مقاله علمی – پژوهشی:

اثر سیستم بیوفلاک بر شاخص‌های رشد، ترکیب بدن و آنزیم‌های گوارشی ماهی جوان کپور معمولی در تراکم‌های مختلف پرورشی

محمد طرفی[۱]، ابراهیم رجب زاده قطرمی*[۱]، حمید محمدی آذرم[۱]

*rajabzadeh48@gmail.com

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم وفنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: اسفند ۱۳۹۹

چکیده

در تحقیق حاضر شاخص‌های رشد، ترکیب بدن و آنزیم‌های گوارشی ماهی جوان کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) در سیستم بیوفلاک با تراکم‌های مختلف پرورشی مورد بررسی قرار گرفت. بدین‌منظور، ۸۲۵ بچه ماهی کپور معمولی (۱/۲±۱۷ گرم) به طور تصادفی در ۵ تیمار (۳ تکرار) و تعداد ۱۵ تانک فایبرگلاس۲۰۰ لیتری در آزمایشگاه دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر منتقل شدند. تعداد ۲۵ عدد ماهی در تانک (۲/۱۲ کیلوگرم در متر مکعب) همراه با تعویض آب (شاهد) و نیز ۲۵ عدد (D25،۲/۱۲)، ۵۰ عدد (D50،۴/۲۴)، ۷۵ عدد (D75،۶/۳۷) و ۱۰۰ عدد ماهی (D100،۸/۵) کیلوگرم در متر مکعب در تانک به عنوان تیمارهای بیوفلاک ذخیره شدند. دوره نوری شامل تناوب۱۲ ساعت روشنایی و تاریکی و طول دوره آزمایش ۴۰ روز بود. تیمار شاهد و سایر تیمارهای آزمایشی به‌ترتیب، با جیره غذایی تجاری حاوی ۳۵ درصد پروتئین و ۲۵ درصد پروتئین به صورت دستی، سه بار در روز و به میزان ۳ درصد وزن بدن تغذیه شدند. مقدار پارامترهای اکسیژن محلول، دما، pH و شوری در سیستم بیوفلاک با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند (P>۰/۰۵). شاخص‌های BFV یا حجم بیوفلاک و TSS یا کل ذرات معلق در تیمارهای بیوفلاک در مقایسه با شاهد مقدار بالاتری داشتند (P<۰/۰۵). در سیستم بیوفلاک میزان نیتریت و نیتروژن کل آمونیاکی در تیمارهای بیوفلاک در مقایسه با تیمار شاهد مقدار پایین‌تری داشتند(P<۰/۰۵) داشتند. میزان نیترات در تیمار D100 در مقایسه با سایر تیمارهای بیوفلاک افزایش یافت (P<۰/۰۵). وزن نهایی، درصد افزایش وزن، نرخ رشد ویژه و ضریب کارایی غذا در تیمارهای بیوفلاک D25 و D50 تغذیه شده با پروتیین پایین‌تر اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت (P>۰/۰۵). ضریب کارایی پروتئین در تیمار D25 و D50 در مقایسه با شاهد افزایش یافت (P<۰/۰۵). کمترین میزان پروتئین در تیمار D100 به طور معنی‌داری در مقایسه با سایر تیمارها مشاهده شد (P<۰/۰۵). فعالیت آنزیم‌های لیپاز، آمیلاز و آلکالین فسفاتاز در سیستم بیوفلاک در مقایسه با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند (P>۰/۰۵). نتایج این مطالعه نشان داد که سیستم بیوفلاک ضمن کاهش بار آلودگی نیتریت و آمونیاک آب محیط پرورشی، میزان مصرف پروتئین جیره را کاهش داد.

کلمات کلیدی: بیوفلاک، شاخص‌های رشد، ترکیب بدن، آنزیم‌های گوارشی، تراکم، کپور معمولی

*نویسنده مسئول

[Downloaded from isfj.ir on 2025-12-16]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.1.2.4]

مقدمه

آمارهای جهانی در خصوص جمعیت اشاره دارد که تا سال ۲۰۵۰ جمعیت جهان احتمالاً به حدود ۹ میلیارد نفر خواهد رسید که با این افزایش جمعیت نیاز به منابع پروتئینی و غذا افزایش می‌یابد و احتمالاً یکی از چالش‌های بزرگ پیش‌رو در آینده تغذیه انسان‌ها خواهد بود (FAO, 2010)، بنابراین، تامین مواد غذایی غنی از پروتئین امری ضروری و حائز اهمیت است. پرورش دام و آبزیان دو منبع مهم تامین پروتئین حیوانی برای مردم جهان محسوب می‌شوند. از جمله مشکلات پیش روی آبزی‌پروری آلودگی ناشی از پساب خروجی کارگاه‌های پرورش، وابستگی بیش از حد به پودر ماهی برای تهیه غذای آبزیان و شیوع و گسترش بیماری‌های میکروبی و انگلی می‌باشد (Valenti and Daniels, 2000). فناوری بیوفلاک راه حل جدیدی برای حل مشکلات مذکور در جهت رسیدن به اهداف توسعه آبزی‌پروری پایدار با تولید محصولات سالم، ارگانیک و با کیفیت بالا می‌باشد (Avnimelech, 1999). رویکرد توسعه آبزی‌پروری در چنین سیستمی مبتنی بر رشد میکروارگانیسم‌ها در محیط پرورشی است که دارای حداقل تبادل آب مفید می‌باشد. این فناوری دارای مزیت‌های مهمی از جمله به حداقل رساندن مصرف آب، بازیافت مواد مغذی و مواد آلی می‌باشد. علاوه براین، ورود عوامل بیماری‌زا به سیستم پرورش را کاهش داده و منجر به بهبود امنیت زیستی در مزرعه پرورشی می‌گردد (Avnimelech, 2007). نسبت کربن به نیتروژن بالا برای تضمین رشد بهینه باکتری‌های هتروتروف ضروری است (Emerenciano *et al.*, 2011). مطالعات نشان داده است، افزودن مواد کربنی منجر به کاهش قابل‌توجه تجمع آمونیاک در مخازن می‌شود و میزان مطلوب نسبت کربن به نیتروژن (در غذا و مواد کربنی افزوده) را ۱۵-۲۵ در نظر گرفته‌اند (Avnimelech, 2012). افزودن کربوهیدرات به سیستم ای بدون تعویض آب برای پرورش متراکم میگوی سفید غربی به طور قابل توجهی کیفیت آب، فعالیت‌های باکتریایی و رشد زئوپلانکتون‌ها را بهبود می‌بخشد و در نتیجه باعث عملکرد بهتر رشد می ود Gao *et al.*, (2012). اولین استفاده تجاری از تکنولوژی بیوفلاک، در سال ۱۹۸۸ در تاهیتی و در تانک‌های بتونی ۱۰۰۰ مترمربعی با تعویض آب محدود ثبت شد. امروزه، BFT به طور موفقیت‌آمیزی در مزارع میگو با مقیاس بزرگ در آسیا، آمریکای لاتین و مرکزی و نیز در کشت گلخانه با مقیاس کوچک در ایالات متحده آمریکا، کره جنوبی، برزیل، ایتالیا، چین، اندونزی، مالزی توسعه یافته است. فناوری بیوفلاک، تکنولوژی جدید برای غلبه بر مشکلات آبزی‌پروری پایدار است. در این تکنولوژی با مدیریت صحیح، از جمعیت باکتری‌ها در آب به طور موثر استفاده می‌شود. در این سیستم تعویض آب صفر یا حداقل، در جهت به حداکثر رساندن امنیت زیستی و به حداقل رساندن اثرات زیست محیطی مزرعه می‌باشد (Avnimelech, 2009). هواده‌های قوی جهت تزریق و تأمین اکسیژن و معلق کردن ذرات آلی و فلاک‌ها و توسعه جوامع میکروبی هتروتروفیک در استخر، به‌کارگیری می‌شود. یک بیوفلاک معمولاً شامل مخلوطی ناهمگن از میکروارگانیسم‌ها، باکتری‌های رشته‌ای، کلوئیدها، ذرات آلی و غیرآلی، پلی‌مرهای آلی، کاتیون‌ها و سلول‌های مرده است که می‌تواند به بیش از ۱۰۰۰ میکرومتر برسد (Valle *et al.*, 2015). میکروارگانیسم‌ها در فلاک دو نقش عمده را بر عهده دارند: حفظ کیفیت آب، با جذب ترکیبات نیتروژن در استخر و تولید پروتئین میکروبی و نقش تغذیه‌ای، افزایش امکان پرورش با کاهش ضریب تبدیل غذایی و کاهش هزینه‌های غذاست (Emerenciano *et al.*, 2011) که ضمن حفظ کیفیت آب، امکان افزایش تراکم را در زمان پرورش فراهم می‌سازد (Wasielesky *et al.*, 2006). ذرات معلق آلی و ارگانیسم‌های متصل به آن در زنجیره غذایی میکروبی منابع غذایی بالقوه برای آبزیان پیشنهاد شده‌اند. در تکنولوژی بیوفلاک، تحقیقات در زمینه استفاده از فلاک به عنوان یک منبع پروتئینی (ترکیب با خوراک‌های تجاری) متمرکز شده است. چنین منبع غذایی که در این حالت تولید می‌شود، biofloc meal و اساساً بیوراکتورها نامیده می‌شود (Kuhn *et al.*, 2009). مواد فقیر از نظر پروتئینی و غنی از کربن (سلولز، نشاسته، آرد گندم،

[Downloaded from isfj.ir on 2025-12-16]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.1.2.4]

ملاس و ...) به سیستم بیوفلاک اضافه می‌شود و افزایش نسبت کربن به نیتروژن سبب تقویت جذب نیتروژن توسط باکتری ها و تسریع در کاهش میزان آمونیوم در مقایسه با نیتریفیکاسیون می شود، دلیل سرعت بیشتر مصرف باکتری ای هتروتروف از آمونیوم نسبت به نرخ تولید این ترکیب در محیط به این دلیل است که سرعت رشد و راندمان تولید بیوماس میکروبی در باکتری‌های هتروتروف در حدود ۰/۵ گرم کربن به ازاء هر گرم از این عنصر در واحد سوبسترای مصرفی بوده و نسبت به باکتری‌های شوره‌گذار حدود ۱۵ برابر بیشتر است (Castro *et al*., 2013). در این تحقیق به بررسی امکان کاربرد فناوری بیوفلاک در پرورش متراکم بچه ماهیان کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) پرداخته شد و تاثیر آن بر شاخص‌های رشد، ترکیب لاشه و آنزیم‌های گوارشی در تراکم‌های مختلف پرورش در سیستم بیوفلاک طراحی و انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در پاییز سال ۱۳۹۵ در آزمایشگاه خیس دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر با دوره نوری شامل تناوب ۱۲ ساعت روشنایی و تاریکی و طول دوره آزمایش ۴۰ روز در ۱۵ تانک فایبرگلاس با حجم آبگیری ۲۰۰ لیتر انجام شد. خوراک تجاری کپور ماهیان پرورشی (شرکت کیمیاگران تغذیه، شهرکرد، ایران) استفاده شد. پس از آبگیری تانک‌های پرورشی، برای تشکیل بیوفلاک، از مواد آلی شامل خوراک تجاری کپور ماهیان با ۳۵ درصد پروتئین، ملاس و همچنین خاک رس پس از نرم شدن و عبور از الک با شماره چشمه ۲۷۰ (۵۳ میکرون) جهت چسبیدن بهتر ذرات به یکدیگر و کمک به تشکیل فلاک (به دلیل بار الکتریکی) استفاده شد (De Schryver *et al*., 2008). هوادهی به منظور تأمین اکسیژن مورد نیاز و اختلاط آب و اجزای موجود در تانک تشکیل بیوفلاک انجام شد. فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب مورد استفاده برای تشکیل بیوفلاک شامل اکسیژن محلول، دما، ترکیبات ازتی و pH اندازه‌گیری می‌شدند. به منظور تقویت فعالیت باکتری‌های هتروتروف جهت تشکیل بیوفلاک، نسبت کربن به نیتروژن در سیستم ۲۰ به ۱ در نظر گرفته شد (Avnimelech, 2009). همچنین برای تحریک و توسعه بیشتر بیوفلاک در طول دوره آزمایش، منبع کربنی ملاس به تانک‌های پرورش کپور معمولی اضافه می‌شد (Khanjani *et al*., 2016). میزان کربوهیدرات مصرفی (ملاس) برای تیمارهای بیوفلاک با استفاده از فرمول ذیل محاسبه گردید:

$$\Delta CH = \text{feed (g)} \times \%\ \text{Protein} \times \%\ \text{N (\%16)} \times \%\ \text{N Excretion (\%50)} / (\%C \times E/[C/N])$$

در این فرمول E، ضریب کارایی تبدیل کربن[1] در باکتری‌های هتروتروف بوده که در محدوده ۴۰٪ می‌باشد و (C/N)، نسبت کربن به نیتروژن مورد نیاز در بیومس باکتری‌ها حدود ۴ می‌باشد و C% (درصد کربن در کربوهیدرات اضافه شده) برای اغلب منابع کربن تقریبا ۵۰٪ است (Avnimelech, 1999). مواد کربن‌دار مطابق با فرمول مذکور محاسبه و بعد از وعده غذایی دوم (ساعت ۱۲ ظهر) به تانک‌های پرورشی اضافه شدند. مواد پس از توزین به درون ظروف یک لیتری پلاستیکی ریخته و به‌خوبی با آب تانک پرورش مخلوط و سپس به طور یکنواخت در سرتاسر سطح تانک توزیع شدند تا توسعه بیوفلاک را تقویت نماید. همچنین در هر یک از تانک‌های پرورشی تیمارهای بیوفلاک، روزانه میزان مواد جامد قابل ته‌نشین (BFV) یا حجم بیوفلاک[2] اندازه‌گیری می‌شد (Avnimelech, 2012). بچه ماهیان کپور معمولی از مراکز پرورش ماهیان گرمابی شهید احمدی شهرستان خرمشهر در استان خوزستان خریداری شدند. ماهیان به مدت ۱۰ روز در آزمایشگاه خیس دانشکده منابع طبیعی دریا با شرایط آزمایش سازگار شدند. طی دوره سازگاری، ماهیان با جیره تجاری ماهی کپور معمولی تهیه شده از

[1] Microbial conversion efficiency

[2] Settled Solid or Biofloc Volume

[Downloaded from isfj.ir on 2025-12-16]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.1.2.4]

شرکت کیمیاگران (پروتئین ۳۵ درصد) تغذیه می‌شدند. پس از دوره سازگاری، مجموع ۸۲۵ بچه ماهی کپور معمولی با میانگین وزن حدود ۱/۲±۱۷ گرم به طور تصادفی در ۱۵ تانک فایبرگلاس (۰/۷۴ متر قطر، ۰/۶ متر عمق، ۲۰۰ لیتر حجم آبگیری) مجهز به امکانات هوادهی مناسب توزیع شدند. تراکم‌های ذخیره‌سازی در تحقیق حاضر شامل ۲۵ عدد ماهی در تانک ۲۰۰ لیتری (۲/۱۲) با تعویض آب (شاهد) و نیز ۲۵ عدد (D25،۲/۱۲)، ۵۰ عدد (D50،۴/۲۴)، ۷۵ عدد (D75،۶/۳۷) و ۱۰۰ عدد ماهی (D100،۸/۵) کیلوگرم در متر مکعب در تانک‌های ۲۰۰ لیتری در سیستم بیوفلاک، با سه تکرار بودند (Wang *et al.*, 2015; Bakhshi *et al.*, 2018). تیمار شاهد و سایر تیمارهای آزمایشی به‌ترتیب با جیره‌های تجاری شرکت کیمیاگران حاوی ۳۵ و ۲۵ درصد پروتئین به صورت دستی، سه بار در روز (۸:۳۰، ۱۲:۰۰ و ۱۵:۳۰) به میزان ۳ درصد وزن بدن ماهیان انجام گردید. در تانک‌های تیمار شاهد، میزان تعویض آب به روش متداول پرورش متراکم کپور ماهیان و هر دو روز ۲۵ درصد صورت گرفت. پارامترهای دما، اکسیژن محلول با اکسیژن‌سنج (WTW,Oxi 3210)، شوری با شوری‌سنج چشمی (ATAGO، ژاپن) و pH با (WTW Winlab pH meter) روزانه ثبت گردید. میزان مواد جامد قابل ته‌نشین یا حجم بیوفلاک به روش رسوب ته‌نشین شده بر حسب میلی‌لیتر در لیتر ثبت گردید (Avnimelech, 2009). ذرات جامد معلق (TSS)[1] با کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ (Whatman filter paperCat No ۱۲۵-۱۴۴۲) فیلتر شده و بر حسب میلی‌گرم در لیتر و به روش وزن سنجی خشک کردن در آون محاسبه شدند (Azim and Little, 2008). اندازه‌گیری میزان ترکیبات نیتروژنی (آمونیاک کل، نیتریت و نیترات) آب تانک‌های پرورشی با استفاده از کیت‌های تجاری شرکت آکواپا (AQUAPAA) بر حسب میلی‌گرم در لیتر و مطابق دستورالعمل کیت انجام شد. به تیمارهای بیوفلاک یک ساعت پس از وعده غذایی ساعت ۱۲ ماده کربن دار (ملاس) جهت توسعه بیوفلاک و کنترل کیفیت آب بر اساس روش (Avnimelech, 2009) اضافه شد. میزان ملاس به فرض اینکه ۵۰ درصد کربن آن مورد استفاده باکتری های هتروتروف قرار می‌گیرد و نسبت کربن (C) به نیتروژن (N) در حدود ۱۵/۵ درصد تنظیم و محاسبه گردید (Avnimelech, 2009). ارزیابی عملکرد رشد وزن شده و افزایش وزن (WG)، ضریب رشد ویژه (SGR)، نسبت بازده پروتئین (PER) و ضریب تبدیل غذایی (FCR) بر اساس معادله‌های مربوطه (Avnimelech, 2009) انجام شد. آنالیز بیوشیمیایی ترکیب بدن (۳ ماهی از هر تکرار، ۹ ماهی از هر تیمار)، از روش (AOAC, 2005) استفاده گردید. آنالیز رطوبت با استفاده از دستگاه آون و خاکستر با کوره الکتریکی اندازه‌گیری شد. جهت آنالیز پروتئین از روش کلدال با دستگاه (BÜCHI, Auto-KjeldahlK-37 Switzerland) و تعیین چربی کل عضله با استفاده از دستگاه سوکسله و حلال اتر صورت گرفت. فعالیت آنزیمی آلفا آمیلاز، لیپاز و الکالین فسفاتازعصاره آنزیمی دستگاه گوارشی ماهی‌ها با کیت پارس آزمون- کرج سنجش شد.

پس از اندازه گیری فاکتورهای آزمایشی، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف ـ اسمیرنوف بررسی شد. سپس در صورت نرمال بودن برای مقایسه بین تیمارهای آزمایشی از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه (ANOVA One-way) در سطح اطمینان ۹۵ ($P\leq0.05$) استفاده شد. جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن استفاده گردید. آنالیز آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SPSS22 انجام شد.

نتایج

مطابق نتایج پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب در تانک‌های پرورش ماهی کپور معمولی در تراکم‌های مختلف در سیستم بیوفلاک در جدول ۱،کمترین میزان TSS و بیشترین مقدار TAN در تیمار شاهد و در مقایسه با سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار بود ($P<۰/۰۵$). بالاترین مقدارBFV با اختلاف معنی‌دار ($P<۰/۰۵$) در دو تیمار D75 و D100 در مقایسه با سایر تیمارها مشاهده شد. بالاترین مقدار نیتریت در تیمار شاهد بدون اختلاف معنی‌دار ($P>۰/۰۵$) با تیمار D100 و با اختلاف معنی‌دار

[1] Total Suspended Solids (TSS)

[Downloaded from isfj.ir on 2025-12-16]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.1.2.4]

(P<۰/۰۵) با سایر تیمارها بود. کمترین میزان نیترات در تیمار شاهد با اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) با سایر تیمارها بود. پارامترهای pH، DO، دما و شوری بین تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشتند (P>۰/۰۵) (جدول ۲).

جدول ۱ : میانگین پارامترهای فیزیکی وشیمیایی آب تانک‌های پرورش ماهی کپور معمولی در تراکم‌های مختلف در سیستم بیوفلاک طی ۴۰روز

Table 1: Average physical and chemical parameters of water of conventional carp farming tanks in different densities in the biofloc system during 40 days

پارامتر	تیمار				
	شاهد	D25	D50	D75	D100
TSS (mg/L)	۲۲/۱ ± ۰/۵۲ ^{a}	۹/۰ ± ۱۸۶/۰ ^{b}	۹۵/۱ ± ۱۹۷/۰ ^{b}	۴۵/۰ ± ۲۳۵/۰ ^{b}	۴۶/۱ ± ۲۴۴/۰ ^{b}
BFV (mL/L)	۰/۰ ± ۰/۰ ^{a}	۱۲/۰ ± ۴۷/۰ ^{b}	۱۵/۳ ± ۵۰/۰ ^{b}	۱۵/۱ ± ۸۴/۰ ^{c}	۲۱/۶ ± ۹۸/۰ ^{c}
TAN (mg/L)	۰/۰۱ ± ۰/۶۳ ^{b}	۰/۰۳ ± ۰/۲۷ ^{a}	۰/۰۵ ± ۰/۲۷ ^{a}	۰/۱۰ ± ۰/۳۹ ^{a}	۰/۰۹ ± ۰/۳۶ ^{a}
NO2 (mg/L)	۰/۱۴ ± ۲/۸۰ ^{c}	۰/۲۱ ± ۱/۸۷ ^{a}	۰/۳۰ ± ۲/۲۸ ^{ab}	۰/۱۸ ± ۱/۸۶ ^{a}	۰/۱۲ ± ۲/۴۶ ^{bc}
NO3 (mg/L)	۰/۷۱ ± ۱۱۷/۵۰ ^{a}	۳/۶۵ ± ۱۳۰/۸۱ ^{bc}	۳/۲۰ ± ۱۲۹/۸۰ ^{bc}	۱/۱۵ ± ۱۲۶/۷۸ ^{b}	۵/۱۶ ± ۱۳۵/۰۵ ^{c}
pH	۰/۰۵ ± ۷/۸۶	۰/۰۷ ± ۷/۸۵	۰/۰۰ ± ۷/۹۰	۰/۷۱ ± ۸/۵۷	۰/۰۷ ± ۷/۸۳
DO (mg/L)	۰/۴ ± ۷/۵	۰/۱ ± ۷/۴	۰/۷ ± ۸/۰	۰/۳ ± ۷/۲	۰/۲ ± ۷/۲
دما (°C)	۰/۱ ± ۲۵	۰/۱ ± ۲۴/۹	۰/۱ ± ۲۵/۱	۰/۲ ± ۲۵/۱	۰/۲ ± ۲۴/۹
شوری (g/L)	۰/۰ ± ۱/۷	۰/۰ ± ۱/۷	۰/۰ ± ۱/۶	۰/۰ ± ۱/۷	۰/۱ ± ۱/۷

میانگین گروه‌های آزمایشی با حروف متفاوت در هر سطر دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P< ۰/۰۵).

جدول۲ : میانگین پارامترهای رشد و تغذیه در ماهی کپور معمولی در تراکم‌های مختلف در سیستم بیوفلاک طی۴۰ روز

Table 2: Mean growth and nutrition parameters in common carp at different densities in the biofloc system during 40 days

تیمار	شاهد	D25	D50	D75	D100
وزن نهایی (گرم)	۰/۱۱ ± ۲۸/۷۹ ^{c}	۱/۵۲ ± ۲۸/۲۳ ^{bc}	۲/۲۱ ± ۲۸/۱۴ ^{bc}	۰/۲۵ ± ۲۵/۳۷ ^{ab}	۰/۸۲ ± ۲۲/۵۸ ^{a}
افزایش وزن (%)	۰/۶۳ ± ۶۹/۳۵ ^{c}	۸/۹۵ ± ۶۶/۰۳ ^{bc}	۱۲/۹۷ ± ۶۵/۵۶ ^{bc}	۱/۵۱ ± ۴۹/۲۳ ^{ab}	۴/۸۰ ± ۳۲/۸۰ ^{a}
ضریب رشد ویژه (%/day)	۰/۰۱ ± ۱/۳۱ ^{c}	۰/۱۳ ± ۱/۲۶ ^{bc}	۰/۱۹ ± ۱/۲۵ ^{bc}	۰/۰۲ ± ۱/۰۰ ^{b}	۰/۰۹ ± ۰/۷۰ ^{a}
مصرف خوراک روزانه درصد)	۰/۰۱ ± ۳/۳۹ ^{c}	۰/۰۷ ± ۳/۳۷ ^{c}	۰/۰۹ ± ۳/۳۶ ^{c}	۰/۰۱ ± ۳/۲۳ ^{b}	۰/۰۴ ± ۳/۰۸ ^{a}
مصرف پروتئین روزانه (درصد)	۰/۰۱ ± ۱/۱۹ ^{d}	۰/۰۱ ± ۰/۸۴ ^{bc}	۰/۰۲ ± ۰/۸۴ ^{c}	۰/۰۰ ± ۰/۸۰ ^{b}	۰/۰۱ ± ۰/۷۷ ^{a}
ضریب تبدیل غذا	۰/۰۰ ± ۲/۶۰ ^{a}	۰/۲۳ ± ۲/۷۳ ^{ab}	۰/۳۵ ± ۲/۷۶ ^{ab}	۰/۰۵ ± ۳/۲۶ ^{b}	۰/۴۹ ± ۴/۴۵ ^{c}
ضریب کارایی پروتئین	۰/۰۰ ± ۱/۱۰ ^{ab}	۰/۱۵ ± ۱/۴۶ ^{d}	۰/۱۵ ± ۱/۴۳ ^{cd}	۰/۰۰ ± ۱/۲۰ ^{bc}	۰/۱۴ ± ۰/۹۰ ^{a}

میانگین گروه‌های آزمایشی با حروف متفاوت در هر سطر دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P< ۰/۰۵).

کمترین میزان پارامترهای وزن نهایی، افزایش وزن، ضریب رشد ویژه، مصرف خوراک روزانه، مصرف پروتئین روزانه و ضریب کارایی پروتئین با اختلاف معنی‌دار درمقایسه با شاهد در تیمار D100 اندازه‌گیری شد (P<۰/۰۵).

مطابق جدول ۳ میزان خاکستر و چربی بین تیمارها اختلاف معنی‌داری نداشتند (P>۰/۰۵) اما پروتئین بالاترین مقدار را در تیمار شاهد و تیمارهای D25، D50 و D75 بدون اختلاف معنی‌دار (P>۰/۰۵) و با تیمار D100 با اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) داشت.

میزان فعالیت آنزیم‌های لیپاز، آمیلاز و آلکالین فسفاتاز فاقد اختلاف معنی‌داری (P>۰/۰۵) در تیمارهای آزمایشی بود (جدول ۴).

[Downloaded from isfj.ir on 2025-12-16]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.1.2.4]

جدول ۳: ترکیبات بیوشیمیایی (درصد وزن خشک) بدن بچه ماهیان کپور معمولی پس از ۴۰روز

Table 3: Biochemical composition (percentage of dry weight) of the body of normal carp fry after 40 days

پارامتر	تیمار				
	شاهد	D25	D50	D75	D100
پروتئین	۷۱/۰۷±۱/۶۹[bc]	۷۱/۲۶±۰/۴۶[c]	۷۰/۱۰±۰/۷۲[abc]	۷۰/۵۶±۰/۵[abc]	۶۹/۶۵±۰/۴۲[a]
چربی	۱۴/۰۵±۰/۰۵[a]	۱۳/۲۴±۰/۱۴[a]	۱۳/۷۳±۰/۵۱[a]	۱۳/۸۱±۰/۵۸[a]	۱۴/۰۳±۰/۹۵[a]
خاکستر	۹/۳۱±۰/۱۰[a]	۹/۴۹±۰/۵[a]	۹/۴۱±۰/۴۱[a]	۹/۳۶±۰/۳۵[a]	۹/۳۰±۰/۵۵[a]

میانگین گروه‌های آزمایشی با حروف متفاوت در هر سطر دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P< ۰/۰۵).

جدول ۴: میانگین فعالیت آنزیم‌های گوارشی در بچه ماهیان کپور معمولی در سیستم بیوفلاک طی ۴۰ روز (U/mg protein)

Table 4: Mean activity of digestive enzymes in common carp juveniles in biofloc system during 40 days (U / mg protein)

پارامتر	تیمار				
	شاهد	D25	D50	D75	D100
لیپاز	۲/۸۱±۰/۱۸	۲/۵۷±۰/۲۳	۲/۸۳±۰/۲۵	۲/۷۳±۰/۴۲	۲/۹۷±۰/۳۱
آمیلاز	۹۶۳/۶۷±۶۴/۸۸	۹۵۱/۴۰±۵۶/۹۳	۹۳۱/۹۳±۶۹/۲۲	۹۳۹/۱۲±۵۵/۲۱	۹۵۳/۳±۶۳/۱۳
آلکالین فسفاتاز	۵۵۹/۵۰±۱۲/۶۵	۵۵۴/۴۴±۱۷/۵۵	۵۴۷/۷۵±۴۲/۳۱	۵۵۱/۴۵±۴۵/۴۶	۵۳۳/۴۲±۸/۶۳

میانگین گروه‌های آزمایشی با حروف متفاوت در هر سطر دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند (P< ۰/۰۵).

بحث

پارامترهای DO، دما، pH و شوری تحت تاثیر سیستم پرورش بیوفلاک قرار نگرفته و در مقایسه با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشتند. در مطالعه Khanjani و همکاران (۲۰۱۶) حضور باکتری‌ها و جامعه هتروتروفیک تولیدکننده دی‌اکسیدکربن را عاملی برای کاهش DO و pH در محیط بیوفلاک عنوان کردند. همچنین کاهش سطح آب به دلیل عدم تعویض آب را در افزایش شوری موثر دانستند. شرایط متفاوت پرورش نظیر طول دوره پرورش و میزان حجم آب مورد استفاده در دو مطالعه از دلایل تفاوت در نتایج ذکر شده است. مقایسه شاخص‌های BFV یا حجم بیوفلاک و TSS با تیمار شاهد نشان داد که تیمار شاهد در مقایسه با تیمارهای بیوفلاک، دراای کمترین مقدار ذرات معلق بود. میکروارگانیسم‌ها مواد لزج پروتئینی و پلی‌ساکاریدی را دفع می‌کنند که این مواد به عنوان چسب عمل کرده و سلول‌ها و ذرات را با یکدیگر ادغام کرده و فلاک تشکیل می‌دهند (Avnimelech, 2009). با افزایش دوره پرورش، میزان تولید فلاک‌ها و باکتری‌ها افزایش می‌یابد که با اتصال زنجیره‌ای به هم علاوه بر افزایش شاخص‌های BFV، میزان کل مواد جامد معلق را نیز افزایش می‌دهد که با یافته‌های Khanjani و همکاران (۲۰۱۶) هم‌خوانی دارد. در میان تیمارهای بیوفلاک، تیمار با تراکم ۱۰۰ عدد در هر مترمکعب دارای بالاترین مقدار این پارامترها بود. با افزایش منبع کربنی (بالاترین میزان منبع کربنی در تیمار D100 استفاده شد)، حجم و میزان فلاک تولیدی نیز افزایش می‌یابد و این موضوع تراکم و حجم بیوفلاک بالاتر این تیمار را در مقایسه با سایر تیمارها تأیید می‌کند (Khanjani *et al*., 2015; Abbaszadeh *et al*., 2017).

در بررسی تاثیر سیستم بیوفلاک در کاهش اشکال نیتروژنی، بررسی‌ها نشان داد عملکرد سیستم بیوفلاک در کاهش نیتروژن آمونیاکی کل و نیتریت مثبت بوده به شکلی که در تمامی تیمارها به رغم عدم تعویض آب، میزان نیتریت و نیتروژن آمونیاکی کل در مقایسه با شاهد کمتر بود. در مطالعه Wang و همکاران (۲۰۱۵) سیستم بیوفلاک طراحی شده برای پرورش کاراس، نیتروژن آمونیاکی را همانند مطالعه حاضر کاهش داد. سیستم بیوفلاک با اضافه‌کردن منابع کربنی (در مطالعه حاضر

[Downloaded from isfj.ir on 2025-12-16]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.1.2.4]

ملاس) نسبت کربن به نیتروژن را حفظ کرده است و سبب کاهش ترکیبات نیتروژن غیر آلی در محیط می‌شود (Asaduzzaman *et al.*, 2008). علاوه‌براین، منبع کربنی با تحریک رشد باکتری‌های هتروتروف، آمونیاک نیتروژنی را مصرف می‌کند که این امر کاهش این پارامتر را در این سیستم به‌دنبال دارد (Long *et al.*, 2015). عملکرد سیستم بیوفلاک در حذف نیترات در این تحقیق در مقایسه با شاهد (۱۱۷/۵۰ میلی‌گرم بر لیتر)، مثبت نبود و این سیستم نتوانست در حذف نیترات عملکرد موثری داشته باشد. عمل نیتریفیکاسیون باکتری‌ها و نیز دنیتریفیکاسیون هوازی که با افزایش نسبت کربن به نیتروژن در سیستم رخ می‌دهد، ضمن کاهش نیتریت (در مطالعه حاضر نیز مشاهده شده است)، افزایش غلظت نیترات را نیز به‌دنبال دارد (Kim *et al.*, 2008; Mook *et al.*, 2012) که با یافته‌های تحقیق حاضر هم‌خوانی دارد. شایان ذکر است، نیترات برای آبزیان سمی نمی‌باشد و این افزایش پارامتری منفی برای سیستم بیوفلاک محسوب نمی‌شود (Xu and Pan., Irshad *et al.*, 2016; 2013). De Schryver و همکاران (۲۰۰۸) یکی از مزیت‌های فناوری تولید بیوفلاک را در تجزیه مواد نیتروژنی (آمونیاک، نیتریت و نیترات) دانستند که در مورد نیتریت و آمونیاک در مطالعه حاضر نیز مشاهده گردید. در مورد شاخص‌های رشد، تیمارهای بیوفلاک D25 و D50 با وجود عدم تعویض آب، مصرف پروتئین پایین‌تر به مقدار ۱۰ درصد و تراکم بالاتر در مقایسه با شاهد عملکرد مشابهی داشتند به‌گونه‌ای که وزن نهایی، افزایش وزن، نرخ رشد ویژه و ضریب کارایی غذا بین تیمارهای مذکور و تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت که این امر در کنار ضریب کارایی پروتئین بالاتر دو تیمار D25 و D50 در مقایسه با شاهد، کارایی بالاتر این دو تیمار را در سیستم بیوفلاک نشان می‌دهد که به معنی رشد و افزایش وزن یکسان همراه با مصرف کمتر آب و پروتئین جیره غذایی است که در کنار کاهش آمونیاک و نیتریت در پساب تولیدی، کارایی سیستم بیوفلاک را تایید می‌کند. در مطالعه Mahanand و همکاران (۲۰۱۳) در پرورش روهو در سیستم بیوفلاک، وزن‌نهایی و نرخ رشد ویژه در ماهیان سیستم بیوفلاک بالاتر از شاهد و ضریب تبدیل غذایی و عملکرد پروتئین کمتر از شاهد بود، در حالی که در مطالعه حاضر وزن نهایی، نرخ رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی در دو تیمار D25 و D50 با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت، اما عملکرد پروتئین بالاتری داشتند. در مجموع، نتایج هر دو پژوهش تائید کننده کارایی سیستم بیوفلاک در پرورش ماهی است.

Bakhshi و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی تاثیر استفاده از سیستم بیوفلاک بر پارامترهای رشد کپور معمولی، عنوان کردند که استفاده از این سیستم، می‌تواند میزان تولید را افزایش دهد. Najdegerami و همکاران (۲۰۱۵) عنوان کردند که شاخص‌های رشد بین تیمار بیوفلاک تغذیه کرده با نرخ تغذیه روزانه ۷۵ درصد در مقایسه با تیمار شاهد با نرخ تغذیه روزانه ۱۰۰ درصد تفاوت معنی‌دار نداشت که تایید کننده کارایی سیستم بیوفلاک در تغذیه مطابق با آزمایش حاضر می‌باشد. Luo و همکاران (۲۰۱۴) دسترسی مداوم به آمینواسیدهای ضروری، اسیدهای چرب بلند زنجیره غیر اشباع، ویتامین‌ها و مواد معدنی برای ماهی از جمله دلایلی است که بر رشد و کارایی غذای آبزیان موثر است. در سیستم بیوفلاک، توده دیاتومه‌ها، باکتری‌ها، قارچ‌ها، میکروجلبک‌ها کربوهیدرات و سایر ترکیبات نیتروژن دار غیر آلی را به پروتئین میکروبی تبدیل می‌کنند (Avnimelech, 2009; Valle *et al.*, 2015) که کمبود پروتئین را در تیمارهای بیوفلاک جبران می‌کند که این امر کارایی بالاتر پروتئین را در تیمارهای بیوفلاک به‌خصوص تیمارهای D25 و D50 را تایید می‌کند. باکتری و رشد باکتری‌ها با تجزیه مواد آلی، زنجیره غذایی میکروبی شامل تاژک‌داران، مژک داران، روتیفرها و نماتودها را تقویت می‌کنند (Loureiro *et al.*, 2012) و این منبع غذایی را به عنوان یک جیره کمکی در اختیار کپورماهیان قرار می‌دهند. عدم اختلاف معنی‌دار بین شاخص‌های رشد در تیمار شاهد و D25 و D50 نیز تائید کننده این موضوع است. اما در تیمارهای D75 و D100 به دلیل تراکم بالا و در نتیجه استرس مزمن، شاخص‌های رشد در مقایسه با شاهد و دو تراکم مذکور دیگر کاهش یافته است (جدول ۲). از نظر ترکیب

[Downloaded from isfj.ir on 2025-12-16]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.1.2.4]

لاشه مورد آزمایش، تیمار D100 کمترین میزان پروتئین در مقایسه با تیمار شاهد داشت که این نتایج با یافته‌ها رشدی هم‌خوانی دارد. در نتیجه، تراکم بالاتر و استرس مزمن سبب مصرف مواد پروتئینی و چربی ذخیره شده در بدن می‌شود (Jezierska *et al*., 1982; Einen *et al*., 1998) که تایید کننده یافته‌های تحقیق حاضر است.

مشابه با تیمار شاهد، تیمارهای D25 و D50 دارای سطح پروتئین و چربی مناسبی بودند که نشان‌دهنده توانایی سیستم بیوفلاک در کاهش هزینه‌های آب و جیره غذایی بدون تغییرات شدید در رشد و نیز ترکیب بدنی آبزی است. پایه و اساس روش بیوفلاک، بر استفاده از موجودات ذره‌بینی و تبدیل مواد دفعی و غذای خورده نشده به مواد مغذی ضروری همانند پروتئین‌هاست. این موجودات به طور معمول دارای ۴۰-۲۴ درصد پروتئین هستند (Avnimelech, 2012) که تغذیه از آن اختلاف کم بین پروتئین لاشه کپور معمولی در تیمار شاهد و تراکم D25 و D50 را به رغم مصرف جیره‌ای با سطح پایین‌تر پروتئین، تائید می‌کند. با توجه به نتیجه به‌دست آمده می‌توان عنوان کرد که استفاده از سیستم بیوفلاک با تامین مواد پروتئینی برای آبزی، نیاز به استفاده از پروتئین را در جیره کاهش می‌دهد و هزینه تغذیه آبزیان را کم می‌کند (Bauer *et al*., 2012). در مطالعه Bakhshi و همکاران (۲۰۱۶) در بررسی تاثیر استفاده از سیستم بیوفلاک در سیستم پرورش کپور معمولی، عنوان کردند که ارزش غذایی بیوفلاک و جیره کنسانتره یکسان است. در پژوهش حاضر نیز ترکیب لاشه از نظر پروتئین و چربی در کمترین تراکم در سیستم بیوفلاک با شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت . توانایی ماهی برای استفاده از منابع غذایی مختلف به دسترسی به آنزیم‌های گوارشی مختلف بستگی دارد (Phillips *et al*., 1969; Aruso *et al*., 2009) و به همین دلیل تعیین ظرفیت گوارشی و فعالیت آنزیم‌های گوارشی در شرایط پرورشی به‌خصوص پرورش متراکم اهمیت زیادی دارد (Castro *et al*., 2013). آنزیم‌ها مهم‌ترین نقش را در شکسته‌شدن، هضم و جذب غذا در دستگاه گوارش بر عهده دارند (Rungruangsak-Torrissen *et al*., 2006). مقایسه نتایج آنزیم‌های اندازه‌گیری شده نشان داد، آنزیم‌های لیپاز، آمیلاز و آلکالین فسفاتاز تحت تاثیر سیستم بیوفلاک قرار نگرفتند و در مقایسه با شاهد اختلاف‌معنی‌داری نداشتند (P>۰/۰۵) که نشان‌دهنده عملکرد مثبت سیستم بیوفلاک تا تراکم ۵۰ عدد ماهی در تانک، به رغم کاهش مقدار پروتئین جیره غذایی بر فعالیت آنزیم‌های موثر در هضم و جذب غذاست.

آلکالین فسفاتاز در سلول‌های انتروسیت بالغ روده تولید می‌شوند و آنزیم‌های گوارشی لازم را برای هضم مواد غذایی تولید می‌کنند (Krogdahl and Marie Bakke-Mckellep, 2005). علاوه‌براین، سلول‌ها با تولید پروتئین‌های حامل برای جذب مواد غذایی، هضم را افزایش و رشد را بالاتر می‌برند (Nya and Austin, 2011). در مطالعه حاضر، تیمار شاهد در مقایسه با سایر تیمارها مقادیر بالاتری را بدون اختلاف معنی‌دار نشان داد (P>۰/۰۵) و این موضوع بالاتر بودن شاخص‌های رشد را در تیمار شاهد در مقایسه با سایر تیمارها تائید می‌کند. این موضوع در مورد آنزیم لیپاز به عنوان آنزیم دخیل در در هضم بهتر چربی (Nordrum *et al*., 2000) و آمیلاز به عنوان آنزیم دخیل در هضم بهتر کربوهیدارت (Smith, 1989; Jobling, 1995) نیز صادق است. در مطالعه Bakhshi و همکاران (۲۰۱۸) سطح دو آنزیم آمیلاز و آلکالین فسفاتاز ماهی کپور معمولی در تیمار بیوفلاک همراه با ملاس و شاهد، اختلاف معنی‌داری نداشت که با یافته‌های مطالعه حاضر مطابقت دارد. در مورد آنزیم لیپاز در مطالعه Bakhshi و همکاران (۲۰۱۸) میزان این آنزیم در تیمار بیوفلاک بالاتر از شاهد بود که با یافته‌های مطالعه حاضر هم‌خوانی ندارد

نتایج این مطالعه، نشان داد سیستم بیوفلاک به عنوان یک سیستم پرورشی جایگزین روش‌های رایج پرورش کپور معمولی، ضمن کاهش بار آلودگی نیتریت و آمونیاک آب محیط پرورشی، سبب کاهش میزان مصرف پروتئین جیره شد. به این شکل هزینه تمام شده غذا را در طول پرورش کاهش می‌دهد. در مطالعه حاضر، دو تراکم D25 و D50 در مقایسه با سایر تراکم‌ها، نتیجه‌ای مشابه نسبت به شاهد داشتند و این بدان معناست که سیستم بیوفلاک

[Downloaded from isfj.ir on 2025-12-16]
[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.1.2.4]

قادر به پرورش ماهیان تعداد بیشتری ماهی کپور در واحد مترمکعب بدون کاهش معنی‌دار در رشد، وزن گیری، هضم و جذب غذا و نیز بیوشیمیایی لاشه ماهیان است.

منابع

Abbaszadeh, A., Yavari, M., Hosseini, S.J. and Nafisi, M., 2017. Effect of different carbon sources (molasses and date syrup) on water quality, growth performance and body composition of Western white shrimp (Litopenaeus vannamei) in biofluec system. *Jorunal of Aquatic Ecology*, 10: 38-21.

AOAC (Association of Official Analytical Chemists International). 2005. Official methods of analysis. 18th ed. Maryland: AOAC INTERNATIONAL.

Aruso, G., Denaro, M. and Genovese, L., 2009. Digestive enzymes in some Teleost species of interest for Mediterranean aquaculture. *Open Fish Science*, 2: 74-86. DOI**:** 10.2174/1874401X00902010074

Asaduzzaman, M., Wahab, M.A., Verdegem, M.C.J., Huque, S., Salam, M.A. and Zim, M.E., 2008. C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. *Aquaculture*, 280:117-123. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.04.019

Avnimelech, Y., 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176: 227–235. doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00085-X

Avnimelech, Y., 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*, 264: 140-147. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2006.11.025

Avnimelech, Y., 2009. Biofloc Technology, A Practical Guide Book. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States. 182 P. DOI: 10.13140/RG.2.2.18973.15840

Avnimelech, Y., 2012. Biofloc Technology – A Practical Guide Book. (2nd ed.) The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, EUA

Azim, M.E., Little, D.C. and Bron, J.E., 2008. Microbial protein production in activated suspension tanks manipulating C:N ratio in feed and the implications for fish culture. *Bioresource Technology*, 99: 3590-3599.

Bakhsi, E., Najdegerami, E.H., Eimanim, A. and Sarvi Moghanloo, K., 2016. Effect of biofloc technology on growth performances, body composition and reduction of economic costs in intensive culture of common carp (*Cyprinus carpio*) juveniles. *Journal of Veterinary Research*, 71: 163-169.

Bakhshi, F., Najdegerami, E.H., Manaffarm R., Tukmechi, A. and Farah, K., 2018. Use of different carbon sources for the biofloc system during the grow-out culture of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings. *Aquaculture*, 484:259–267. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2017.11.036

Bauer, W., Prentice-Hernandez, C., Tesser, M.B., Wasielesky, W.J. and Poersch,

[Downloaded from isfj.ir on 2025-12-16]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.1.2.4]

Castro, C., Pérez-Jiménez, A., Coutinho, F., Pousão-Ferreira, P., Brandão, T.M., Oliva-Teles, A. and Peres, H., 2013. Digestive enzymes of meagre (*Argyrosomus regius*) and white seabream (*Diplodus sargus*). Effects of dietary brewer's spent yeast supplementation. *Aquaculture*, 416: 322-27. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.09.042

De Schryver, P., Crab, R., Defoirdt, T., Boon, N. and Verstraete, W., 2008. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. *Aquaculture*, 277: 125-137. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2008.02.019

Einen, O., Waagan, B. and Thomassen, M.S., 1998. Starvation prior to slaughterin Atlantic salmon (*Salmo salar*) I. Effects on weight loss, body shape, slaughter- and fillet-yield, proximate and fatty acid composition. *Aquaculture*, 166: 85–104. doi.org/10.1016/S0044-8486(98)00279-8

Emerenciano, M., Ballester, E.L.C., Cavalli, R.O. and Wasielesky, W., 2011. Effect of biofloc technology (BFT) on the early postlarval stage of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*: growth performance, floc composition, and salinity stress tolerance. *Aquaculture International*, 19: 891-901. DOI: 10.1007/s10499-010-9408-6

Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 2010. FAO Fisheries and Aquaculture Department. 218 p.

Gao J, Gu, F., Abdella, N.H., Ruan, H. and He, G., 2012. Investigation on culturable microflora in tibetan kefir grains from different areas of china. *Journal of Food Science*, 77(8): 425-33. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2012.02805.x

Irshad Ahmad, H., Verma, A.K., Babitha Rani, A.M., Rathore, G., Saharan, N. .and Gora, A.H., 2016. Growth, non-specific immunity and disease resistanceof *Labeo rohita* against *Aeromonas hydrophilain* biofloc systems using different carbon sources. *Aquaculure*, 456: 61-67. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.02.011

Jezierska, B., Hazel, J.R. and Gerking, S.D., 1982. Lipid mobilization during starvation in the rainbow trout, *Salmo gairdneri*, with attention to fatty acids. *Journal of Fish Biology*, 21: 681–692. doi.org/10.1111/j.1095-8649.1982.tb02872.x

Jobling, M., 1995. Digestive and abruption In: Jobling, M. (ed), Environmental Biology of Fishes. Chapter 6. Chapman and Hall, London England, pp.175-210.

Khanjani M.H., Sajjadi M.M., Alizadeh M. and Sourinejad, I., 2015. Effect of different feeding levels on water quality, growth performance and survival of western white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) post larvae with application of biofloc technology. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 24: 13-28.

[Downloaded from isfj.ir on 2025-12-16]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.1.2.4]

Khanjani, M.H., Sajadi, M.M., Alizadeh, M. and Soorinejad, A., 2016. Production and evaluation of biofluc in order to apply in the breeding system without water replacement. *Journal of Aquaculture Research and Development*,10: 1. 42-33.

Kim, M., Jeong, S.Y., Yoon, S.J., Cho, S.J., Kim, Y.H., Kim,M.J., Ryu, E.Y. and Lee, S.J., 2008. Aerobic denitrification of Pseudomonas putida AD-21 at different C/N ratios. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 106: 498–502. DOI: 10.1263/jbb.106.498

Krogdahl, Å. and Marie Bakke-McKellep, A., 2005. Fasting and refeeding cause rapid changes in intestinal tissue mass and digestive enzyme capacities of Atlantic salmon (*Salmo salar L.*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 141: 450-460. DOI: 10.1016/j.cbpb.2005.06.002

Kuhn, D.D., Boardman, G.D., Lawrence, A.L., Marsh L. and Flick G.J., 2009. Microbial floc meal as a replacement ingredient for fish meal and soybean protein in shrimp feed. *Aquaculture*, 296: 51-57. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.07.025.

L.H.S., 2012. Substitution of fishmeal with microbial floc meal and soy protein concentrate in diets for the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 342-343:112-116. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2012.02.023

Long, L., Yang, J., Li, Y., Guan, C. and Wu, F., 2015. Effect of biofloc technology on growth, digestive enzyme activity, hematology, and immune response of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 448: 135-141. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.05.017

Loureiro, C.K., Wasielesky, W.J.R. and Abreu, P.C., 2012. The use of protozoan, rotifers and nematodes as live food for shrimp raised in BFT system. *Atlantica Rio Grande*, 34: 5-12. DOI: 10.5088/atl.2012.34.1.5

Luo, G., Wang, C., Liu, W., Sun, D., Li, L. and Tan, H., 2014. Growth, digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor biofloc system. *Aquaculure*, 422–423:1–7. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2013.11.023

Mahanand, S.S., Moulick, S. and Srinivasa, R., 2013. Water quality of Rohu, *Labeo rohita*, in a biofloc system. Journal of Applied Aquacul 25: 121–131. doi.org/10.1080/10454438.2013.788898

Mook, W.T., Chakrabarti, M.H., Aroua, M.K., Khan, G.M.A., Ali, B.S., Islam, M.S. and Abu Hassan, M.A., 2012. Removal of total ammonia nitrogen (TAN), nitrate and totalorganic carbon (TOC) from aquaculture wastewater using electrochemical technology: a review. *Desalination*, 285: 1-13. DOI: 10.1016/j.desal.2011.09.029

Najdegerami, E., Bakhshi, F. and Bagherzadeh Lakani, F., 2015. Effects of

[Downloaded from isfj.ir on 2025-12-16]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.1.2.4]

biofloc on growth performance, digestive enzyme activities and liver histology of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings in zero-water exchange system. *Fish Physiology and Biochemistry*, 5: 1-17. DOI 10.1007/s10695-015-0151-9

Nordrum, S., Bakke, A.M., Krogdahl, A. and Buddington, R.K., 2000. Effects of soybean meal and salinity on intestinal transport of nutrients in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B Biochemistry and Molecular Biology*, 125(3): 317-35 DOI:10.1016/S0305-0491(99)00190-X

Nya, E.J. and Austin, B., 2011. Dietary modulation of digestive enzymes by the administration of feed additives to rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss*) Walbaum. *Aquaculure Nutritrition*, 17: 459-466. doi.org/10.1111/j.1365-2095.2010.00782.x

Phillips, AM., 1969. Nutrition, digestion and energy utilization. In: Hoar WS, Randall DJ, Ed. Fish Physiology, Academic Press, London, pp. 391-432.

Rungruangsak-Torrissen, K., Moss, R., Andersen , L., Berg, A and Waagbo, R., 2006. Different expressions of trypsin and chymotrypsin in relation to growth in Atlantic salmon (*Salmo salar L*). *Fish Physiology Biochemestry*, 32: 7-23. DOI: 10.1007/s10695-005-0630-5

Smith, L.S., 1989. Digestive function in teleost fish. In Fish Nutrition, 2nd end, ed. Halver, J.E. Sandiago: Academy press, pp. 331-421.

Valenti, W.C. and Daniels, W.H., 2000. Recirculation hatchery systems and management. In: New, M.B., Valenti, W.C., (Eds), Freshwater prawns culture. Oxford, Blackwell, pp. 69-90. doi.org/10.1002/9780470999554.ch6

Valle, B.C.S., Dantas, J.R, E.M., Silva, J.F.X., Bezerra, R.S., Correia, E.S., Peixoto, S.R.M. and Soares, R.B., 2015. Replacement of fishmeal by fish protein hydrolysate and biofloc in the diets of *Litopenaeus vannamei* postlarve. *Aquaculure Nutritrition*, 21: 105-112. doi.org/10.1111/anu.12149

Wang, W.N., Wang, A.L., Zhang, Y.J., Li, Z.H., Wang, J.H. and Sun, R.Y., 2015. Effects of nitrite on lethal and immune response of *Macrobrachium nipponense*. *Aquaculture*, 232: 679–686. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.08.018

Wasielesky, Jr. W., H. Atwood, A. Stokes and Browdy, C.L., 2006. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 258: 396-403. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2006.04.030

Xu, W.J. and Pan, L.Q., 2013. Effects of bioflocs on growth performance, digestive enzyme activity and body composition of juvenile *Litopenaeus vannamei* in zero-water exchange tanks manipulating C/N ratio in feed. *Aquaculture*, 356–357:147–152. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.05.022

[Downloaded from isfj.ir on 2025-12-16]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.1.2.4]

Effect of biofloc system on growth indices, body composition and digestive enzymes of juvenile common carp (*Cyprinus carpio*) in different stocking rates

Torfi M.[1]; Rajabzadeh Ghatrami E.[2*]; Mohammadiazarm H.[2]

1-Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran

Abstract

In the present study, growth indices, body composition and digestive enzymes of juvenile common carp (*Cyprinus carpio*) were investigated in biofloc system with different stocking rates. So, 825 juvenile fish (17±1.2g) were randomly transferred to 15 fiberglass 200 liter tanks in lab of Khorramshahr University of Marine Science and Technology. Twenty five fish were stocked in a tank (2.12 kg/m^3) with water exchange (control), and also 25 (2.12 kg/m^3, D25), 50 (4.24 kg/m^3, D50), 75 (6.37 kg/m^3, D75) and 100 fish (8.5 kg/m^3, D100) were stocked in tanks as a biofloc treatments. The photoperiod included 12 h light and 12 h darkness and the duration of the experiment was 40 days. Control and other treatments treatment were fed with a commercial diet containing 35% and 25% protein, respectively for 40 days. The fish were fed manually, three times a day (8:30, 12:00 and 15:30) based on 3% of the body weight. In the control treatment, the water was exchanged 25% every two days. Dissolve oxygen, temperature, pH and salinity parameters were not significantly different in biofloc system compared to the control ($P>0.05$). Biofloc volume (BF) and total suspended solids (TSS) values were higher in biofloc treatments than the control ($P<0.05$). Total ammonia and nitrite levels were lower in biofloc treatments than the control ($P<0.05$). The nitrate levels were higher in D100 treatment than other biofloc treatments ($P<0.05$). Final weight, percentage of weight gain, specific growth rate and feed conversion ratio were not significantly different in D25 and D50 treatments compared to the control ($P<0.05$). The protein efficiency was significantly increased in B25 and D50 treatments compared to the control ($P<0.05$). The lowest protein content was observed in D100 treatment compared to the other treatments ($P<0.05$). The lipase, amylase and alkaline phosphatase activities did not show significant difference in biofloc treatments compared to the control ($P<0.05$). The results of this study showed that biofloc system decreased the consumption of dietary protein while reducing the pollution load of nitrite and total ammonia.

Keywords: Biofloc, Growth indices, Body composition, Digestive enzymes, Density, Common carp

*Corresponding author

[Downloaded from isfj.ir on 2025-12-16]

[DOR: 20.1001.1.10261354.1401.31.1.2.4]