

اثر سطوح مختلف مکمل تغذیه‌ای جلبک اسپیرولینا *Spirulina platensis* بر برخی شاخص‌های رشد، تغذیه و ترکیب بیوشیمیایی بدن ماهی بنی انگشت قد *Mesopotamichthys sharpeyi* (Günther, 1874)

رضا سلیقه‌زاده^۱، وحید یاوری^{۲*}، سید محمد موسوی^۳، محمد ذاکری^۴

۱- دانش‌آموخته کارشناس ارشد تکثیر و پرورش آبزیان، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، پست الکترونیکی: salighezadeh@yahoo.com

۲- دانشیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، پست الکترونیکی: yavarivahid@yahoo.com

۳- استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، پست الکترونیکی: seied1356@yahoo.com

۴- استادیار گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، پست الکترونیکی: zakeri.mhd@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۳/۲/۱۵

*نویسنده مسوول

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۰/۲۵

© نشریه علمی - پژوهشی اقیانوس‌شناسی ۱۳۹۳، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه اقیانوس‌شناسی است.

چکیده

اثر سطوح مختلف مکمل تغذیه‌ای اسپیرولینا بر شاخص‌های رشد، تغذیه و ترکیبات بیوشیمیایی بدن ماهی بنی انگشت قد به مدت ۸ هفته مورد مطالعه قرار گرفت. اسپیرولینا در سطوح ۰، ۲/۵، ۵، ۷/۵ و ۱۰ درصد به جیره غذایی پایه افزوده شد. غذادهی طی دوره پرورش در حد سیری و ۲ بار در روز انجام شد. نتایج این مطالعه نشان داد که وزن نهایی و افزایش وزن بدن در تیمار ۱۰٪ در مقایسه با گروه کنترل اختلاف معنی‌داری داشتند ($P < 0/05$)، در حالی که از نظر نرخ رشد ویژه و ضریب چاقی، اختلاف معنی‌داری را با گروه کنترل نشان ندادند ($P > 0/05$). شاخص‌های تغذیه‌ای ضریب تبدیل غذایی و ضریب بازده پروتئین در تیمار ۱۰٪ نسبت به گروه کنترل اختلاف معنی‌داری داشتند ($P < 0/05$). نتایج نشان داد که اگرچه استفاده از جلبک اسپیرولینا در جیره غذایی تأثیری بر میزان چربی، خاکستر، رطوبت، کربوهیدرات و انرژی کل لاشه ندارد، اما میزان پروتئین لاشه در تیمار ۱۰٪ ($14/07 \pm 0/12$) نسبت به گروه کنترل تفاوت معنی‌داری داشت ($P < 0/05$). بر اساس نتایج این تحقیق اضافه کردن مکمل غذایی اسپیرولینا در جیره غذایی ماهی بنی انگشت قد در سطح ۱۰ درصد باعث بهبود وزن نهایی، افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، ضریب چاقی و میزان پروتئین لاشه این گونه می‌شود.

کلمات کلیدی: *Spirulina platensis*، افزایش وزن، ترکیب بیوشیمیایی، ماهی بنی.

۱. مقدمه

بود. Ahmadzade-Nia و همکاران (۲۰۱۱) اثر جایگزینی سطوح مختلف پودر اسپیرولینا با آرد سویا در جیره غذایی را بر شاخص‌های رشد قزل‌آلای رنگین‌کمان بررسی کردند و نتایج آنها نشان داد که با افزایش سطح اسپیرولینا افزوده شده در جیره غذایی، وزن نهایی و ضریب تبدیل غذایی نسبت به گروه کنترل بهبود می‌یابد.

ماهی بنی جزء ماهیان تجاری تالاب‌های خوزستان می‌باشد که به دلیل رشد نسبتاً مناسب، مقاومت بالا نسبت به شرایط نامساعد محیطی در آب‌های راکد و گرم با میزان اکسیژن کم و همچنین ارزش اقتصادی بالا برای پرورش در بین ماهیان بومی از اهمیت زیادی برخوردار است. این گونه در مناطق محدودی از دنیا پراکنش دارد و زیستگاه اصلی آن در استان خوزستان تالاب هورالعظیم و تالاب شادگان است (بساک کاهکش و همکاران، ۱۳۸۹). استقبال تولیدکنندگان جهت پرورش، افزایش تقاضای مصرف کنندگان، کاهش میزان صید از آب‌های داخلی و نیاز به بازسازی ذخایر، ضرورت تولید این ماهی از طریق آبی‌پروری را نسبت به گذشته به‌طور چشم‌گیری افزایش داده است (محمدیان و همکاران، ۱۳۸۸). این تحقیق با هدف بررسی اثرات سطوح مختلف مکمل جلبک سبز-آبی *Spirulina platensis* بر شاخص‌های رشد، تغذیه و ترکیبات بیوشیمیایی لاشه در ماهی بنی انگشت قد طراحی و اجرا گردید.

۲. مواد و روش‌ها

این تحقیق در پاییز سال ۹۰ در آزمایشگاه خیس دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر انجام شد. پانصد قطعه ماهی مورد نیاز از مرکز تکثیر و پرورش ماهیان شهید ملکی اهواز تهیه و به مدت ۲ هفته به‌منظور سازگاری با شرایط در تانک‌های ۳۰۰ لیتری نگهداری شدند. پس از رقم بندی، تعداد ۳۰۰ قطعه از ماهیان با میانگین وزنی $9/35 \pm 0/55$ گرم در داخل ۱۵ تانک مدور ۳۰۰ لیتری (آبگیری ۲۵۰ لیتر) به تعداد ۲۰ قطعه در هر مخزن (۵ تیمار و ۳ تکرار) ذخیره سازی شدند. آزمایش در یک سالن سرپوشیده با دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی به مدت ۸ هفته انجام شد. اندازه گیری عوامل کیفی آب نظیر درجه حرارت، اکسیژن محلول و pH به‌صورت روزانه انجام شد. قبل از شروع آزمایش به‌منظور سازگاری، ماهیان به مدت دو هفته با جیره پایه تغذیه شدند. بعد از مرحله سازگاری در ابتدای آزمایش

در دو دهه گذشته اهمیت تغذیه آبیان به‌طور قابل توجهی افزایش یافته است، که عمدتاً به دلیل افزایش تقاضای جهانی برای دسترسی به تولیدات آبی‌پروری است، هدف اصلی کلیه روش‌ها و ترفندها در صنعت آبی‌پروری دسترسی به حداکثر میزان رشد و بازماندگی است که در کوتاه‌ترین زمان ممکن منجر به حداکثر میزان تولید گردد. غذا و مدیریت تغذیه آبیان پرورشی در دسترسی به حداکثر میزان رشد و تولید نقش کلیدی دارند (Somanath et al., 2000).

جلبک‌های خشک شده به‌عنوان مکمل غذایی در آبی‌پروری باعث افزایش رشد، کارایی غذا و کیفیت بیوشیمیایی لاشه در آبیان مختلف می‌شوند (Jaime-Ceballos et al., 2005). اسپیرولینا یکی از جلبک‌های سبز-آبی است که حاوی مقدار زیادی پروتئین، اسیدهای چرب ضروری (گاما-لینولنیک اسید)، پلی ساکاریدها، فیکوبیلی پروتئین‌ها، بتاکارتنوئید، ویتامین‌ها و مواد معدنی است (Peiretti and Meineri, 2008). که به‌عنوان یک محرک رشد، پروبیوتیک و تقویت کننده سامانه‌ی ایمنی در ماهی مطرح است (James et al., 2009). *Spirulina platensis* به دلیل عدم وجود سلولز در ترکیب ساختاری خود، مقدار پایین اسید نوکلئیک، دارا بودن بیش از ۵۰ درصد پروتئین و سایر مواد مغذی به راحتی مورد هضم و جذب در بدن می‌شود، همچنین در این گونه به دلیل وجود فیکوسیانین، ویتامین B12، فنوتیک اسیدها و توکوفرول‌ها افزایش هضم چربی‌ها و جلوگیری از اکسیداسیون چربی‌ها گزارش شده است (Oh et al., 2011).

امروزه از اسپیرولینا به‌صورت گسترده‌ای در صنعت آبی‌پروری به‌عنوان مکمل غذایی در مدیریت تغذیه و غذادهی استفاده می‌شود (Hu, 2004). Nandeesh و همکاران (۲۰۰۱)، Pipattanawattanakul و Phromkunthong (۲۰۰۵)، Abdel-Tawwab و همکاران (۲۰۰۸)، Ungsethaphand و همکاران (۲۰۱۰) و Promya و Chitmanat (۲۰۱۱) اثرات جلبک *Spirulina platensis* را به‌عنوان مکمل غذایی بر شاخص‌های رشد و تغذیه در آبیان مختلف بررسی و در اکثر مطالعات صورت گرفته بهبود این شاخص‌ها را مشاهده کردند. قائنی و همکاران (۱۳۸۹) اثر پودر اسپیرولینا را بر رشد و بازماندگی مرحله لاروی میگوی ببری سبز بررسی و مشخص کردند که بیشترین میزان بازماندگی در مرحله لاروی مربوط به تیمار پودر اسپیرولینا

ماهیان به مدت ۵۶ روز با جیره‌های غذایی ساخته شده به روش سیری و روزانه ۲ مرتبه (ساعت ۹ و ۱۶) تغذیه شدند. بر اساس تغذیه به روش سیری تعداد پلت‌های باقی مانده پس از ۲۰ دقیقه شمارش، و از تانک‌ها سیفون می‌گردید. در پایان دوره آزمایش جهت اندازه‌گیری شاخص‌های رشد، تغذیه و آنالیز بیوشیمیایی لاشه از هر تیمار تعداد ۹ قطعه برداشت گردید. آنالیز بیوشیمیایی لاشه شامل پروتئین خام، چربی خام، کربوهیدرات، خاکستر و رطوبت بر اساس روش استاندارد (AOAC, 1990) صورت گرفت. در انتهای دوره آزمایش اندازه‌گیری وزن ماهیان با ترازوی دیجیتال با دقت ۱ گرم و طول آنها نیز با تخته بیومتری با دقت ۰/۱ سانتی متر صورت گرفت، و پس از اندازه‌گیری وزن و طول ماهیان شاخص‌های رشد و تغذیه با استفاده از روابط ذکر شده محاسبه گردید (Promya and Chitmanat, 2011; Zhou et al., 2010):

دوره پرورش به / (وزن اولیه - ln نهایی) = ln نرخ رشد ویژه $\times 100$ روز

(میانگین طول نهایی / میانگین وزن نهایی) $\times 100$ = ضریب چاقی بدن^۳

مقدار غذای خورده / افزایش وزن بدن (گرم) = ضریب تبدیل غذایی شده (گرم)

افزایش وزن بدن / پروتئین مصرفی = ضریب بازده پروتئین

جدول ۲: آنالیز تقریبی جیره‌های غذایی مورد استفاده در تحقیق حاضر

نوع جیره	پروتئین (%)	چربی (%)	کربوهیدرات (%)	خاکستر (%)	رطوبت (%)	انرژی کل (Mj/g)
کنترل	۴۹/۳۹	۸/۲۶	۲۲/۴۵	۹/۳۳	۱۰/۳۷	۱/۸۸
% ۲/۵	۴۹/۳۷	۸/۸۹	۲۲/۴۵	۹/۳۳	۱۰/۰۶	۱/۹
% ۵	۴۹/۳۳	۹/۳۶	۲۲/۵۸	۹	۹/۷۳	۱/۹۲
% ۷/۵	۴۹/۵۵	۱۰/۰۲	۲۱/۲۸	۹/۶۶	۹/۴۹	۱/۹۳
% ۱۰	۴۹/۹۹	۱۰/۲۶	۲۰/۸۴	۹/۶۶	۹/۲۵	۱/۹۵

انرژی کل از حاصل ضرب ۰/۰۱۷، ۰/۰۳۹۸، ۰/۰۳۳۷ و ۰/۰۳۳۷ به ترتیب برای کربوهیدرات، چربی و پروتئین محاسبه گردید. کربوهیدرات = (رطوبت + خاکستر + پروتئین + چربی) - ۱۰۰

داده‌ها در نتایج به صورت میانگین \pm خطای استاندارد (Mean \pm S.E) بیان شده است. از آزمون آنالیز واریانس یک طرفه (ANOVA) جهت مقایسه بین تیمارها استفاده شد و در صورت معنی دار بودن به کمک پس‌آزمون Tukey مقایسات چندگانه صورت گرفت.

۳. نتایج

در کل دوره آزمایش، میانگین درجه حرارت آب، اکسیژن محلول و pH به ترتیب $7/11 \pm 0/36$ ، $2/5/63 \pm 0/84$ و $7/11 \pm 0/36$ میلی‌گرم بر

زیست‌سنجی وزن و طول ماهیان انجام شد. پودر جلبک *Spirulina platensis* ساخت شرکت فار ایست میکروآلگ^۱ تایوان و از طریق نمایندگی این شرکت در ایران (شرکت سینا ریز جلبک قشم) تهیه شد؛ سپس با توجه به تیمارهای تعیین شده در ۴ سطح ۲/۵، ۵، ۷/۵، ۱۰٪ به جیره پایه اضافه گردید. تیمار کنترل شامل جیره پایه بدون افزودن مکمل جلبکی بود. جیره غذایی پایه مورد استفاده در این آزمایش از جیره غذایی تجاری کپور ماهیان (ساخت شرکت ۲۱ بیضاء شیراز) و به صورت پودری به کار برده شد. برای ساخت جیره‌های غذایی، ابتدا جیره پودر شده و پودر اسپیرولینا مورد نیاز با استفاده از ترازو، با دقت ۰/۰۱ گرم وزن کشی شدند و پس از مخلوط کردن به صورت دستی، مقدار معینی آب به آنها اضافه شد و تا زمان ایجاد یک حالت خمیر مانند آنها را مخلوط شد، سپس خمیر حاصله را با استفاده از چرخ گوشت دارای صافی ۲/۵ میلی‌متر به رشته‌های طولی تبدیل و در مرحله بعد درون خشک کن در دمای ۳۸ درجه به مدت ۵ ساعت قرار داده شد تا خشک شوند (Tewary and Patra, 2011). اجزای غذایی و آنالیز بیوشیمیایی تقریبی جیره غذایی پایه مورد استفاده در این تحقیق در جدول ۱ و ۲ آورده شده است.

جدول ۱: اجزا و ترکیب ساختاری جیره غذایی مورد استفاده در آزمایش (درصد ماده خشک)

اجزای غذایی %	جیره غذایی			
	کنترل	تیمار ۲/۵	تیمار ۵	تیمار ۷/۵
پودر اسپیرولینا ^a	-	۲/۵	۵	۷/۵
پودر ماهی ^a	۳۹	۳۹	۳۹	۳۹
آرد سویا ^a	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳
کازئین ^a	۱۵	۱۳/۵	۱۲	۱۰/۵
روغن ماهی ^a	۳	۳	۳	۳
روغن آفتاب گردن ^a	۳	۳	۳	۳
آرد گندم ^a	۷/۵	۷	۶/۵	۶
آرد برنج ^a	۷/۵	۷	۶/۵	۶
مخلوط ویتامین ^b	۱	۱	۱	۱
مخلوط مواد معدنی ^c	۱	۱	۱	۱

a: پودر اسپیرولینا (۵۵٪ پروتئین، ۵٪ چربی)، پودر ماهی (۶۵٪ پروتئین، ۹٪ چربی)، آرد سویا (۵۲٪ پروتئین، ۲٪ چربی)، کازئین (۷۵٪ پروتئین، ۲٪ چربی)، آرد گندم (۱۶٪ پروتئین، ۲٪ چربی) و آرد برنج (۱۹٪ پروتئین، ۲٪ چربی).

b: vitamin A, 600,000 IU; vitamin D3, 400,000 IU; vitamin E, 40,000 mg; vitamin K3, 1000mg; vitamin B1 (thiaminmononitrate), 3000mg; vitamin B2 (riboflavin), 5000 mg; vitamin B6 (pyridoxine hydrochloride), 3000 mg; vitamin B12 (cyanocobalamine), 8000 mg; vitamin C, 52,000 mg; nicotinic acid, 30,000 mg; D-calciumpantothenate, 9000 mg; Folic acid, 1600 mg; D-biotin, 160 mg; inositol, 24,000 mg; antioxidant, 5000 mg.

c: manganese, 2600mg; copper, 6000mg; ferrous, 4000mg; zinc, 6000mg; selenium, 500 mg; iodine, 2000 mg; cobalt, 500 mg; choline chloride, 120,000 mg

¹ Far east microalgae

۴. بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه در فعالیت‌های آبی‌پروری ۴۰-۵۰ درصد از هزینه تولید مربوط به غذای مصرفی است، برای افزایش تولید و راندمان اقتصادی در پرورش آبزیان، تغذیه مناسب و استفاده از جیره‌های غذایی با حداکثر کارایی برای کاهش پرت جیره غذایی و هزینه‌های تغذیه بسیار ضروری است (Sanchez-Muros et al., 2003). لذا استفاده از محرک‌های رشد نظیر جلبک‌ها به‌عنوان مکمل در جیره غذایی آبزیان می‌تواند باعث بهبود کارایی غذا، تاثیر بر میزان اشتها، افزایش میزان تغذیه و افزایش رشد گردد (Steiner, 2006).

شاخص‌های رشد (افزایش وزن، نرخ رشد ویژه و ضریب چاقی) و تغذیه‌ای (ضریب تبدیل غذا و ضریب بازده پروتئین) در تیمار ۱۰٪ از شرایط بهتری نسبت به سایر تیمارها برخوردار بود. Lu و همکاران (۲۰۰۴) با افزودن ۱۰٪ اسپیرولینا به جیره استاندارد *Oreochromis niloticus* بهبود شاخص‌های رشد و تغذیه را نسبت به گروه کنترل مشاهده کردند. Phromkunthong و Pipattanawattanukul (۲۰۰۵) با افزودن سطوح مختلف اسپیرولینا به جیره غذایی *Clarias gariepinus* مطلوب‌ترین شاخص‌های رشد و تغذیه را در تیمار ۱۰٪ مشاهده کردند. Abdel-Tawwab و همکاران (۲۰۰۸) بر روی *Oreochromis niloticus* گزارش دادند که شاخص‌های رشد و تغذیه در تیماره تغذیه شده با جیره غذایی حاوی ۱۰٪ اسپیرولینا از وضعیت مطلوب‌تری برخوردار بود.

تغذیه با جلبک اسپیرولینا باعث فعال شدن ساخت پروتئین‌ها و همچنین افزایش رشد می‌شود. جلبک‌ها به‌عنوان یک ماده موثر، دارای این ویژگی هستند که باعث تاخیر در روند جذب مواد مغذی موجود در جیره غذایی شده و استفاده از کربوهیدرات و پروتئین را افزایش می‌دهند، بنابراین استفاده از این جلبک در جیره‌های غذایی منجر به افزایش رشد می‌گردد (Mustafa et al., 1994). جلبک اسپیرولینا به‌عنوان یک منبع پروتئینی بالقوه با توجه به محتوای پروتئین بالا، وجود اسیدهای چرب ضروری، ویتامین‌ها و مواد معدنی شناخته شده است. به‌علاوه، در این گونه عدم وجود دیواره سلولی گزارش شده است که منجر به بهبود هضم و جذب می‌شود (Nandeesh et al., 2001). بهبود دریافت غذا در تیمارهای حاوی جلبک اسپیرولینا احتمالاً می‌تواند ناشی از افزایش اشتها ماهی باشد که سرانجام منجر به دریافت غذای

لیتر و ۷/۴۲±۰/۱۸ بودند. نتایج شاخص‌های رشد و تغذیه ماهیان بنی انگشت قد در تیمارهای مربوط به سطوح مختلف مکمل اسپیرولینا در جدول ۳ ارائه شده است. وزن نهایی، درصد رشد ویژه و ضریب چاقی ماهیان آزمایشی با افزایش سطح اسپیرولینا روند رو به بهبودی داشتند. همچنین بر اساس نتایج حاصل از اندازه‌گیری ضریب تبدیل غذا و ضریب بازده پروتئین شاخص‌های تغذیه‌ای نیز همانند شاخص‌های رشد با افزایش سطح اسپیرولینا روند افزایشی داشتند. شاخص‌های رشد در تیمار کنترل با ۰٪ اسپیرولینا نسبت به سایر تیمارها از کمترین میزان برخوردار بود و با تیمار ۱۰٪ اختلاف معنی‌داری داشت ($P < 0/05$). مشابه همین روند نیز برای شاخص‌های تغذیه‌ای بین تیمار کنترل و تیمارهای ۱۰٪ مکمل اسپیرولینا مشاهده گردید ($P < 0/05$).

جدول ۳: میانگین شاخص‌های رشد و تغذیه در بچه ماهیان بنی تغذیه شده با سطوح مختلف مکمل اسپیرولینا در جیره غذایی در طول دوره آزمایش (n=15)

شاخص	کنترل	تیمار ۲/۵٪	تیمار ۵٪	تیمار ۷/۵٪	تیمار ۱۰٪
وزن اولیه (گرم)	۹/۰۳±۰/۱۰	۹/۰۶±۰/۰۸	۹/۳۳±۰/۰۶	۹/۵±۰/۰۲۱	۹/۸۳±۰/۰۲۵
وزن نهایی (گرم)	۱۲/۲۶±۰/۰۷۱ ^b	۱۲/۶۶±۰/۰۶۲ ^b	۱۳/۱۲±۰/۰۴۲ ^{ab}	۱۳/۱۶±۰/۰۴۳ ^{ab}	۱۵/۹۹±۰/۰۶۲ ^a
درصد رشد ویژه	۰/۵۱±۰/۰۰۸	۰/۵۷±۰/۰۰۸	۰/۵۹±۰/۰۰۴	۰/۵۳±۰/۰۱۲	۰/۸۳±۰/۰۰۷
ضریب چاقی	۰/۹۸±۰/۰۰۲	۰/۹۹±۰/۰۰۴	۰/۹۷±۰/۰۰۱	۰/۹۳±۰/۰۰۷	۱/۰۴±۰/۰۰۲
ضریب تبدیل غذا	۲/۷۶±۰/۱۱۷ ^b	۲/۴۹±۰/۰۰۴ ^{ab}	۲/۴۲±۰/۰۰۲ ^{ab}	۲/۳۵±۰/۰۰۶ ^{ab}	۲/۲۳±۰/۰۰۴ ^a
ضریب بازده پروتئین	۰/۵±۰/۰۰۹ ^b	۰/۶۳±۰/۰۰۶ ^{ab}	۰/۶۵±۰/۰۰۵ ^{ab}	۰/۸۷±۰/۰۰۹ ^{ab}	۰/۹۸±۰/۰۰۹ ^a

* حروف غیرهمسان در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های آزمایشی است (Mean±S.E) ($P < 0/05$).

نتایج مربوط به اثر سطوح مختلف مکمل اسپیرولینا بر ترکیبات بیوشیمیایی بدن ماهی بنی در جدول ۴ ارائه شده است. بین شاخص‌های مختلف ترکیبات بیوشیمیایی بدن ماهیان آزمایشی در تیمارها شامل چربی، کربوهیدرات و انرژی اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید ($P > 0/05$), در حالی که محتوای پروتئین لاشه ماهیان در تیمارهای مختلف دارای اختلاف معنی‌داری بود ($P < 0/05$).

جدول ۴: آنالیز بیوشیمیایی لاشه بچه ماهیان بنی تغذیه شده با سطوح مختلف مکمل اسپیرولینا در جیره غذایی در انتهای دوره آزمایش (n=9)

شاخص	کنترل	تیمار ۲/۵٪	تیمار ۵٪	تیمار ۷/۵٪	تیمار ۱۰٪
رطوبت٪	۶۹/۵۲±۰/۲۵	۶۹/۵۲±۰/۳۱	۶۹/۵۲±۰/۴۵	۶۹/۳۵±۰/۲۳	۶۸/۹۲±۰/۰۴
پروتئین٪	۱۲/۴۸±۰/۰۵ ^b	۱۲/۶۵±۰/۰۶۳ ^b	۱۳/۲۴±۰/۰۶۸ ^{ab}	۱۳/۷۷±۰/۰۷۹ ^{ab}	۱۴/۰۷±۰/۱۲ ^a
چربی٪	۶/۵۷±۰/۰۰۲	۶/۸۴±۰/۰۳۲	۷/۰۶±۰/۰۶۱	۷/۲۰±۰/۰۱۵	۷/۳۷±۰/۰۶۲
کربوهیدرات٪	۲/۴۳±۰/۰۰۲	۲/۳۳±۰/۰۰۲	۱/۸۵±۰/۰۰۲	۱/۶۸±۰/۰۰۱	۱/۶۴±۰/۰۰۱
خاکستر٪	۹/۰۰±۰/۰۵۷	۸/۶۶±۰/۰۳۳	۸/۳۳±۰/۰۳۳	۸/۰±۰/۰۵۷	۸/۰۰±۰/۰۳۳
انرژی کل (MJ/g)	۰/۵۹±۰/۰۰۵	۰/۶۱±۰/۰۰۳	۰/۶۲±۰/۰۰۳	۰/۶۴±۰/۰۰۴	۰/۶۵±۰/۰۰۲

* حروف غیرهمسان در هر ردیف نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌های آزمایشی است (Mean±S.E) ($P < 0/05$).

بخش اعظمی از انرژی مورد نیاز خود را از کربوهیدرات تامین می‌کند.

میزان چربی و انرژی کل لاشه با افزایش سطح اسپیرولینا افزایش یافت و بیشترین مقدار آن در تیمار ۱۰٪ مشاهده گردید. درصد چربی لاشه در تمامی تیمارهای دریافت کننده اسپیرولینا از گروه کنترل بالاتر بود. اگرچه جلبک اسپیرولینا حاوی میزان چربی پایین است، اما گونه‌های مختلف این جلبک باعث افزایش و یا کاهش رسوب چربی در لاشه می‌شوند. بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که افزایش میزان چربی در لاشه ماهیان آزمایشی نسبت به گروه کنترل مربوط به گونه اسپیرولینا استفاده شده باشد (Nandeesh et al., 2001). میزان انرژی کل لاشه با افزایش سطح اسپیرولینا در جیره غذایی افزایش یافت. افزایش میزان انرژی کل و پروتئین لاشه در تحقیق حاضر احتمالاً تحت تاثیر منبع پروتئین استفاده شده در جیره غذایی است. همچنین افزایش انرژی کل و چربی لاشه در این تحقیق احتمالاً نشان دهنده افزایش لیپوژنز (فرایند تبدیل قند به اسیدهای چرب) با افزایش میزان اسپیرولینا در جیره غذایی است (Koumi et al., 2011). در مطالعه حاضر بر اساس نتایج به دست آمده با افزایش سطح اسپیرولینا در جیره غذایی پروتئین لاشه نیز افزایش یافت، به طوری که بین تیمار کنترل و تیمار ۱۰٪ تفاوت معنی‌داری مشاهده گردید. افزایش مقدار پروتئین لاشه با افزایش سطح اسپیرولینا می‌تواند به علت بالا رفتن میزان پروتئین جیره غذایی و سرانجام افزایش استفاده از پروتئین و بالا رفتن قابلیت هضم مرتبط باشد. همچنین این واقعیت می‌تواند به علت جایگزین شدن منبع انرژی دیگر نظیر کربوهیدرات و چربی باشد که منجر به افزایش استفاده از پروتئین و افزایش آن در لاشه می‌شود (Muzaffar et al., 2012).

با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق مشخص گردید که استفاده از جلبک *Spirulina platensis* در سطح ۱۰٪ در جیره غذایی بچه ماهیان بنی باعث بهبود شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای این ماهی می‌شود.

۵. سپاسگزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند مراتب قدردانی و سپاس خود را از کارمندان محترم دانشکده منابع طبیعی دریا دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر و پرسنل محترم مرکز تکثیر و

بیشتر و بهبود شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای گردید (Abdel-Tawwab et al., 2006).

ضریب تبدیل غذایی اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی نشان داد ($P < 0.05$)، به طوری که تیمار ۴ با دریافت ۱۰٪ اسپیرولینا از پایین‌ترین ضریب تبدیل غذایی نسبت به سایر تیمارها برخوردار بود و اختلاف معنی‌دار با گروه کنترل داشت. کاهش ضریب تبدیل غذایی در تیمارهای آزمایشی نسبت به گروه شاهد می‌تواند به خاطر افزایش مواد مغذی در جیره غذایی باشد. ضریب کارایی پروتئین شاخصی برای ارزیابی کیفیت و کمیت پروتئین موجود در جیره غذایی است. از این شاخص برای ارزیابی استفاده از پروتئین و همچنین ایجاد تعادل بین سوخت و ساز پروتئین استفاده می‌شود (Abdel-Tawwab et al., 2008b). می‌توان بیان کرد که افزایش در میزان ضریب کارایی پروتئین با توجه به وزن بالاتر ماهیان آزمایشی در تیمار ۱۰٪ نسبت به سایر تیمارها بیانگر این مساله باشد که بخش عمده‌ای از افزایش وزن به دلیل رسوب پروتئین و ایجاد یک تعادل بین سوخت و ساز پروتئین است (Abdel-Tawwab et al., 2008b).

در این مطالعه نتایج حاصل از آنالیز بیوشیمیایی لاشه نشان داد که استفاده از جلبک اسپیرولینا در جیره غذایی بر روی برخی از پارامترهای اندازه‌گیری شده مثل خاکستر، رطوبت، چربی خام و کربوهیدرات بی تاثیر بود. Ungsethaphand و همکاران (۲۰۱۰) و Abdel-Tawwab و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعات انجام شده با استفاده از جلبک اسپیرولینا در جیره غذایی گزارش دادند که از نظر میزان خاکستر، رطوبت، چربی خام، کربوهیدرات و انرژی کل بین گروه شاهد و تیمارها اختلاف معنی‌داری به ترتیب در *hybrid red tilapia* (*Oreochromis niloticus*) مشاهده نشد ($P < 0.05$). از لحاظ مقایسه‌ای با افزایش سطح میزان اسپیرولینا در جیره میزان رطوبت، خاکستر و کربوهیدرات کاهش یافتند، به طوری که کمترین میزان رطوبت، خاکستر و کربوهیدرات در تیمار ۱۰٪ مشاهده گردید. استفاده از کربوهیدرات در آبزیان با توجه به پیچیدگی ساختاری آن، منبع کربوهیدرات، میزان آن در جیره غذایی، گونه آبزی و مرحله زندگی متفاوت است (Muzaffar et al., 2012).

کاهش کربوهیدرات لاشه با افزایش سطح اسپیرولینا در جیره غذایی می‌تواند به دلیل عدم وجود سلولز در دیواره سلولی اسپیرولینا و رژیم غذایی گیاه خواری ماهی بنی باشد و با توجه به افزایش میزان پروتئین و چربی لاشه می‌توان گفت که ماهی بنی

utilization, whole body composition and hematological changes in starved juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). Journal of Applied Aquaculture, 18(3): 17-36.

Ahmadzade-Nia, Y.; Nazer Adl, K.; Ghaemmaghami hezave, S.; Hejazi, M.A.; Hassanpour, S.; Chaichisemsari, M.; Riyazi, S.R., 2011. Effect of replacing different levels of soybean meal with spirulina on performance in rainbow trout. Scholars Research Library, 2: 374-379.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 1990. Official Methods of analysis. Washington DC.

Jaime-Ceballos, B.; Villarreal, H.; Garcia, T.; Jar, L.P.; Alfonso, E., 2005. Effect of *Spirulina platensis* meal as feed additive on growth, survival and development in *Litopenaeus schmitti* shrimp larvae., Revista de Investigaciones Marinas, 26(3): 235-241.

James, R.; Sampath, K.; Nagarajan, R.; Vellaisamy, P.; Manikandan, M.M., 2009. Effect of dietary *Spirulina* on reduction of copper toxicity and improvement of growth, blood parameters and phosphatases in carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton, 1822). Indian Journal of Experimental Biology, 47: 754-759.

Koumi, A.R.; Koffi, K.M.; Atse, B.C.; Kouame, L.P., 2011. Growth, feed efficiency and carcass mineral composition of *Heterobranchus longifilis*, *Oreochromis niloticus* and *Sarotherodon melanotheron* juveniles fed different dietary levels of soybean meal-based diets. African Journal of Biotechnology, 10(66): 14990-14998.

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.

Mustafa, M.G.; Takeda, T.A.; Umino, T.; Wakamatsu, S.; Nakagawa, H., 1994. Effects of *Ascophyllum* and *Spirulina* meal as feed additives on growth

پرورش ماهیان گرمابی شهید ملکی اهواز به سبب همکاری و حسن توجه‌شان در طول دوره انجام آزمایش اعلام دارند. همچنین از معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر جهت تامین هزینه‌های مالی این پروژه تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

بساک کاهکش، ف.؛ صالحی، ح.؛ امیری، ف.؛ نیک‌پی، م.، ۱۳۸۹. پرورش توأم ماهی بنی (*Barbus sharpeyi*, Günther, 1874) با کپور ماهیان چینی و مقایسه اقتصادی آن با روش پرورش مرسوم. مجله شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آژادشهر، سال چهارم، شماره ۳، صفحات ۷۳-۸۵

قائنی، م.؛ متین فر، ع.؛ رومیانی، ل.؛ چوبکار، ن.، ۱۳۸۹. بررسی اثر پودر اسپیرولینای خالص (تولید داخل) بر رشد و بازماندگی مرحله لاروی میگوی ببری سبز (*Penaeus semisulcatus*) در مقایسه با سه نوع جیره غذایی متداول. مجله علمی پژوهشی بیولوژی دریا، دانشگاه اسلامی واحد اهواز، ۱: ۳-۹.

محمدیان، ت.؛ کوچنن، پ.؛ نیکو، س.؛ شیخ الاسلامی، م.؛ بیتا، س.؛ اسکندری، غ.؛ ابهری سه گنبد، ح.، ۱۳۸۸. مقایسه تاثیر آنالوگ هورمون GnRH همراه با آنتی دوپامین دامپریدون (Ova-fact) به روش لینه، با عصاره هیپوفیز ماهی کپور معمولی (CPE) بر شاخص های تولید مثلی ماهی بنی (*Barbus sharpeyi*). مجله دامپزشکی ایران، سال پنجم، شماره ۲، صفحات ۷۰-۸۰

Abdel-Tawwab, M.; Ahmad, M.H.; Abdelhadi, 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 challenged with pathogenic aeromonas hydrophila. 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, 1015-1032.

Abdel-Tawwab, M.; Ahmad, M.H.; Seden, M.E.A., 2008b. The effect of feeding various dietary protein levels during growing on growth performance of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, 861-874.

Abdel-Tawwab, M.; Khattab, Y.A.E.; Ahmad, M.H.; Shalaby, A.M.E., 2006. Compensatory growth, feed

- capacity of the African Sharptooth Catfish (*Clarias gariepinus*). International Journal of Agriculture and Biology, 13(1): 77-82.
- Sanchez-Muros, M.J.; Corchete, V.; Suarez, M.D.; Cardenete, G.; Gomez-Milan, E.; de la Higuera, M., 2003. Effect of feeding method and protein source on *Sparus aurata* feeding patterns. Aquaculture, 224: 89-103.
- Somanath, B.; Palavaesam, A.; Lazarus, S.; Ayyappan, M., 2000. Influence of nutrient source on specific dynamic action of pearl spot, *Etroplus suratensis* (Bloch). Naga, The ICLARM Quarterly, 23(2): 15-17.
- Steiner, T., 2006. The potential benefits of Natural Growth Promoters. Feed Tech, 10: 26-28.
- 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 & Development, 1: 1-7.
- Ungsethaphand, T.; Peerapornpisal, Y.; Whangchai, N.; Sardud, 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(2): 331-336.
- Zhou, Q.C.; Buentello, J.A.; Gatlin III, D.M., 2010. Effects of dietary prebiotics on growth performance, immune response and intestinal morphology of red drum (*Sciaenops ocellatus*). Aquaculture, 309: 253-357.
- performance and feed utilization of red sea bream, *Pagrus major*. Journal of the Faculty of Applied Biological Science, Hiroshima University, 33: 125-132.
- Muzaffar, A.; Qureshi, T.A.; Singh, A.B., 2012. Effect of dietary protein, lipid and carbohydrate contents on the carcass composition of *Cyprinus carpio* communis fingerlings. African Journal of Biotechnology, 11(33): 8353-8360.
- Nandeesh, M.C.; Gangadhara, B.; Manissery, 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.
- Oh, S.H.; Ahn, J.; Kang, D.H.; Lee, H.Y., 2011. The effect of ultrasonicated extracts of *Spirulina maxima* on the anticancer activity. Marine Biotechnology, 13: 205-214.
- Peiretti, P.G.; Meineri, G., 2008. Effects of diets with increasing levels of *Spirulina platensis* on the performance and apparent digestibility in growing rabbits. Livestock Science, 118: 173-177.
- 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, 27: 115-132.
- Promya, J.; Chitmanat, C., 2011. The effects of *Spirulina platensis* and *Cladophora* Algae on the growth performance, meat quality and immunity stimulating