوسفی، م. ۱۳۷۹. تغذیه آبزیان پرورشی. - انتشارات اصلانی. چاپ اول. صفحه ۳۱۸.
- ستاری، م. ۱۳۸۱. ماهی شناسی (۱) تشریح و فیزیولوژی. - انتشارات نقش مهر. چاپ اول. تهران. صفحه ۶۶۲.
- سالنامه آماری سازمان شیلات ایران. ۱۳۹۲. سازمان شیلات ایران. - دفتر برنامه ریزی گروه آمار و مطالعات توسعه شیلاتی. تهران. صفحه ۶۴.
- شفایی پور، ا. ۱۳۸۵. بررسی اثرات کنجاله کانولا به جای آرد ماهی بر رشد، ترکیب لاشه، پارامترهای بیوشیمیایی در قزل آلائی رنگین کمان. - رساله دکترای شیلات. دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.
- عادل، ا. ۱۳۸۹. بازار مبادلات ماهیان زینتی ایران و جهان. - نخستین همایش ماهیان زینتی ایران. سازمان شیلات ایران. تهران.
- عبدی، ا.، علیشاهی، م. و مصباح، م. ۱۳۸۹. مقایسه اثر لوامیزول، عصاره اکیناسه و آویشن بر بازماندگی و برخی فاکتورهای رشد در ماهی اسکار (*Astronotus ocellatus*). - نخستین همایش ماهیان زینتی ایران. - سازمان شیلات ایران. تهران. صفحات ۷-۱.
- علمداری، ر. ۱۳۹۰. تأثیر کاروتنوئیدهای طبیعی چغندر لبویی و کلم برگ قرمز بر میزان رنگ پذیری پوست و رشد ماهی گلدفیش (*Carassius auratus*). - پایان نامه کارشناسی ارشد. گروه تکثیر و پرورش آبزیان. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز.
- قائنی، م.، متین فر، م.، رومیانی، ل. و چوبکار، ن. ۱۳۸۹. ترکیبات شیمیایی پودر ریز جلبک اسپیرولینا. - فصلنامه محیط زیست جانوری (زیست شناسی شیل آمایش) ۲: ۶۱-۵۵.
- قائنی، م.، سید هشترویدی، م.، قادری، ف. و رومیانی، ل. ۱۳۹۱. بررسی کلروفیل a و کاروتنوئیدها در ریز جلبک اسپیرولینا. - فصلنامه زیست شناسی دریا ۳: ۷۳-۶۷.
- محمودی، ر.، جواهری بابلی، م.، خدادادی، م. و شفایی پور، ا. ۱۳۸۸. تعیین اثرات جایگزینی کنجاله سویا به جای کنجاله کلزا (کانولا) بر

۳: ۳۰-۲۱.

رشد قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). - مجله شیلات

Belay, A. 2002. The potential application of *Spirulina* (Arthrospira) as a nutritional and therapeutic supplement in health management. - The Journal of the American Nutraceutical Association 5: 27-48.

Biswas, S.P. 1993. Manual of Method in Fish Biology. - South Asian Publication, Pvt.Ltd. New Dehli, International Book co. 145 pp.

Ceccuzzi, P., Terova, G., Brambilla, F., Antonini, M. and Saroglia, M. 2011. Growth, diet and reproduction of Eurasian perch fluviatilis in Lake Varese, northwestern Italy. - Fish Science 77: 533-545.

Choonawala, B. 2007. *Spirulina* production in brine effluent from cooling towers. - Durban University of Technology. 421 P.

Dugenci, S.K., Arda, N. and Candan, A. 2003. Some medicinal plants as immunostimulant for fish. - Journal of Ethnopharmacology 88: 99-106.

Falquet, J. 1999. A teaching module for the production of *Spirulina*. - Antenna Technology, Geneve. 16 p.

Gupta, S.K., Jha, A.K., Pal, A.K. and Venkateshwarlu, G. 2006. Use of natural carotenoids for pigmentation in fish. Natural Product Radiance 6: 46-49.

Hill, J.E., Kapuscinski, A.R. and Pavlowich, T. 2011. Fluorescent Transgenic Zebra *Danio* More Vulnerable to Predators than Wild-Type Fish. - Transactions of the American Fisheries Society 140: 1001-1005.

Koerber, A.S. and Kalishman, J. 2009. Preparing for a semiannual IACUC inspection of a satellite Zebrafish (*Danio rerio*) facility. - Journal of the American Association for Laboratory Animal Science 48: 65-75.

Lawrence, C. 2007. The husbandry of Zebrafish (*Danio rerio*): A review. - Aquaculture 269: 1-20.

Mohammed, M. and Mohd, M. 2011. Production of carotenoids (antioxidants/ colourant) in *Spirulina* in response to indole acetic acid. - International Journal of Engineering Science and Technology 36: 49-73.

Otles, S. and Prire, R. 2001. Fatty acid composition of chlorella and *spirulina* microalgae species. - Journal of AOAC International 84: 1708-1714.

Peddie, S., Davidson, G., Eccersall, S. and Wardle, R. 2005. The effects of Aquavac Ergosan on growth and survival in juvenile Chinook salmon. - Aquaculture Health International 3: 23-24.

Quigley, I.K. and Parich, D.M. 2002. Pigment pattern formation in Zebrafish: A model for developmental genetics and the evolution of form. - Microscopy Research and Technique 58: 442-455.

Saddhe, A.A., Banerjee, G., Jamdadeh, R.A. and Thete, K.D. 2013, Zebrafish the reliable vertebrate model organism. - DCSI 91: 172-182.

Beiranvand, M., Ghaeni, M. and Velayatzadeh, M. 2015. Impact of *Spirulina* sp. on growth and food intake in *Danio rerio* Hamilton, 1822. - Nova Biologica Reperta 2: 207-215.

بیرانوند، م.، قانعی، م. و ولایت‌زاده، م. ۱۳۹۴. تأثیر مکمل جلبک اسپیرولینا (*Spirulina* sp.) بر رشد و تغذیه ماهی زبرا دانیو (*Danio rerio* Hamilton, 1822). - یافته‌های نوین در علوم زیستی ۲: ۲۱۵-۲۰۷.