

اثر افزودن جلبک اسپیرولینا (*Arthrospira platensis*) به جیره غذایی بر رشد و فعالیت های آنتی اکسیدانی ماهی کوی (*Cyprinus carpio*)

فاطمه انصاری فرد^۱، هومن رجبی اسلامی^{۱*}، مهدی شمسایی مهرجان^۱، مهدی سلطانی^۲

۱- گروه شیلات، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- گروه بهداشت و بیماری های آبزیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۳/۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۷/۲۸

چکیده

این مطالعه به بررسی اثر سطوح مختلف جلبک اسپیرولینا (*Arthrospira platensis*) طی مدت هشت هفته بر رشد و فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی ماهی کوی (*Cyprinus carpio*) پرداخت. تعداد ۱۵۰ قطعه ماهی کوی با میانگین وزن اولیه حدود ۳۰ گرم برای این منظور در یک طرح کاملاً تصادفی در ۱۵ تانک در قالب پنج تیمار هر یک با سه تکرار توزیع و با مقادیر مختلف اسپیرولینا شامل پنج سطح ۰، ۲/۵، ۵/۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد اسپیرولینا تغذیه شدند. ماهیان در انتهای دوره آزمایشی توزین و شاخص های رشد، کارایی غذایی و ترکیبات سرمی مرتبط با فعالیت های آنتی اکسیدانی آنها مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد وزن نهایی، افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، نرخ رشد نسبی ماهی های تغذیه شده با ۱۰ درصد اسپیرولینا به شکل معنی داری بیشتر از ماهیان تغذیه شده با غذای پایه بود ($P < 0.05$). همچنین کارایی تغذیه ای ماهیان تغذیه شده با جیره غذایی حاوی ۱۰ درصد اسپیرولینا به شکل معنی داری بالاتر از ماهیان در تیمار شاهد بود. سطح فعالیت آنزیم های کاتالاز، سوپر اکسید دیسموتاز در ماهیان تغذیه شده با مقادیر مختلف اسپیرولینا نسبت به تیمار شاهد بالاتر بود ($P < 0.05$)، در حالی که بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی داری مشاهده نگردید ($P > 0.05$). اختلاف معنی داری نیز در فعالیت آنزیم لاکتات دهیدروژناز بین تیمارهای مختلف آزمایشی به دست نیامد، در حالی که میزان مالون دی آلدئید سرم ماهیان تغذیه شده با تیمارهای ۷/۵ و ۱۰ درصد اسپیرولینا به شکل معنی داری کمتر از سایر تیمارهای آزمایشی بود ($P < 0.05$). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که افزودن ۱۰ درصد جلبک اسپیرولینا به جیره غذایی بیشترین تاثیر را بر نرخ رشد، کارایی تغذیه ای و فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی ماهی کوی دارد، هرچند لازم است اثر مقادیر بالاتر افزودن اسپیرولینا در جیره غذایی نیز بررسی گردد تا بتوان تصمیم گیری دقیق تری در خصوص مقدار قابل استفاده این جلبک در جیره غذایی ماهی کوی ارائه نمود.

کلمات کلیدی: کارایی رشد، فعالیت آنتی اکسیدانی، کوی، *Arthrospira platensis*

مقدمه

۱۳۹۵). دمای مطلوب برای زندگی این ماهی در آکواریوم بین ۲۱-۱۸ درجه سانتی گراد بوده و رژیم غذایی اصلی آنها گیاه خواری است (Sun et al., 2010). لذا استفاده از جلبک در جیره غذایی می تواند نقش موثری در رشد و ایمنی آنها ایفا کند. تعدادی از گونه های جلبکی در حال حاضر به عنوان مکمل غذایی

ماهی کوی یکی از گونه های متعلق به خانواده کپورماهیان است که ارزش تجاری بالایی به عنوان ماهی زینتی دارد به طوری که پژوهش های مختلفی در زمینه اصلاح نژاد و بهبود کارایی رشد این ماهی در سالیان اخیر صورت پذیرفته است (بهره مند و همکاران،

* عهده دار مکاتبات (✉). rajabi.h@srbiau.ac.ir

در حیره تجاری آبزیان مورد استفاده قرار گرفته که اسپیرولینا یکی از مهمترین آنها است که می تواند به عنوان مکمل یا جایگزین کامل پروتئین ها برای رشد بهتر، افزایش کیفیت رنگ و لقاح در غذای آبزیان به کار رود (Clements and Raubenheimer, 2006).

Arthrospira platensis یکی از گونه های متعلق به گروه جلبک های اسپیرولینا است که به صورت تجاری برای تغذیه انسان یا حیوان در بسیاری از کشورهای مناطق گرمسیری، نیمه گرمسیری و حتی معتدله کشت می شود (Kim et al., 2007). این گونه به دلیل مواد مغذی با ارزش به عنوان منبعی غنی از پروتئین و ویتامین محسوب می گردد (Volkman et al., 2008). فیکوسیانین یکی از مهمترین رنگدانه های موجود در این جلبک است که خواص بسیار مهمی همچون تحریک سیستم ایمنی، افزایش ظرفیت آنتی اکسیدانی و ساخت آنتی بادی توسط بدن دارد. بیلوردین موجود در این جلبک از قوی ترین آنتی اکسیدان های درون سلولی است (Manirafasha et al., 2018). ترکیب شیمیایی اسپیرولینا نشان می دهد که می توان از این سیانوباکتر به عنوان غذای غنی از پروتئین برای آبزیان استفاده نمود (Manen and Falquet., 2002).

سازوکارهای آنتی اکسیدانی مختلفی در ماهیان برای مقابله اثرات نامطلوب رادیکال های آزاد وجود دارد که از جمله آنها می توان به آنزیم های مرتبط با دفاع آنتی اکسیدانی شامل کاتالاز (CAT) و سوپر اکساید دیسموتاز (SOD) اشاره نمود. این آنزیم ها به همراه تعداد دیگری از ترکیبات سلولی یک سد دفاعی در مقابله با شرایط اکسیداتیو ایجاد می کنند که معمولاً در شرایط پرورشی و به دلیل استرس ناشی از تراکم

بالای آبزیان به وقوع می پیوندد (Speers-Roesch and Ballantyne, 2005؛ Trenzado et al., 2006). پرورش دهندگان در حال حاضر به دنبال بهینه سازی غذای آبزیان با استفاده از پروبیوتیک ها و دیگر مکمل های غذایی هستند تا بتواند بر ارزش های غذایی آنتی اکسیدانی ماهیان تولیدی بیافزایند. اغلب مطالعات انجام گرفته بر تغییر دفاع های آنتی اکسیدانی آبزیان برای مقابله با تنش ناشی از تغییرات شوری، نوسانات اقلیمی، کمبود اکسیژن، آلودگی ناشی از حشره کش ها و فلزات سنگین استوار است تا از عواقب منفی حضور آنها به نوعی جلوگیری شود.

پژوهش های مختلفی در خصوص تاثیر اسپیرولینا روی گونه های مختلف ماهیان انجام پذیرفته است که از آن جمله می توان به مطالعه سلیقه زاده و همکاران (۱۳۹۳) درباره اثر سطوح مختلف جلبک اسپیرولینا بر برخی شاخص های رشد، تغذیه و ترکیب بیوشیمیایی بدن ماهی بنی انگشت قد یا مطالعه سوداگر و همکاران (۱۳۹۵) در رابطه با تاثیر جلبک اسپیرولینا (*Spirulina* sp.) بر شاخص های رشد، بازماندگی و رنگ پذیری ماهی دماسونی (*Pseudotropheus demasoni*) اشاره نمود. Abdel-tawwab و همکاران (۲۰۰۸) نیز به بررسی کاربرد اسپیرولینا (*Arthrospira platensis*) به عنوان محرک رشد و ایمنی بر بچه ماهی تیلای نیل (*Oreochromis niloticus*) در شرایط پرورشی که تحت تاثیر عامل بیماری زای *Aeromonas hydrophila* قرار گرفته بود. همچنین Tongsir و همکاران (۲۰۱۰) تاثیر جایگزینی آرد ماهی با اسپیرولینا را بر رشد، ترکیب لاشه و رنگدانه های گربه ماهی مکونگ بزرگ مطالعه نمودند. با این وجود مطالعات کمی درباره تاثیر شرایط تغذیه ای روی آنزیم های آنتی اکسیدانی ماهی

کوی صورت گرفته است (Götz et al., 2005). پژوهش حاضر بر این اساس و با هدف مطالعه تاثیر اسپیرولینا بر شاخص های رشد و فعالیت برخی آنزیم های آنتی اکسیدانی در خون ماهی کوی انجام پذیرفت.

مواد و روش ها

جلبک مورد استفاده برای تهیه خوراک ماهی کوی در این پژوهش از شرکت سیناریز قشم تهیه شد. جیره غذایی پایه نیز از کارخانه کیمیاگران تغذیه شهرکرد به صورت پودر تامین گردید. پودر اسپیرولینا برای ساخت جیره های غذایی به مقادیر ۲/۵، ۵/۰، ۷/۵ و ۱۰/۰ درصد (گرم در هر کیلوگرم) به خوبی با خوراک پایه مخلوط گردید و سپس مقدار معینی آب به آنها اضافه شد تا حالت خمیری پیدا کند. خمیر حاصله با استفاده از چرخ گوشت دارای صافی ۲/۵ میلی متر به رشته های طویل تبدیل و برای ۵ ساعت درون خشک کن صنعتی با دمای ۴۵ درجه قرار گرفت تا رطوبت آن به ۱۰ درصد کاهش یابد (Tewary and Patra, 2011).

این پژوهش در قالب یک طرح کاملاً تصادفی در یک سالن سرپوشیده در شهرستان ورامین با دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی به مدت ۸ هفته انجام پذیرفت. تعداد ۱۵۰ قطعه ماهی کوی از یکی از مراکز فروش ماهی های زینتی در شهرستان ورامین خریداری و به صورت کاملاً تصادفی در گروه های ده عددی درون ۱۵ تانک فایبرگلاس با حجم آبگیری ۱۷۰ لیتر توزیع گردیدند تا با شرایط آزمایشی سازگار شدند. وزن اولیه ماهیان در حدود ۳۰ گرم و طول تقریبی آنها حدود ۱۰ سانتی متر بود. آب تانک ها به صورت روزانه تعویض می شد. شرایط فیزیکوشیمیایی

آب شامل: اکسیژن محلول بیش از ۷ میلی گرم در لیتر، سختی کل برابر ۷ میلی گرم در لیتر، آمونیاک برابر صفر، غلظت نیتريت کمتر از ۰/۰۱ میلی گرم در لیتر و دوره نوری برابر ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی بود. هر سه تانک آزمایشی به صورت تصادفی به یکی از تیمارهای غذایی اختصاص یافت. ماهیان طی دوره سازگاری برای یک هفته با غذای پایه تغذیه شده و در ادامه به مدت ۶۰ روز با جیره های آزمایشی مربوطه (تیمارهای صفر، ۲/۵، ۵/۰، ۷/۵ و ۱۰/۰ درصد اسپیرولینا) مورد تغذیه قرار گرفتند. غذادهی به ماهیان در هر تیمار روزانه سه بار و به میزان سه درصد وزن بدن انجام پذیرفت (چله مال دزفول نژاد و همکاران، ۱۳۹۱). نمونه برداری و خونگیری از ماهیان بعد از ۶۰ روز از شروع پرورش و به منظور بررسی شاخص های خونی انجام شد. ماهیان به این منظور به کمک پودر گل میخک به میزان ۰/۲ گرم در لیتر بی هوش و خون گیری از شریان های ناحیه ساقه دمی آنها انجام شد (Alishahi et al., 2010). خون ماهی ها جهت تهیه سرم با استفاده از سانتریفوژ با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه جداسازی و درون لوله های اپندورف در مجاورت یخ به آزمایشگاه منتقل شدند تا در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد منجمد شوند (چله مال دزفول نژاد و همکاران، ۱۳۹۱).

سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز پس از یخ زدایی سرم بر پایه قدرت مهار احیاء نیتروبلوتترازولیوم به وسیله یون سوپراکسید بر پایه روش Winterbourn و همکاران (۱۹۷۵) انجام گرفت. فعالیت آنزیم کاتالاز نیز طبق روش Aebi (۱۹۸۴) بر پایه تجزیه پراکسید هیدروژن در طول موج ۲۴۰ نانومتر اندازه گیری شد. فعالیت آنزیم

ANOVA) مورد تحلیل قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها با کمک آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام پذیرفته و وجود یا نبود اختلاف معنی‌دار در سطح اعتماد ۹۵ درصد تعیین گردید. برای انجام محاسبات فوق از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۱۸ استفاده گردید.

نتایج

تأثیر مقادیر متفاوت جلبک اسپیرولینا بر رشد ماهی کوی در جدول ۱ ارائه شده است. طبق نتایج به‌دست آمده افزایش وزن با افزایش مقدار جلبک اسپیرولینا در جیره غذایی ماهی کوی افزایش یافت و به بیشترین مقدار خود در تیمار ۱۰ درصد اسپیرولینا رسید در حالی که کمترین میزان افزایش وزن در تیمار شاهد ثبت گردید. نرخ رشد ویژه نیز با افزایش مقدار اسپیرولینا در غذای ماهی کوی افزایش یافت به طوری که بیشترین میزان این شاخص در تیمار ۱۰ درصد اسپیرولینا مشاهده شد که به شکل معنی‌داری بیشتر از مقدار آن در تیمار شاهد بود ($P < 0.05$). شاخص وضعیت ماهیان در تیمار ۱۰ درصد جلبک اسپیرولینا نیز به شکل معنی‌داری بالاتر از تیمار شاهد بود ($P < 0.05$), هر چند که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای حاوی ۵ و ۷/۵ درصد اسپیرولینا نشان‌نداد ($P > 0.05$). کمترین نرخ رشد نسبی نیز در تیمار شاهد ($92/1 \pm 66/33$) و بیشترین میزان آن در تیمار ۱۰ درصد اسپیرولینا ($132/1 \pm 40/00$) به ثبت رسید. هیچگونه تلفاتی نیز طی دوره هشت هفته آزمایش در میان تیمارهای آزمایشی مشاهده نشد.

لاکتات دهیدروژناز با استفاده از کیت پارس آزمون سنجیده شد. جذب نوری نمونه‌ها پس از طی دقیقه ۳ در طول موج ۳۴۰ نانومتر قرائت و فعالیت ویژه آنزیم بر حسب واحد بر میلی گرم پروتئین محاسبه گردید. میزان مالون دی آلدئید برای تعیین محصول نهایی پراکسیداسیون لیپیدها طبق روش Satoh (۱۹۷۸) تعیین گردید. شاخص‌های رشد و کارایی غذایی مورد بررسی در این پژوهش نیز بر اساس روابط زیر محاسبه شدند (Wangmi et al., 2009):

افزایش وزن = وزن نهایی (گرم) - وزن اولیه (گرم)
نرخ رشد ویژه (درصد روزانه) = $100 \times$ [گاریتم طبیعی وزن نهایی ماهی (گرم) - لگاریتم طبیعی وزن اولیه ماهی (گرم)] ÷ طول دوره آزمایش (روز)

ضریب تبدیل غذایی = گرم وزن کسب شده ماهی ÷ غذای خورده شده

فاکتور وضعیت (گرم بر مترمکعب) = $100 \times$ وزن نهایی ماهی (گرم) ÷ مضروب سه طول کل ماهی (سانتی متر)

نرخ رشد نسبی (درصد) = $100 \times$ [وزن نهایی ماهی (گرم) - وزن اولیه ماهی (گرم)] ÷ وزن اولیه ماهی (گرم)

نسبت کارایی انرژی = انرژی مصرفی (کیلوژول) ÷ وزن کسب شده (گرم)

نسبت کارایی چربی = چربی خورده شده (گرم) ÷ وزن کسب شده (گرم)

تجزیه و تحلیل داده‌ها

یافته‌های به دست آمده در این پژوهش با استفاده از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه (One-way

جدول ۱: اثر مقادیر مختلف جلبک اسپیرولینا بر فاکتورهای رشد ماهی کوی

شاهد	۲/۵ درصد اسپیرولینا	۵ درصد اسپیرولینا	۷/۵ درصد اسپیرولینا	۱۰ درصد اسپیرولینا	
وزن اولیه (گرم)	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰	۳۰
وزن ثانویه (گرم)	57.0 ± 8.48	58.0 ± 8.78	60.0 ± 2.54	67.1 ± 2.00	69.0 ± 7.29
افزایش وزن (گرم)	28.0 ± 8.48	29.0 ± 8.78	31.0 ± 2.54	37.0 ± 2.02	39.0 ± 7.30
نرخ رشد ویژه (درصد روزانه)	1.0 ± 15.01	1.0 ± 17.02	1.0 ± 21.01	1.0 ± 39.02	1.0 ± 46.30
شاخص وضعیت (CF)	1.0 ± 30.03	1.0 ± 26.06	1.0 ± 31.07	1.0 ± 34.05	1.0 ± 41.04
نرخ رشد نسبی (درصد)	92.1 ± 66.33	95.2 ± 26.68	100.1 ± 6.86	100.1 ± 23.45	132.1 ± 40.00
بقا (درصد)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

* اعداد به صورت میانگین $\pm$ خطای استاندارد ارائه شده است. حروف متفاوت در هر ردیف نشانه اختلاف معنی دار بین تیمارهای آزمایشی است ($P < 0.05$).

ضریب تبدیل غذایی نیز به عنوان یکی از شاخص‌های تغذیه‌ای تفاوت معنی داری را میان تیمارهای مختلف آزمایشی نشان داد (جدول ۲)، به طوری که بیشترین میزان آن در تیمار شاهد و کمترین مقدار آن در تیمار حاوی ۱۰ درصد اسپیرولینا به ثبت رسید ($P < 0.05$). با این وجود تفاوت معنی داری در ضریب تبدیل غذایی ماهیان تغذیه شده با جیره پایه و آنهایی که از جیره غذایی حاوی ۲/۵ درصد اسپیرولینا

تغذیه کرده بودند، مشاهده نگردید ($P > 0.05$). نسبت کارایی چربی ماهیان نیز یک روند افزایشی را با افزایش مقدار اسپیرولینا در جیره غذایی نشان داده و به بالاترین مقدار خود در ماهیانی رسید که از جیره حاوی ۱۰ درصد اسپیرولینا تغذیه کرده بودند. با این وجود تفاوت معنی داری در نسبت کارایی انرژی میان تیمارهای مختلف آزمایشی ثبت نگردید ($P > 0.05$).

جدول ۲: اثر مقادیر مختلف جلبک اسپیرولینا در جیره غذایی بر فاکتورهای تغذیه‌ای ماهی کوی*

شاهد	۲/۵ درصد اسپیرولینا	۵ درصد اسپیرولینا	۷/۵ درصد اسپیرولینا	۱۰ درصد اسپیرولینا	
ضریب تبدیل غذایی (FCR)	2.0 ± 94.05^a	2.0 ± 87.09^a	2.0 ± 73.05^b	2.0 ± 22.06^c	2.0 ± 0.701^d
نسبت کارایی چربی (LER)	3.0 ± 18.05^d	3.0 ± 26.08^d	3.0 ± 41.06^c	4.0 ± 19.11^b	4.0 ± 49.03^a
نسبت کارایی انرژی (EER)	0.0 ± 0.100	0.0 ± 0.200	0.0 ± 0.200	0.0 ± 0.300	0.0 ± 0.300

* اعداد به صورت میانگین $\pm$ خطای استاندارد ارائه شده است. حروف متفاوت در هر ردیف نشانه اختلاف معنی دار بین تیمارهای آزمایشی است ($P < 0.05$).

تاثیر مقادیر متفاوت جلبک اسپیرولینا روی آنزیم های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز، لاکتات دهیدروژناز و میزان مالون دی آلدید ماهی کوی در جدول ۳ نشان داده شده است. یافته ها نشان داد که میزان فعالیت کاتالاز در سرم ماهیان تغذیه شده با مقادیر مختلف اسپیرولینا به شکل معنی داری بیش از ماهیان تغذیه شده با غذای پایه بود ($P < 0.05$). با این وجود تفاوت معنی داری در میزان فعالیت این آنزیم بین ماهیان در تیمارهای تغذیه شده با اسپیرولینا ثبت نگردید. سطح آنزیم سوپراکسید دیسموتاز نیز الگو مشابهی را با آنزیم کاتالاز نشان داد به طوری که اختلاف معنی داری در سطح این آنزیم بین تیمارهای حاوی مقادیر مختلف

اسپیرولینا مشاهده نشد ($P > 0.05$). همچنین میزان آنزیم لاکتات دهیدروژناز ماهیان در تیمار شاهد فاقد اختلاف معنی داری با ماهیان در سایر تیمارهای تغذیه شده با مقادیر مختلف اسپیرولینا بود ($P > 0.05$). این در حالی است که مقدار مالون دی آلدید (MDA) یک روند کاهشی را با افزایش مقدار اسپیرولینا در جیره غذایی نشان داده و به کمترین مقدار خود در ماهیانی رسید که با جیره غذایی حاوی ۱۰ درصد اسپیرولینا تغذیه شده بودند، هر چند که اختلاف معنی داری بین آنها و ماهیانی که با جیره حاوی ۷/۵ درصد اسپیرولینا مشاهده نگردید ($P > 0.05$).

جدول ۳. اثر مقادیر مختلف جلبک اسپیرولینا در جیره غذایی بر فرسنگه های بیوشیمیایی سرم خون ماهی کوی*

تیمار					
شاهد	۲/۵ درصد اسپیرولینا	۵ درصد اسپیرولینا	۷/۵ درصد اسپیرولینا	۱۰ درصد اسپیرولینا	
کاتالاز	$42/33 \pm 11/59^b$	$61/07 \pm 1/06^a$	$58/02 \pm 1/02^a$	$52/33 \pm 1/53^a$	$55/67 \pm 1/53^a$
سوپراکسید دیسموتاز	$51/00 \pm 1/59^b$	$53/03 \pm 1/00^a$	$53/02 \pm 1/00^a$	$55/01 \pm 2/53^a$	$54/08 \pm 1/05^a$
لاکتات دهیدروژناز	$7278/30 \pm 34/64$	$7123/00 \pm 102/63$	$7122/70 \pm 74/27$	$7244/31 \pm 38/42$	$7119/3 \pm 17/89$
مالون دی آلدید	$147/33 \pm 5/86^b$	$142/00 \pm 1/00^b$	$132/67 \pm 1/15^b$	$95/67 \pm 1/53^a$	$87/33 \pm 2/52^a$

* اعداد به صورت میانگین $\pm$ خطای استاندارد ارائه شده است. حروف متفاوت در هر ردیف نشانه اختلاف معنی دار بین تیمارهای آزمایشی است ($P < 0.05$).

بحث

افزودن پودر جلبک اسپیرولینا در تحقیق حاضر به جیره غذایی تا میزان ۱۰ درصد موجب افزایش رشد ماهی کوی شد به طوری که شاخص های رشد (افزایش وزن، نرخ رشد ویژه) و تغذیه ای (ضریب تبدیل غذا و ضریب بازده چربی) ماهی در تیمار ۱۰ درصد از شرایط بهتری نسبت به سایر تیمارها برخوردار بود. Lu و همکاران (۲۰۰۴) بهبود شاخص های رشد و تغذیه را با افزودن ۱۰ درصد اسپیرولینا به جیره پایه تیلاپای نیل (*Oreochromis niloticus*) نسبت به گروه شاهد مشاهده کردند. Pipattanawattanakul و Phromkunthong (۲۰۰۵) نیز بهترین شاخص های رشد و تغذیه گربه ماهی هیرید (*Clarias macrocephalus*) را با افزودن ۱۰ درصد اسپیرولینا به جیره غذایی مشاهده کردند. Abdel-Tawwab و همکاران (۲۰۰۸) گزارش دادند که شاخص های رشد و تغذیه تیلاپای نیل در تیمار تغذیه شده با جیره غذایی حاوی ۱۰ درصد اسپیرولینا از وضعیت مطلوب تری برخوردار است. جلبک اسپیرولینا به عنوان یک ماده غذایی با مقادیر مناسب اسیدهای آمینه، اسیدهای چرب ضروری، ویتامین ها و مواد معدنی شناخته شده است که عدم وجود دیواره سلولی منجر به بهبود هضم و جذب مواد غذایی آن می شود (Nandeesha et al., 2001). افزایش اشتها ماهیان در تیمارهای حاوی جلبک اسپیرولینا از دیگر دلایلی است که می تواند منجر به دریافت غذای بیشتر و بهبود شاخص های تغذیه ای در ماهیان تغذیه نموده با جلبک اسپیرولینا شود (Abdel-Tawwab et al., 2006). کمترین میزان ضریب تبدیل غذایی نیز در این پژوهش در ماهیان تغذیه شده با ۱۰ درصد اسپیرولینا به دست

آمد که می تواند بیانگر تولید گوشت بیشتر به ازای مصرف مقدار غذای کمتر در ماهی کوی باشد. مجموعه آنزیم های سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز را می توان اولین خط دفاعی سلول در برابر سمیت ناشی از رادیکال های آزاد دانست (Coban et al., 1998). آنزیم سوپراکسید دیسموتاز باعث تبدیل سوپراکسید به H_2O_2 و آنزیم کاتالاز باعث خنثی سازی H_2O_2 و تبدیل آن به اکسیژن و آب می شود. یافته های پژوهش حاضر نشان داد که جلبک اسپیرولینا دارای خواص آنتی اکسیدانی مناسبی بوده و موجب افزایش سطح فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز می گردد. امتیازجو و همکاران (۱۳۹۳) نیز در راستای یافته های پژوهش حاضر و با مطالعه ظرفیت آنتی اکسیدانی ماهی قزل آلا رنگین کمان پس از تغذیه با جلبک اسپیرولینا به این نتیجه رسیدند که این جلبک با افزایش سطح آنزیم گلوکاتایون پراکسیداز قادر به بهبود ظرفیت آنتی اکسیدانی می باشد. اسپیرولینا به دلیل سطح بالای رنگدانه هایی نظیر بتاکاروتن دارای خواص آنتی اکسیدانی قوی ای است و می تواند نقش حفاظتی بالایی را با فعال سازی مسیرهای آنزیمی و غیر آنزیمی مختلف ایقا نماید (Onofrejova et al., 2010; Farasat et al., 2013).

جلبک اسپیرولینا همچنین موجب افزایش سطح فعالیت آنزیم کاتالاز ماهی کوی نسبت به گروه شاهد گردید. مطالعه انجام شده توسط Ural (۲۰۱۳) نیز نشان داد که لیکوپن (Lycopene) به عنوان یک ماده کاروتنوئیدی برای مهار استرس های اکسیداتیو موجب افزایش سطح کاتالاز در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus Carpio*) می شود که مشابه نتیجه به دست آمده در پژوهش حاضر می باشد. سایر پژوهشگران نیز

اظهار داشتند که میزان کاتالاز در بافت‌ها و سلول‌های حیوانات مختلف در مواجهه با عوامل خارجی القاء کننده استرس اکسیداتیو افزایش یا کاهش یافته است (Wang et al., 2007؛ Oberdorster., 2004؛ al., 2009).

کبد را می‌توان مهمترین اندام آبرزیان در فرآیندهای متابولیک و دفع سموم از بدن آبرزیان دانست. این در حالی است که در آسیب‌های وارده به این عضو می‌تواند منجر به آزادسازی آنزیم‌های کبدی به داخل خون شود که اندازه‌گیری آنها در سرم خون معیار مناسبی از میزان آسیب‌های وارده به بدن آبرزیان ارائه می‌نماید (Burtis et al., 2012؛ Khoubnasabjafari et al., 2015). مقادیر متفاوت جلبک اسپیرولینا در مطالعه حاضر تغییری در سطح آنزیم لاکتات دهیدروژناز سرم خون ماهی کوی نداشت که این می‌تواند بیانگر عدم تاثیر منفی اسپیرولینا بر فعالیت طبیعی سلول‌های بدن و تخریب احتمالی سلول‌های کبدی باشد.

مالون دی‌آلدهید یکی از شاخص‌های زیستی رایجی است که برای بررسی وضعیت پراکسیداسیون چربی‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد، به طوری که افزایش سطح آن نشان‌دهنده اختلال در فرآیند جذب و ذخیره‌سازی چربی‌ها به دلیل اختلال در کارکرد محافظتی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی است (Oruc et al., 2007؛ Valavanidis et al., 2006).

یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از ۷/۵ درصد پودر جلبک اسپیرولینا منجر به کاهش سطح مالون دی‌آلدهید پلاسما گردید که بیانگر سوخت و ساز مناسب تر چربی‌ها و کاهش شرایط اکسیداسیونی ماهی کوی پس از تغذیه با این جلبک است (Vallejos-

Vidal et al., 2016) که با یافته‌های مربوط به نسبت کارایی چربی نیز در این پژوهش مطابقت داشت. در مجموع یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که جلبک اسپیرولینا (*A. platensis*) می‌تواند موجب افزایش رشد و بهبود شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی ماهی کوی گردد. اختلاف معنی‌دار در میزان وزن نهایی، نرخ رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی در کنار فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی بالاترین درصد اسپیرولینا در این پژوهش نسبت به سایر تیمارهای آزمایشی نشان می‌دهد که می‌توان از این جلبک در سطح ۱۰ درصد برای افزایش میزان رشد، کارایی تغذیه‌ای و بهبود شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی ماهی کوی استفاده نمود. البته این احتمال وجود دارد که نتایج بهتری با افزودن مقادیر بالاتر اسپیرولینا به جیره غذایی در شاخص‌های ذکر شده در بالا به دست آید و لذا پیشنهاد می‌گردد اثر مقادیر بالاتر افزودن اسپیرولینا در جیره غذایی نیز بر متغیرهای مطالعاتی بررسی گردد تا بتوان توصیه دقیق‌تری در خصوص مقدار قابل استفاده از این جلبک در جیره غذایی ماهی کوی ارائه نمود.

سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می‌دانیم از زحمات کلیه کسانی که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند سپاسگزاری نماییم.

منابع

۱. امتیازجو، م.، دهقانی مطلق، ز.، زینلی، م.، ۱۳۹۳. اثر آنتی‌اکسیدانی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان تغذیه شده با *Spirulina platensis* توسط آنزیم

- challenged with pathogenic *Aeromonas hydrophila*. 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, pp. 1015-1032.
8. Aebi, H., 1984. Catalase in vitro. Methods in Enzymology, 105, 121-126.
 9. Alishahi, M., Ranjbar, M.M., Ghorbanpour, M., Mesbah, M., Razi Jalali, M., 2010. Effects of dietary Aloe Vera on some specific and nonspecific immunity in the common carp (*Cyprinus carpio*). Iranian Journal of Veterinary Medicine, 4: 189-195.
 10. Burtis, A.C., Ashwood, E.R., BRUNS, D.E., 2012. Tietz Textbook of Clinical Chemistry and Molecular Diagnostics. London, Elsevier Health Sciences. 2256 p.
 11. Clements, K.D., Raubenheimer, D., 2006. Feeding and nutrition. in D.H. Evans (Ed.), The physiology of Fishes. CRC Press, Boca Raton, FL, pp 47-82.
 12. Coban, T., Mobsout, A., Eke, B.C., Bulbul, D., Berberoglu, U., 1998. Glutathione and lipid peroxidation levels in human breast tumors. Neoplasma, 48(3), 161-165.
 13. Farasat, M., Khavari-Nejad, R.A., Nabavi, S.M.B., Namjooyan, F., 2013. Antioxidant properties of two edible green seaweeds from northern coasts of the Persian Gulf. Jundishapur Journal of Natural Pharmaceutical Products, 8(1), 47-52.
 14. Götz, M.E., Malz, C.R., Dirr, A., Blum, D., Gsell, W., Schmidt, S., Burger, R., Pohli, S.S., Riederer, P., 2005. Brain aging phenomena in migrating sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*. Journal of Neural Transmission, 112, 1177-1199.
 15. Khoubnasabjafari, M., Ansarin, K., Jouyban, A., 2015. Reliability of malondialdehyde as a biomarker of oxidative stress in psychological disorders. BioImpacts, 5(3), 123-127.
 16. Li, S., Shen, Y., Xie, A., Yu, X., Qiu, L., Zhang, L., Zhang, Q., 2007. Green synthesis of silver nanoparticles using *Capsicum annum* leaf extract. Green Chemistry, 9, 852-858.
 17. Lu, J., Toshio, T., Hiroo, S., 2004. Ingestion and assimilation of three species of freshwater algae by larval Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. Aquaculture, 238, 437-449.
- گلوکاتینون پراکسیداز. علوم وفنون دریایی، ۹(۳)، ۴۹-۴۱.
۲. بهره‌مند، م.، سلیمانی راد، آ.، رشیدیان، ق.، کامرانی، ا.، ۱۳۹۵. تاثیر جیره حاوی پریبیوتیک ایمونوژن بر تغذیه، رشد جبرانی و برخی پارامترهای خونی ماهی کوی (*Cyprinus carpio* var. Koi) پس از دوره‌های گرسنگی. بوم‌شناسی آبزیان، ۶(۲)، ۳۲-۲۳.
 ۳. چله‌مال دزفول نژاد، م.، جهانگیری زاده، م.، مصباح، م.، ۱۳۹۱. تاثیر تغذیه با اسپیرولینا بر سیستم ایمنی در ماهی پنگوسی *Pangasius hypophtalarnus*. محیط زیست جانوری، ۴، ۳۴-۲۵.
 ۴. سلیقه‌زاده، ر.، ذاکری، م.، موسوی، م.، یاور، و.، ۱۳۹۳. اثر مکمل غذایی جلبک اسپیرولینا *Spirulina latensis* بر برخی از فاکتورهای خونی، ایمنی و بیوشیمیایی سرم ماهی بنی (*Mesopotamichthys sharpeyi* Günther,) (1874). مجله دامپزشکی ایران، ۱۰(۲)، ۴۶-۴۰.
 ۵. سوداگر، م.، خالصه، م.، مازندرانی، م.، حسینی، س.ع.، ذکرایی، ح.، ۱۳۹۵. تاثیر جلبک اسپیرولینا (*Spirulina* sp.) بر شاخص‌های رشد، بازماندگی و رنگ‌پذیری ماهی دماسونی (*Pseudotropheus demasoni*). نشریه شیلات، ۶۹(۱)، ۲۷-۲۱.
 6. Abdel-Tawwab, M., Khatat, Y.A.E., Ahmad, M.H., Shalaby, A.M.E., 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.
 7. Abdel-Tawwab, M., Ahmad, M.H., Abdel-Hadi, Y.M., Seden, M.E.A., 2008. Use of spirulina (*Arthrospira platensis*) as a growth and immunity promoter for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) fry

- a new colorimetric method. *Clinica Chimica Acta*, 90, 37-43.
26. Speers-Roesch, B., Ballantyne, J. S., 2005. Activities of antioxidant enzymes and cytochrome c oxidase in liver of arctic and temperate teleosts. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 140A: 487-494.
 27. Sun, X.J., Li, T.L., Jiang, N., Ma, Z.H., Luo, L., 2010. The effect of nature pigments on the coloration of Japanese ornamental carp (*Cyprinus carpio* L.) cultured in pond. *Feed Industry*, 31(8), 19-20.
 28. Tewary, A., Patra, B.C., 2011. Oral administration of baker's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) acts as a growth promoter and immunomodulator in *Labeo rohita* (Ham.). *Aquaculture Research and Development*, 3(9), 1-7.
 29. Tongsiri, S., Mang-Amphan, K., Peerapornpisal, Y., 2010. Effect of replacing fishmeal with spirulina on growth, carcass composition and pigment of the Mekong giant catfish. *Asian Journal of Agricultural Science*, 2, 106-110.
 30. Trenzado, C., Hidalgo, M. C., García-Gallego, M., Morales, A.E., Furné, M., Domezain, A., Domezain, J., Sanz, A., 2006. Antioxidant enzymes and lipid peroxidation in sturgeon *Acipenser naccarii* and trout *Oncorhynchus mykiss*. A comparative study. *Aquaculture*, 254, 758-767.
 31. Ural, M.S., 2013. Chlorpyrifos-induced changes in oxidant antioxidant status and haematological parameters of *Cyprinus carpio*: Ameliorative effect of Lycopene. *Chemosphere*, 90, 2059-2064.
 32. Valavanidis, A., Vlahogianni, T., Dassenakis, M., Scoullou, M., 2006. Molecular biomarkers of oxidative stress in aquatic organisms in relation to toxic environmental pollutants. *Ecotoxicology Environmental Safety*, 64, 178-189.
 33. Vallejos-Vidal, E., Reyes-López, F., Teles, M., MacKenzie, S., 2016. The response of fish to immunostimulant diets. *Fish and shellfish immunology*, 56, 34-69.
 34. Volkmann, H., Imianovsky, U., Oliveira, J.L.B., Santanna, E. S., 2008. Cultivation of
 18. Manen, J.F., Falguet, J., 2002. The cpcB-cpcA locus as a tool for the genetic characterization of the genus *Arthrospira* (Cyanobacteria): evidence for horizontal transfer. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 52, 861-867.
 19. Manirafasha, E., Murwanashyaka, T., Ndikubwimana, T., Rashid Ahmed, N., Liu, J., Lu, Y., Zeng, X., Ling, X., Jing, K., 2018. Enhancement of cell growth and phycocyanin production in *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* by metabolic stress and nitrate fed-batch. *Bioresource Technology*, 255, 293-301.
 20. Nandeesh, M.C., Gangadhara, B., Maniserry, J.K. & Venkataraman, L.V. 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.
 21. Oberdorster, E., 2004. Manufactured nanomaterials (fullerenes, C60) induce oxidative stress in the brain of juvenile Largemouth Bass. *Environmental Health Perspectives*, 112, 1058-1062.
 22. Onofrejova, L., vasickova, J.V., Klejdus, B., Stratil, P., Misurcova, L., Kracmar, S., Kopecky, J., Vacek, J., 2010. Bioactive phenols in algae: the application of pressurized-liquid and solid-phase extraction techniques. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 51, 464-470.
 23. Oruc, E.O., Usta, D., 2007. Evaluation of oxidative stress responses and neurotoxicity potential of diazinon in different tissues of *Cyprinus carpio*. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 23, 48-55.
 24. Phromkunthong, W., Pipattanawattanakul, A., 2005. Effects of *Spirulina* sp. on growth performance and antibody levels in hybrid catfish, *Clarias macrocephalus* × *Clarias gariepinus* (Burchell). *Songklanakarin Journal of Science and Technology Aquatic Science*, 27(1), 115-132.
 25. Satoh, K., 1978. Serum lipid peroxidation in cerebrovascular disorders determined by

36. Wang, B., Zhang, W., Duan, X., Li, X., 2009. In vitro antioxidative activities of extract and semi purified fractions of the marine red alga, *Rhodomela confervoides* (Rhodomelaceae). Food Chemistry, 113(4), 1101-1105.
37. Winterbourn, C., Hawkins, R., Brian, M., Carrell, R., 1975. The Estimation of red cell superoxide dismutase activity. Journal of Laboratory and Clinical Medicine, 85(2), 337-341.
- Arthrospira (Spirulina) platensis* in desalinator wastewater and salinated synthetic medium: protein content and amino-acid profile. Brazilian Journal of Microbiology, 39(1), 98-101.
35. Wangmi, K.Y., Zheng, Z.I., Jinag, R., Xie, N., 2009. Replacing fish meal with rendered animal protein ingredients in diets for Malabar grouper, *Epinephelus malabaricus*, reared in net pens. Journal of the World Aquaculture Society, 40, 67-75.