

ارزیابی تأثیر منابع مختلف کربن بر کیفیت آب و عملکرد رشد انگشت قدهای کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) در سیستم بیوفلاک با افزودن سین بیوتیک

ملیحه براتی قلعه شیری، حجت‌الله جعفریان*، ضیاء کردجزی، حسین آدینه، محمد فرهنگی

گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، ایران.

*نویسنده مسئول: hojat.jafaryan@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۱/۵

چکیده

در مطالعه حاضر تأثیر منابع مختلف کربن بر کیفیت آب و عملکرد رشد بچه ماهیان کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) با افزودن سین بیوتیک در سیستم بیوفلاک طی مدت ۴۵ روز بررسی شد. سه تیمار آزمایشی (B، C و D) حاوی آرد ذرت، آرد گندم و آرد جو همراه با یک گروه شاهد (A) آماده شدند. سین بیوتیک مورد استفاده که شامل مخلوطی از باکتری‌های *Bacillus circulans* و *B. lichiformis* همراه با پری بیوتیک تجاری سلماناکس مایع در غلظت نهایی $1/5 \times 10^8$ CFU/ml به هر تیمار اضافه شد. بچه ماهیان ($15/98 \pm 1/93$ گرم) به شکل تصادفی در ۱۲ مخزن (۳ تکرار \times ۴ تیمار) با ظرفیت ۳۰ لیتر آب تقسیم شدند. در پایان آزمایش، میزان سختی کل و مواد جامد معلق در هر سه تیمار آزمایشی نسبت به گروه شاهد افزایش معنی‌داری نشان دادند ($P < 0/05$)؛ میزان اکسیژن محلول در هر سه تیمار به شکل معنی‌داری کمتر از گروه شاهد بود ($P < 0/05$). میزان نیترات نیز فقط در تیمارهای آرد ذرت و آرد گندم بیشتر از گروه شاهد اندازه‌گیری شد ($P < 0/05$). بالاترین وزن نهایی ($40/31 \pm 11/20$ گرم)، نرخ رشد ویژه ($1/0 \pm 59/27$ درصد)، ضریب رشد حرارتی ($0/0 \pm 98/09$ درصد)، فاکتور وضعیت ($2/21 \pm 0/17$)، کارایی غذا ($106/09 \pm 29/47$ درصد)، نسبت کارایی پروتئین ($4/71 \pm 11/31$)، چربی ($18/22 \pm 5/04$) و انرژی ($0/13 \pm 0/04$) در تیمار آرد ذرت ثبت شد. کمترین ضریب تبدیل غذایی ($1/0 \pm 0/25$) و غذای نسبی خورده شده ($11/94 \pm 3/79$ درصد) نیز در تیمار آرد ذرت مشاهده شد ($P < 0/05$). بیشترین میزان ترشح آمونیاک ($25/3 \pm 36/50$ mg.kg⁻¹ BW.day⁻¹) و اوره ($25/3 \pm 30/57$ mg.kg⁻¹ BW.day⁻¹) و انرژی اتلاف شده از طریق ترشح آمونیاک ($25/3 \pm 36/50$ mg.kg⁻¹ BW.day⁻¹) و اوره ($6/0 \pm 21/78$ mg.kg⁻¹ BW.day⁻¹) در تیمار آرد جو ثبت شد ($P < 0/05$). در مجموع، نتایج نشان داد استفاده از آرد ذرت همراه با سین بیوتیک در سیستم بیوفلاک نسبت به سایر منابع کربنی در بهبود پارامترهای کیفی آب و ارتقاء عملکرد رشد بچه انگشت قد ماهیان کپور معمولی مؤثرتر بود.

واژگان کلیدی: سین بیوتیک، بیوفلاک، کپور معمولی، پارامترهای رشد، کیفیت آب.

مقدمه

کپور معمولی گونه‌ای است که در نقاط مختلف جهان پرورش داده می‌شود (FAO, 2020). به دلیل سازگاری بالا به شرایط زیست‌محیطی و عادات غذایی؛ یک گونه مناسب برای آبی‌پروری تجاری در نقاط مختلف جهان در نظر گرفته می‌شود (Rahman et al., 2016). در برخی از کشورهای اروپایی، بیش از ۸۰ درصد کل تولید ماهیان از این گونه هستند (Anton-Pardo et al., 2014). مهم‌ترین چالش در پرورش تجاری این گونه بهبود جیره‌های غذایی به منظور افزایش رشد و ارتقاء سلامت است. یکی از

راه‌های مقابله با چنین چالشی استفاده از جیره‌های مکمل‌سازی شده توسط افزودنی‌های مختلف از جمله سین بیوتیک‌ها است (Huynh et al., 2017). سین بیوتیک‌ها ترکیبی از محصولات پری بیوتیکی و پروبیوتیکی هستند که با تحریک رشد میکروارگانیسم‌های مفید روده و فعال‌سازی متابولیسم باکتری‌های تقویت‌کننده سلامت باعث افزایش نرخ بقاء و آسایش موجود میزبان می‌گردند (Laice et al., 2021). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که استفاده از سین بیوتیک باعث بهبود عملکرد ماهی کپور معمولی می‌گردد (نصیرپور و همکاران، ۱۳۹۵؛ Ghasempour Dehaghani et al., 2015).

با سرعت کمتری متابولیزه می‌شوند و این مزیت را دارند که علاوه بر نیاز به مجموعه‌ای از آنزیم‌های باکتریایی برای تخریب آن‌ها، ساختاری برای تثبیت باکتری‌ها نیز ایجاد می‌کنند که در صورت خورده شدن توسط ماهی به هضم غذا کمک خواهد کرد (Chamberlain, 2001). مطالعات مختلف نشان داده‌اند که پرورش آبزیان با سیستم بایوفلاک در حل مسائل زیست‌محیطی مانند حذف پساب آلی، مدفوع و مواد زائد متابولیکی که توسط آبزی تولید می‌شود نیز بسیار امیدوار کننده است (Crab *et al.*, 2007).

به دلیل نبود اطلاعات علمی کافی در خصوص تأثیر استفاده از منابع کربنی همراه با افزودنی‌های مختلف در پرورش آبزیان تحت شرایط بایوفلاک؛ در مطالعه حاضر تأثیر آرد ذرت، آرد گندم و آرد جو همراه با سین‌بیوتیک بر کیفیت آب و عملکرد بیولوژیکی بچه‌ماهیان کپور معمولی در سیستم بایوفلاک با تعویض آب محدود بررسی شد.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر در آزمایشگاه آبی‌پروری دانشگاه گنبدکاووس انجام شد. برای انجام این مطالعه، ابتدا ۱۲۰ عدد بچه ماهی کپور معمولی با میانگین وزن ۱۸/۹۳±۱۵/۱ گرم از استخرهای پرورش ماهیان گرم-آبی استان گلستان (شهید چمران، گنبدکاووس) خریداری شد. بچه ماهیان پس از انتقال به محل انجام آزمایش به‌منظور سازگاری با شرایط جدید به مدت یک هفته در مخزنی ۱۰۰۰ لیتری ذخیره‌سازی و با جیره پایه غذایی شدند. در دوره سازگاری از غذای تجاری ویتال ساخت شرکت کوپنز (هلند) برای تغذیه بچه ماهیان استفاده شد. آنالیز ترکیبات شیمیایی جیره در جدول ۱ آورده شده است. این جیره به مدت ۴۵ روز به میزان ۲ درصد وزن بدن در سه نوبت (۸ صبح، ۲ بعدازظهر و ۸ شب) در اختیار بچه‌ماهیان قرار گرفت (جدول ۱). پس از طی دوره سازگاری بچه ماهیان به‌طور تصادفی در ۴ تیمار آزمایشی هر کدام با ۳ تکرار تقسیم شدند. در این آزمایش از ۱۲ مخزن پلاستیکی

Abdulrahman and Ahmed, 2015; Djauhari *et al.*, 2017; Modanloo *et al.*, 2017).

بایوفلاک منبعی غنی از ترکیبات زیست فعال مختلف مانند کاروتنوئیدها، کلروفیل، پلی‌ساکاریدها، فیتوایترول‌ها، تائورین و ویتامین‌های محلول در چربی است (Jang *et al.*, 2011). ترکیبات بایوفلاک شامل ۳۰ درصد پروتئین و ۲ درصد چربی است (Xu and Pan, 2012). پرورش آبزیان با سیستم بایوفلاک از مزایایی بیشتری نسبت به روش‌های پرورش سنتی برخوردار است. در این روش تعویض آب در حد بسیار کمی انجام می‌شود؛ حتی در بعضی موارد احتیاجی به تعویض آب نیز وجود ندارد، و همچنین تأثیرات زیست‌محیطی کمتری نسبت به روش‌های سنتی پرورش آبزیان دارد. استفاده از این روش باعث بازیافت مطلوب‌تر ترکیبات نیتروژنی در سیستم بایوفلاک می‌شود، بیوماس باکتریایی به‌خوبی سنتز می‌شود و یک مکمل غذایی مناسب برای آبی‌پروری فراهم می‌گردد (Avnimelech, 2012). امروزه کاربرد این فن‌آوری در صنعت آبی‌پروری از جنبه‌های مختلفی مورد مطالعه قرار گرفته است (Sgnaulin *et al.*, 2020; Khanjani *et al.*, 2020).

شکر، نشاسته، سلولز، گلوکز، استات، گلیسرول و آردهای گندم، ذرت، جو منابع غنی از کربن آلی هستند که در سیستم بایوفلاک استفاده می‌شوند (Khanjani *et al.*, 2020). این منابع کربنی شامل الکل‌ها، قندها، نشاسته و الیاف هستند و برای تخریب آن‌ها از چند دقیقه تا چند ساعت زمان نیاز است (de Lima *et al.*, 2018). اگر نسبت کربن و نیتروژن آلی در یک سیستم پرورشی کاملاً متعادل باشد، مواد زائد آمونیومی و نیتروژنی به بیوماس پروتئین‌دار باکتریایی تبدیل می‌شود (Schneider *et al.*, 2005). براساس Hargreaves (۲۰۱۳)، شکر و ملاس نسبت به سایر منابع کربنی با سرعت بیشتری توسط باکتری‌های هتروتروف جذب می‌شوند و باعث افزایش تولید بایوفلاک در مدت زمان کمتری خواهند شد. منابع حاوی کربوهیدرات‌های پیچیده‌تر مانند ذرت و گندم،

جدول ۱- ترکیبات موجود در جیره غذایی بچه ماهیان کپور (%)
(کوپنز- هلند).

ترکیبات شیمیایی جیره (%)				
پروتئین	چربی خام	فیبر خام	خاکستر	رطوبت
۴۷	۸	۱/۱	۹/۷	۸

مخلوط با هم (سین بیوتیک) در غلظت نهایی $10^{-8} \times 1/5$ باکتری در هر میلی لیتر به سیستم بایوفلاک اضافه شد.

کیفیت آب: در پایان دوره آزمایش، میزان اکسیژن محلول (DO) توسط دستگاه پرتابل کیفیت سنج آب Hack ساخت کشور آمریکا به صورت روزانه اندازه گیری شد. میزان دمای آب به صورت روزانه و قبل از غذاهای بچه ماهیان توسط دماسنج جیوه ای اندازه گیری شد. میزان pH آب توسط دستگاه pH متر دیجیتال (Metrohm pH/Ion meter) ساخت کشور سوئیس به صورت یک روز در میان اندازه گیری شد (APHA, 2012). اندازه گیری کل مواد معلق، قلیائیت، آمونیاک و نیترات نیز بر اساس روش های استاندارد آزمایشگاهی اندازه گیری شد (APHA, 2012).

عملکرد بیولوژیکی: زیست سنجی بچه ماهیان در ابتدا و انتهای دوره آزمایش انجام شد. بر اساس نتایج زیست سنجی و میزان غذای دریافتی بچه ماهیان پارامترهای رشد و تغذیه بر اساس فرمول های مربوطه محاسبه شد (Sivaramasamy et al., 2016; Ismail et al., 2019).

در انتهای دوره ۴۵ روزه آزمایش، نسبت به اندازه گیری میزان ترشح آمونیاک و اوره توسط بچه ماهیان نیز اقدام شد. برای این منظور ۵ عدد بچه ماهی به طور تصادفی از هر تکرار انتخاب شد. بچه ماهیان پس از توزین، به مدت ۲۴ ساعت درون ظروف ۱۰ لیتری بدون هوادهی قرار گرفتند. به منظور جلوگیری از تأثیر ترشحات نیتروزنی ناشی از فعالیت باکتری ها و سایر میکروارگانیسم های آبی همراه با نمونه های تکرار، یک تانک ۱۰ لیتری از همان آب؛ اما بدون ماهی نیز به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. پس از ۲۴ ساعت نمونه آب از هر تکرار به طور جداگانه تهیه شد. غلظت

مدور با حجم آبیگری ۳۰ لیتر استفاده شد. تراکم بچه ماهیان در هر مخزن ۱۰ عدد بود. دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی در نظر گرفته شد. تعویض آب در تیمارهای آزمایشی روزانه به میزان ۳ درصد جهت جبران هدر رفت آب طی نمونه برداری، جمع آوری فلاک اضافی و تبخیر آب انجام شد (Widanari et al., 2012).

در این تحقیق یک تیمار بدون تغییر در نسبت کربن به نیترژن ولی با تعویض آب محدود به عنوان گروه شاهد (A) انتخاب شد. تیمارهای بعدی نیز به ترتیب حاوی منابع مختلفی از کربن شامل: آرد ذرت (B)، آرد گندم (C) و آرد جو (D) بودند. برای آماده سازی فلاک دو هفته قبل از ماهی دار کردن مخازن، آب خروجی یک استخر پرورش کپور ماهیان به عنوان منبع اولیه باکتری های هتروتروف به آب مخازن اضافه شد (Sharma et al., 2015). میزان آمونیاک کل (TAN)، نیتريت و نیترات در آب اندازه گیری شد. پس از تثبیت شرایط بر اساس میزان آمونیاک کل آب و فرمول Avnimelech و همکاران (۲۰۱۲)، میزان مناسب ملاس نیشکر برای ایجاد نسبت های C:N برابر ۱:۱۵ محاسبه شد و بعد از رقیق سازی ملاس، به مخازن اضافه شد. به مدت یک هفته عملیات هوادهی شدید انجام شد. بعد از این که میزان فلاک های موجود در سیستم به بیش از ۵ میلی گرم در هر لیتر رسید، نسبت به ماهی دار کردن مخازن اقدام شد. در طول دوره ی تحقیق میزان منبع کربن اضافه شده به هر تیمار بر اساس میزان پروتئین خوراک مصرفی و آمونیاک کل و فرمول Avnimelech و همکاران (۲۰۱۲) محاسبه و اضافه شد.

در این تحقیق به منظور تقویت و تحریک سریع باکتری ها در سیستم بیوفلاک از مخلوط باکتری های *Bacillus circulans* و *B. licheniformis* تهیه شده از شرکت پروتکسین (انگلستان) و پری بیوتیک تجاری سلماناکس مایع تهیه شده از شرکت وایکور (آمریکا) استفاده شد. این دو محصول تجاری به صورت

جامد معلق نیز در تمامی تیمارهایی آزمایشی به طور معنی داری بیشتر از گروه شاهد بود ($P < 0.05$). میزان NO_3 فقط در تیمارهای آرد گندم و آرد جو همراه یا سین بیوتیک به طور معنی داری بیشتر از گروه شاهد بود ($P < 0.05$)؛ و تفاوت معنی داری بین تیمار حاوی آرد ذرت همراه با سین بیوتیک و گروه شاهد مشاهده نشد ($P > 0.05$).

بر اساس نتایج تفاوت معنی داری بین تمامی شاخص‌های اندازه‌گیری شده در تیمارهای آزمایشی و گروه شاهد به دست آمد ($P < 0.05$) (جدول ۲). بالاترین وزن نهایی، میانگین رشد روزانه، کارایی تبدیل رشد، ضریب رشد حرارتی، سرعت رشد وزنی، سرعت رشد طولی و فاکتور وضعیت در تیمار بیوفلاک آرد ذرت همراه با سین بیوتیک مشاهده شد ($P < 0.05$).

بر اساس نتایج شاخص‌های تغذیه‌ای بچه ماهیان نیز در تیمارهای آزمایشی و گروه شاهد از تفاوت معنی داری داشتند ($P < 0.05$) (جدول ۳). بیشترین و کمترین ضریب تبدیل غذایی به ترتیب در گروه شاهد و تیمار بیوفلاک حاوی آرد ذرت همراه با سین بیوتیک ثبت شد ($P < 0.05$). غذای نسبی خورده شده نیز در تیمار بیوفلاک آرد ذرت همراه با سین بیوتیک کمترین مقدار را داشت ($P < 0.05$). بیشترین مقدار غذای خورده شده نسبی در گروه شاهد ثبت شد ($P < 0.05$). بیشترین نرخ کارایی غذا، نسبت کارایی پروتئین، نسبت کارایی چربی و نسبت کارایی انرژی نیز در تیمار آرد ذرت همراه با سین بیوتیک گزارش شد ($P < 0.05$). نتایج تأثیر منابع مختلف کربن همراه با سین بیوتیک بر میزان دفع نیتروژن و انرژی اتلافی بچه ماهیان در جدول ۴ آورده شده است. بر اساس نتایج تمامی پارامترهای اندازه‌گیری شده در تیمارهای آزمایشی به صورت معنی داری بیشتر از گروه شاهد بود ($P < 0.05$).

بالاترین میزان ترشح آمونیاک، اوره، انرژی اتلافی از طریق ترشح آمونیاک و اوره در تیمار بیوفلاک آرد جو همراه با سین بیوتیک اندازه‌گیری شد ($P < 0.05$).

آمونیاک توسط روش فنول-هیپوکلرید (Solorzano, 1969)، غلظت آمونیاک کل از تفریق مقدار به دست آمده از مقدار آمونیاک تولید شده در مخازن پرورش بدون ماهی و غلظت اوره با استفاده از آنزیم اوره‌آز براساس فرمول‌های زیر اندازه‌گیری شد (Elliott, 1976).

آمونیاک مترشحه ($\text{mg Kg}^{-1} \text{ BW day}^{-1}$) Engin (and Carter, 2001) = (آمونیاک نهایی (mg/l) - آمونیاک اولیه (mg/l)) × حجم آب / وزن توده ماهی موجود در هر تانک (kg)

اوره مترشحه ($\text{g Kg}^{-1} \text{ BW day}^{-1}$) Engin and (Carter, 2001) = (اوره نهایی (mg/l) - اوره اولیه (mg/l)) × حجم آب / وزن توده ماهی موجود در هر تانک (kg)

انرژی اتلافی بر اساس آمونیاک مترشحه ($\text{Kj Kg}^{-1} \text{ BW day}^{-1}$) (Brafield, 1985) = (آمونیاک مترشحه ($\text{mg.kg}^{-1} \text{ BW.day}^{-1}$) / 1000) × 24/83 (گرم/کیلوژول)

انرژی اتلافی بر اساس اوره مترشحه ($\text{Kj Kg}^{-1} \text{ BW day}^{-1}$) (Elliott, 1976) = (اوره مترشحه ($\text{mg.kg}^{-1} \text{ BW.day}^{-1}$) / 1000) × 23 (گرم/کیلوژول)

آنالیز داده‌ها: برای تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (One-way ANOVA) و برای مقایسه میانگین بین تیمارها از پس آزمون دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد استفاده شد. تمامی تجزیه و تحلیل‌های آماری توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ انجام شد.

نتایج

نتایج بررسی فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب در جدول ۲ آورده شده است. در انتهای دوره آزمایش میزان دما، آمونیاک، قلیائیت کل، شوری، هدایت الکتریکی، pH و حجم فلاک بین تیمارهای مورد بررسی تفاوت معنی داری نشان نداد ($P > 0.05$). میزان اکسیژن محلول در تمامی تیمارهای بیوفلاک که به ساختار آن‌ها سین بیوتیک اضافه شده بود به شکل معنی داری کمتر از گروه شاهد بود ($P < 0.05$). سختی آب و مواد

جدول ۲- مقایسه فاکتورهای فیزیوشیمیایی آب بین تیمارهای حاوی منابع مختلف کربن همراه با سین‌بیوتیک (A): گروه شاهد؛ B: تیمار بیوفلاک حاوی آرد ذرت + سین‌بیوتیک، C: تیمار بیوفلاک حاوی آرد گندم + سین‌بیوتیک؛ D: تیمار بیوفلاک حاوی آرد جو + سین‌بیوتیک) در پایان دوره آزمایش.

شاخص‌های کیفی آب	A	B	C	D
دما (C°)	24±0.1 ^a	24±0.1 ^a	24±0.1 ^a	24±0.1 ^a
اکسیژن محلول (mg/l)	7/02±0.22 ^a	6/05±0.33 ^b	6/18±0.68 ^b	6/24±0.02 ^b
نیتрат (mg/l)	0/15±0.01 ^b	0/15±0.05 ^b	0/27±0.07 ^a	0/26±0.06 ^a
آمونیاک (mg/l)	0/09±0.02 ^a	0/12±0.03 ^a	0/07±0.01 ^a	0/09±0.03 ^a
قلیائیت کل (mg/l)	289±65 ^a	355±81 ^a	264±6 ^a	362±30 ^a
شوری (g/l)	0/51±0.01 ^a	0/49±0.02 ^a	0/50±0.05 ^a	0/49±0.01 ^a
هدایت الکتریکی (μmos/cm)	1034±28 ^a	993±40 ^a	946±89 ^a	989±24 ^a
سختی کل (mg/l)	278/5±48/5 ^b	331±8 ^a	316/5±4/5 ^{ab}	305±5 ^{ab}
pH	7/47±0.18 ^a	7/50±0.15 ^a	7/38±0.02 ^a	7/49±0.03 ^a
حجم فلاک (ml/l)	29/13±7/25 ^a	38/61±4/23 ^a	49/96±3/33 ^a	37/57±2/48 ^a
مواد معلق جامد (mg/l)	318/1±95 ^b	466/5±36/5 ^a	528/5±8/5 ^a	486±15 ^a

*حروف لاتین غیر همنام روی هر عدد در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح $P < 0.05$ می‌باشد.

جدول ۳- مقایسه شاخص‌های رشد بین تیمارهای حاوی منابع مختلف کربن (A): گروه شاهد؛ B: تیمار بیوفلاک آرد ذرت + سین‌بیوتیک، C: تیمار بیوفلاک آرد گندم + سین‌بیوتیک؛ D: تیمار بیوفلاک آرد جو + سین‌بیوتیک) در پایان دوره آزمایش.

شاخص‌های رشد	A	B	C	D
وزن اولیه (گرم)	15/02±1/93 ^a	15/32±2/46 ^a	15/12±2/09 ^a	15/27±1/79 ^a
طول اولیه (سانتی‌متر)	10/21±0/44 ^a	10/65±0/69 ^a	10/19±0/54 ^a	10/89±0/71 ^a
وزن نهایی (گرم)	32/82±8/47 ^b	38/65±9/92 ^{ab}	40/31±11/20 ^a	36/43±8/95 ^{ab}
طول نهایی (سانتی‌متر)	12/03±1/07 ^a	12/86±1/25 ^a	12/08±1/29 ^a	12/20±1/14 ^a
نرخ رشد ویژه (درصد)	1/06±0/21 ^b	1/39±9/93 ^{ab}	1/59±0/27 ^a	1/36±0/31 ^{ab}
میانگین رشد روزانه (درصد)	1/39±0/51 ^c	2/31±0/08 ^{bc}	4/63±0/95 ^a	2/59±0/09 ^b
کارایی تبدیل رشد (درصد)	63/68±13/88 ^b	105/64±18/26 ^a	133/79±17/35 ^a	100/34±18/99 ^a
ضریب رشد حرارتی (درصد)	0/43±0/04 ^c	0/66±0/02 ^b	0/98±0/09 ^a	0/69±0/05 ^b
سرعت رشد وزنی (درصد)	1/03±0/12 ^c	1/52±0/13 ^b	2/35±0/19 ^a	1/67±0/25 ^b
سرعت رشد طولی (درصد)	0/41±0/01 ^b	0/79±0/01 ^b	1/25±0/09 ^a	0/78±0/02 ^b
فاکتور وضعیت	1/85±0/11 ^b	1/75±0/14 ^b	2/21±0/17 ^a	2/05±0/15 ^{ab}

*حروف لاتین غیر همنام روی هر عدد در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح $P < 0.05$ می‌باشد.

بحث

منجر به بهبود ۷۵ درصدی عملکرد رشد در ماهی کپور معمولی شده است (Najdegerami et al., 2016). سین‌بیوتیک‌ها نیز با تولید اسیدهای چرب زنجیره کوتاه و ویتامین‌های محلول در آب، هضم مواد غذایی پیچیده موجود در جیره و افزایش جذب مواد معدنی در روده باعث افزایش کارایی رشد و بازماندگی موجودات آبی طی دوره پرورش خواهند شد (Mehrabi et al., 2011).

بر اساس نتایج استفاده از آرد ذرت همراه با

در طول سال‌های اخیر، مطالعات متعددی با هدف ارزیابی کاربرد مواد افزودنی در سیستم تولید ماهیان و سخت‌پوستان با فن‌آوری بیوفلاک انجام شده است (Kathia et al., 2017). براساس گزارش‌های در دسترس بیوفلاک و میکروارگانیسم‌های همراه آن تأثیرات مثبتی بر پارامترهای رشد و تغذیه آبیان دارند (Xu and Pan, 2012; Ahmad et al., 2019). یکی از این مطالعات گنجاندن بیوفلاک در جیره غذایی

جدول ۴- مقایسه شاخص‌های تغذیه بین تیمارهای حاوی منابع مختلف کربن (A: گروه شاهد، B: تیمار بیوفلاک حاوی آرد ذرت، C: تیمار بیوفلاک حاوی آرد گندم و D: تیمار بیوفلاک حاوی آرد جو) در پایان دوره آزمایش.

شاخص	A	B	C	D
ضریب تبدیل غذایی	۱/۲۲±۰/۳۷ ^a	۱/۰۱±۰/۲۵ ^b	۱/۰۴±۰/۲۵ ^b	۱/۰۸±۰/۱۹ ^{ab}
کارایی غذا (درصد)	۸۸/۳۷±۲۲/۲۹ ^b	۱۰۶/۰۹±۲۹/۴۷ ^a	۱۰۱/۷۱±۲۶/۴۲ ^{ab}	۹۵/۸۲±۲۳/۸۹ ^{ab}
نسبت کارایی پروتئین	۳/۸۳±۰/۹۹ ^b	۴/۷۱±۱/۳۱ ^a	۴/۵۲±۱/۱۶ ^{ab}	۴/۲۶±۱/۰۵ ^{ab}
نسبت کارایی چربی	۱۴/۷۸±۴/۰۱ ^b	۱۸/۲۲±۵/۰۴ ^a	۱۷/۴۱±۳/۹۶ ^{ab}	۱۶/۴۸±۳/۶۰ ^{ab}
نسبت کارایی انرژی	۰/۱۱±۰/۰۲ ^b	۰/۱۳±۰/۰۴ ^a	۰/۱۳±۰/۰۳ ^a	۰/۱۲±۰/۰۳ ^{ab}
غذای نسبی خورده شده (درصد)	۲۴/۳۷±۵/۴۲ ^a	۱۱/۹۴±۳/۷۹ ^b	۱۶/۴۲±۲/۳۲ ^b	۲۰/۵۷±۴/۱۶ ^{ab}

*حروف لاتین غیر همنام روی هر عدد در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح $P < 0.05$ می‌باشد.

موجب مصرف ترکیبات ازتی مترشحه از ماهیان شده و این عمل توسط میکروارگانیزم‌های فعال در سیستم بایوفلاک صورت می‌گیرد (Ebeling *et al.*, 2006). بر همین اساس در تحقیق حاضر، کاهش آمونیاک در تیمارهای تحت تأثیر سین‌بیوتیک و منابع کربنی مختلف نشان می‌دهد که این روند بیوشیمیایی توسط تلقیح سین‌بیوتیک و منابع کربنی مختلف نسبت به گروه شاهد از سرعت بیشتری برخوردار گردیده است. در برخی از منابع علمی کاهش میزان شوری و هدایت الکتریکی را به دلیل جذب برخی از عناصر فلزی نظیر سدیم توسط باکتری‌های موجود در سیستم بایوفلاک ذکر نموده‌اند (Rajkumar *et al.*, 2015). در این تحقیق نیز این روند بین تیمارهای آزمایشی و گروه شاهد دیده شد. به طوری که افزایش حجم بیوفلاک بین تیمارهای آزمایشی در مقایسه با گروه شاهد نشان از عملکرد مثبت سین‌بیوتیک تلقیح شده به سیستم بایوفلاک داشت که با حضور مقادیر قابل توجهی از منابع کربن عالی فرآیند رشد باکتری‌های دخیل در سیستم بایوفلاک تسریع شده و موجب ارتقاء شاخص‌های رشد و تغذیه ماهیان شد. هرچند گزارش‌های کمتری در خصوص استفاده از سین‌بیوتیک‌ها در سیستم بایوفلاک وجود دارد، با این وجود در تحقیقات صورت گرفته، به‌کارگیری جداگانه‌ی پروبیوتیک‌ها و پری‌بیوتیک‌ها نتایج قابل ملاحظه‌ای به دنبال داشته است که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. در این خصوص می‌توان به تحقیق صورت گرفته توسط کریم تبار و همکاران (۱۳۹۸) و خسروی و همکاران (۱۳۹۸)

سین‌بیوتیک در سیستم بایوفلاک نسبت به سایر منابع کربنی باعث افزایش کیفیت آب و عملکرد بچه ماهیان شد. بر اساس نتایج پارامترهای کیفی آب در سطوح پیشنهاد شده و قابل قبول برای ماهی کپور معمولی در دمای ۲۴ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد بود (Banerjea, 1967; Boyd, 2002; Das *et al.*, 2006; Adhikari, 2006). نتایج مشابهی توسط سایر محققین در پرورش ماهی کپور با سیستم بایوفلاک نیز گزارش شد (کریم تبار و همکاران، ۱۳۹۸؛ خسروی و همکاران، ۱۳۹۶؛ حق‌پرست، ۱۳۹۶؛ اسداله، ۱۳۹۶؛ Avnimelech *et al.*, 2007; Azim and Little, 2008). به نظر می‌رسد برخی گروه‌های باکتریایی موجود در سیستم بایوفلاک احتمالاً باعث بهبود کیفیت آب از طریق کنترل ترکیبات نیتروژنی سمی مانند آمونیاک و نیتريت می‌شوند (Cha *et al.*, 2013; Banerjee and Ray, 2017; Laice *et al.*, 2021). سین‌بیوتیک تجاری مورد استفاده در این تحقیق احتمالاً تأثیر مستقیمی در تأمین باکتری‌های مختلف از جمله *B. subtilis*، *Bacillus toyi*، *Enterococcus faecium*، *Bifidobacterium bifidum* و *E. faecium* در محیط داشت که ممکن است بر تنوع میکروبی محیط تأثیرگذار بوده باشد (Hu *et al.*, 2017). این نتایج احتمالاً باعث تعدیل میکروبیاتای آب (Souza *et al.*, 2012) و روده (Birmani, 2019) در ماهیان شده است. ساختار کیفی آب به‌طور مستقیم بر رشد و سلامت موجود آبی تأثیرگذار خواهد بود (Boyd, 2017). در سیستم‌های بایوفلاک روند نیتروفيکاسیون

جدول ۵- مقایسه شاخص‌های انرژی اتلافی در تیمارهای حاوی منابع مختلف کربن (A: گروه شاهد، B: تیمار بیوفلاک آرد ذرت؛ C: تیمار بیوفلاک آرد گندم و D: تیمار بیوفلاک آرد جو) در پایان دوره آزمایش.

شاخص	A	B	C	D
نیترژن دفعی بر اساس آمونیاک ($\text{mg.kg}^{-1} \text{ BW.day}^{-1}$)	$711/12 \pm 21/48^c$	$772/29 \pm 31/15^b$	$889/55 \pm 33/02^b$	$1011/45 \pm 14/27^a$
نیترژن دفعی بر اساس اوره ($\text{mg.kg}^{-1} \text{ BW.day}^{-1}$)	$17/82 \pm 5/37^c$	$19/32 \pm 7/79^{bc}$	$22/26 \pm 8/25^{ab}$	$25/30 \pm 3/57^a$
مجموع نیترژن دفع شده از طریق ترشح آمونیاک و اوره ($\text{mg.kg}^{-1} \text{ BW.day}^{-1}$)	$728/92 \pm 27/13^c$	$791/59 \pm 38/46^b$	$891/86 \pm 41/15^b$	$1036/75 \pm 17/25^a$
انرژی اتلاف شده از طریق ترشح آمونیاک ($\text{Kj. Kg}^{-1} \text{ BW.day}^{-1}$)	$18/12 \pm 1/37^b$	$19/36 \pm 7/70^b$	$22/44 \pm 8/20^{ab}$	$25/36 \pm 3/50^a$
انرژی اتلاف شده از طریق ترشح اوره ($\text{Kj. Kg}^{-1} \text{ BW.day}^{-1}$)	$4/28 \pm 0/72^c$	$4/35 \pm 0/42^{bc}$	$5/37 \pm 0/67^b$	$6/21 \pm 0/78^a$
مجموع انرژی اتلاف شده از طریق ترشح آمونیاک و اوره ($\text{Kj. Kg}^{-1} \text{ BW.day}^{-1}$)	$22/44 \pm 0/55^b$	$23/71 \pm 8/20^b$	$27/81 \pm 8/85^a$	$31/57 \pm 3/98^a$

*حروف لاتین غیر همنام روی هر عدد در هر ردیف نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح $P < 0.05$ می‌باشد.

در به‌کارگیری پری‌بیوتیک‌های تجاری و پروبیوتیک‌های باسیلوسی اشاره نمود. برای چنین نتایج مثبتی برخی از فرضیه‌های مطرح شده عبارتند از (۱) افزایش تعداد و یا تنوع میکروارگانیزم‌های در سیستم بیوفلاک (Monroy-Dosta et al., 2013) و (۲) سرکوب باکتری‌های بیماری‌زا و افزایش مقاومت بچه ماهیان در برابر آن‌ها (Souza et al., 2014; Hu et al., 2017). در تائید نتایج ارائه شده استفاده از سین‌بیوتیک در سیستم بیوفلاک باعث کاهش میزان pH، آمونیاک، نیتريت و نیترات در آب پرورش ماهیان تیلاپیا (*Oreochromis niloticus*) شد (Laice et al., 2021). خسروی و همکاران (۱۳۹۹) با استفاده از ۰/۱ و ۰/۲ درصد پری‌بیوتیک‌های تجاری ایمکس اولترا و سلماناکس مایع به‌طور جداگانه در سیستم بیوفلاک شاهد بهبود پارامترهای کیفی آب و رشد بچه ماهیان کپور معمولی نسبت به گروه شاهد بودند. در تحقیقی دیگر استفاده از *Bacillus spp.* نیز در سیستم بیوفلاک باعث بهبود عملکرد رشد بچه گربه‌ماهیان آفریقایی (*Clarias gariepinus*) شد (Yusuf et al., 2015). در سایر تحقیقات نیز مشخص شده است که اضافه کردن پروبیوتیک و پری‌بیوتیک‌های مختلف به سیستم بیوفلاک باعث افزایش میزان رشد و بازماندگی آبزیان پرورشی می‌گردد (Kathia et al., 2017).

غلظت آمونیاک در مخازنی که در محیط سر بسته

در به‌کارگیری پری‌بیوتیک‌های تجاری و پروبیوتیک‌های باسیلوسی اشاره نمود. برای چنین نتایج مثبتی برخی از فرضیه‌های مطرح شده عبارتند از (۱) افزایش تعداد و یا تنوع میکروارگانیزم‌های در سیستم بیوفلاک (Monroy-Dosta et al., 2013) و (۲) سرکوب باکتری‌های بیماری‌زا و افزایش مقاومت بچه ماهیان در برابر آن‌ها (Souza et al., 2014; Hu et al., 2017). در تائید نتایج ارائه شده استفاده از سین‌بیوتیک در سیستم بیوفلاک باعث کاهش میزان pH، آمونیاک، نیتريت و نیترات در آب پرورش ماهیان تیلاپیا (*Oreochromis niloticus*) شد (Laice et al., 2021). خسروی و همکاران (۱۳۹۹) با استفاده از ۰/۱ و ۰/۲ درصد پری‌بیوتیک‌های تجاری ایمکس اولترا و سلماناکس مایع به‌طور جداگانه در سیستم بیوفلاک شاهد بهبود پارامترهای کیفی آب و رشد بچه ماهیان کپور معمولی نسبت به گروه شاهد بودند. در تحقیقی دیگر استفاده از ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر مخلوط پروبیوتیکی (*Bacillus toyi*، *B. subtilis*، *Enterococcus*، *Bifidobacterium bifidum*، *Lactobacillus acidophilus faecium*) و پری‌بیوتیک (مانان الکیگوساکارید، لیزین، متیونین، کولین، ویتامین‌های C، E و دکستروز) در سیستم بیوفلاک طی مدت ۴۰ روز باعث بهبود عملکرد رشد ماهیان تیلاپیا در تیمار آزمایشی نسبت به گروه شاهد شد

۰/۳۷ کیلوژول در کیلوگرم وزن بدن در روز گزارش داد که کمتر از نتایج تحقیق حاضر بود. در مجموع نتایج نشان داد که استفاده از آرد ذرت همراه با سین‌بیوتیک در سیستم بایوفلاک نسبت به سایر منابع کربنی تأثیرات مثبت و معنی‌داری بر کیفیت آب و عملکرد رشد بچه ماهیان کپور معمولی داشت. از آن جایی که در تیمارهای تحت تأثیر سین‌بیوتیک فرآیند نیتروفتیکاسیون و تبدیل ازت آمونیاکی و اوره مترشحه از بچه ماهیان کپور در سیستم بایوفلاک در سطحی بالاتر و سرعت بیشتری تبدیل به نیترات شده و در سنتز پروتئین داخل سلولی این باکتری‌ها بکار می‌رود، در نتیجه فلاک‌های تشکیل شده احتمالاً حاوی مقادیر زیادی پروتئین خواهد بود که توسط ماهیان این تیمارها تغذیه شده و فرآیند سوخت ساز پروتئین‌ها و تولید انرژی ناشی از آن، در سطح بالاتری انجام می‌پذیرد که نتیجه آن می‌تواند به صورت ترشح آمونیاک و اوره بیشتر از ماهیان باشد. همچنین علی‌رغم افزایش نرخ آمونیاک مترشحه به ازای واحد وزنی توسط ماهیان در تیمارهای آزمایشی و نیز بالا بودن مقدار توده زنده ماهیان در هر یک از این تیمارها، به دلیل عملکرد خوب میکروارگانیزم‌های بیوفلاک، غلظت آمونیاک در این تیمارها در مقایسه با گروه شاهد در سطح بالاتری قرار نداشت.

منابع

اسداله نصرآبادی س. ۱۳۹۶. تأثیر منابع کربنی مختلف بر رشد، ترکیب بدن و بیان ژن $TNF-\alpha$ کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) در سیستم پرورشی بیوفلاک. رساله دوره دکتری، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، ۹۷ ص.

حق پرست رادمرد م.م. ۱۳۹۶. بررسی تأثیر استفاده از فن‌آوری بایوفلاک (Biofloc) روی شاخص‌های رشد، کیفیت آب، شاخص‌های ایمنی و سلامت ماهی کپور معمولی *Cyprinus carpio*. پایان‌نامه دکتری، دانشگاه شهید چمران اهواز، ۱۷۱ ص.

خسروی نجف‌آبادی آ.، جعفریان ح.، آدینه ح.، هرسیج م. ۱۳۹۹. تأثیر دو پریبیوتیک ای مکس اولترا و سلماناکس

نگهداری می‌شوند و در معرض تابش نور خورشید نیستند (سیستم آب قهوه‌ای) عمدتاً توسط باکتری‌های هتروتروف موجود در سیستم کنترل می‌گردد. در این سیستم، نسبت C:N از طریق مکمل سازی منابع کربن آلی به سیستم و یا کاهش سطح پروتئین در خوراک افزایش می‌یابد. با این دست‌کاری‌ها، باکتری‌های هتروتروف باعث افزایش تقاضا برای نیتروژن به شکل آمونیاک در آب می‌شوند. از آنجائیکه کربن آلی و نیتروژن غیر آلی به‌طور کلی توسط باکتری‌ها در یک نسبت ثابت جذب می‌شوند، بنابراین می‌توان در سیستم بیوفلاک غلظت آمونیاک را از طریق افزودن منبع کربن کنترل کرد (Choo and Caipang, 2015).

در تحقیق حاضر بین تیمارهای مختلف که هر یک حاوی منابع متفاوتی از کربن (آرد ذرت، آرد گندم و آرد جو) بودند و به آن‌ها سین‌بیوتیک اضافه شده بود؛ میزان ترشح آمونیاک و اوره بالاتر از گروه شاهد اندازه‌گیری شد. به تبع انرژی اتلاف شده از طریق ترشح آمونیاک و اوره نیز در تیمارهای آزمایشی بالاتر بود. نرخ ترشح آمونیاک و اوره با افزایش بیوماس ماهیان نسبت مستقیمی دارد (Rafiei et al., 2006). در این تحقیق احتمالاً بالاتر بودن میزان بیوماس در تیمارهای آزمایشی نسبت به گروه شاهد باعث افزایش نرخ ترشح آمونیاک و اوره گردید. بالاتر بودن نرخ ترشح آمونیاک در تیمارهای آزمایشی ممکن است به دلیل تأثیر سین‌بیوتیک مورد استفاده در استفاده از پروتئین به عنوان منبع انرژی و یا کاتابولیسم بیشتر پروتئین در طول دوره آزمایش نیز باشد (Rafiei et al., 2006). به دلیل مشکل بودن اندازه‌گیری میزان ترشح آمونیاک و اوره در تحقیقات محدودی نرخ ترشح این متابولیت‌ها بررسی شده است. کریم تبار (۱۳۹۷) میزان ترشح آمونیاک، اوره، انرژی اتلافی از طریق آمونیاک و انرژی اتلافی از طریق اوره در سیستم بیوفلاک برای پرورش بچه ماهیان کپور معمولی را به ترتیب ۵/۲۴ میلی‌گرم در کیلوگرم در روز، ۱۶/۳۸ میلی‌گرم در کیلوگرم در روز، ۱/۶۲ کیلوژول در کیلوگرم وزن بدن در روز و

- 4), 140-147.
- Avnimelech Y. 2011. Tilapia production using biofloc technology: saving water, waste recycling improves economics. *Global Aquaculture Advocate*. pp: 66-68.
- Avnimelech Y. 2012. Biofloc Technology—A practical Guide Book, 2nd ed. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, EUA. 272 p.
- Avnimelech Y., Verdegem M.C.J., Perar K., Kurup M. 2008. Sustainable land-based aquaculture: rational utilization of water, land and feed resources. *Mediterranean Aquaculture Journal* 1(1), 45-55.
- Azim M.E., Little D.C. 2008. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 283, 29-35.
- Banerjee G., Ray A.K., 2017. The advancement of probiotics research and its application in fish farming industries. *Research in Veterinary Science* 115, 66-77.
- Birmani M.W. 2019. Mannan Oligosaccharide (Mos), its Potential Benefits in Animal Production. *EC Veterinary Science RCO* 1, 20-22
- Boyd C.E. 2002. Water quality. An Introduction. Kluwer Academic Publishers, Boston, Dordrecht, London. 325 p.
- Boyd C.E. 2017. Chapter 6 general relationship between water quality and aquaculture performance in ponds. *Fish Diseases*. pp: 147-166.
- Brafield A.E. 1985. Laboratory studies of energy budgets. In: P. Tytler, P Calow. (Eds). *Fish Energetics, New perspectives*. Croom Helm, London. pp: 257-282.
- Cha J.H., Rahimnejad S., Yang S.Y., Kim K.W., Lee K.J. 2013. Evaluations of *Bacillus* spp. as dietary additives on growth performance, innate immunity and disease resistance of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) against *Streptococcus iniae* and as water additives. *Aquaculture* 402-403, 50-57.
- Chamberlain G., Avnimelech Y., McIntosh, R.P., Velasco M. 2001. Advantages of aerated microbial reuse systems with balanced C: N. II: composition and nutritional value of organic detritus. *Global Aquaculture Advocate* 4, 22-24.
- Choo H.X., Caipang C.M.A. 2015 Biofloc technology (BFT) and its application towards improved production in freshwater
 مایع به صورت تلقیح بر کیفیت آب، عملکرد رشد و ترکیبات لاشه بچه ماهیان انگشت قد کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) در سیستم بیوفلاک. فصلنامه محیط‌زیست جانوری، ۱۲(۲): ۱۷۷-۱۸۸.
- کریم تبار بالا نقیسی ف.ز. ۱۳۹۸. تأثیر مخلوط باسیلوس-های پروبیوتیکی (مکمل سازی و تلقیح) بر عملکرد رشد و تغذیه ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) در سیستم بیوفلاک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه گنبد کاووس.
- کریم تبار ف.ز.، جعفریان ح.، آدینه ح. ۱۳۹۸. تأثیر افزودن پروبیوتیک‌های تجاری در سیستم بیوفلاک: بررسی کیفیت آب، عملکرد رشد و تغذیه و ترکیبات بیوشیمیایی بدن ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*). مجله علوم آبی‌پروری، ۷(۲): ۱۵۱-۱۴۱.
- نصیرپور م.، محمدیان ت.، تابنده م.ر.، مصباح م. ۱۳۹۵. تأثیر استفاده از سین‌بیوتیک با سطوح مختلف بتاگلوکان و مانان الیگوساکارید به همراه لاکتوباسیلوس کازئی بر فعالیت برخی آنزیم‌های گوارشی ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*). فصلنامه محیط‌زیست جانوری، ۸(۴): ۱۷۹-۱۸۸.
- Abdulrahman N.M., Ahmed V.M. 2015. Comparative effect of probiotic (*Saccharomyces cerevisiae*), prebiotic (fructooligosaccharides FOS) and their combination on some differential white blood cells in young common carp (*Cyprinus caprio* L.). *Asian Journal of Science and Technology* 6, 1136-1140
- Adhikari S. 2006. Soil and water quality management in aquaculture. *Handbook of fisheries and aquaculture*. Indian Council of Agricultural research, New Delhi. pp: 1-30.
- Ahmad I., Leya T., Saharan N., Asanaru Majeedkuty B.R., Rathore G., Gora A.H., Bhat I.A., Verma A.K. 2019. Carbon sources affect water quality and haemato-biochemical responses of *Labeo rohita* in zero water exchange biofloc system. *Aquaculture Research* 50(10), 2879-2887.
- Anton-Pardo M., Hlavac D., Masilko J., Hartman P., Adamek Z. 2014. Natural diet of mirror and scaly carp (*Cyprinus carpio*) phenotypes in earth ponds. *Folia Zoologica* 63, 229-237.
- Avnimelech Y. 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bioflocs technology ponds. *Aquaculture* 264 (1-

- use of Bacillus and molasses on microbial communities in shrimp cultural enclosure systems. *Aquaculture Research* 48, 2691–2705.
- Huynh T.G., Shiu Y.L., Nguyen T.P., Truong Q.P., Chen J.C., Liu C.H. 2017. Current applications, selection, and possible mechanisms of actions of synbiotics in improving the growth and health status in aquaculture: a review. *Fish and Shellfish Immunology* 64, 367-382.
- Ismail M., Wahdan A., Yusuf M., Metwally S.E., Mabrok M. 2019. Effect of dietary supplementation with a synbiotic (Lacto Forte) on growth performance, haematological and histological profiles, the innate immune response and resistance to bacterial disease in *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Research* 50(9), 2545-2562.
- Jahangiri L., Esteban M.A. 2018. Administration of probiotics in the water in finfish aquaculture systems: a review. *Fishes* (3), 1-13.
- Jang I.K., Pang Z., Yu J., Kim S.K., Seo H.C., Ch Y.R. 2011. Selectively enhanced expression of prophenoloxidase activating enzyme 1 (PPAE1) at a bacteriaclearance site in the white shrimp. *Litopenaeus vannamei*. *BMC Immunology* 12, 70.
- Kathia C.M., del Carmen M.D.M., Aida H.P., Jorgey C.M., Daniel B.C. 2017. Probiotics used in Biofloc system for fish and crustacean culture: A review. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies* 5(5), 120-125
- Khanjani M.H., Alizadeh M., Sharifinia M. 2020. Rearing of the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* in a biofloc system: The effects of different food sources and salinity levels. *Aquaculture Nutrition* 26(2), 328-337.
- Laice L.M., Corrêa Filho R.A.C., Ventura, A.S., Farias, K.N.N., do Nascimento Silva A.L., Fernandes C.E., Silva A.C.F., Barbosa P.T.L., de Souza A.I., Emerenciano M.G.C., Povh J.A. 2021. Use of symbiotics in biofloc (BFT)-based Nile tilapia culture: Production performance, intestinal morphometry and hematological parameters. *Aquaculture* 530, 735715.
- Mehrabi, Z., Firouzabakhsh, F., Jafarpour, A. 2011. Effect of dietary supplementation of synbiotic on growth performance, serum biochemical parameters and carcass composition in rainbow trout tilapia culture. *AACL Bioflux* 8(3), 362-366.
- Crab R., Avnimelech Y., Defoirdt T., Bossier P., Verstraete W. 2007. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture* 270, 1-14.
- Craig S., Helfrich L.A. 2002. Understanding fish nutrition, feeds, and feeding understanding fish nutrition, feeds, and feeding. Virginia Cooperative Extension, Publication 420-456.
- Das P.C., Ayyappan S., Jena J.K. 2006. Haematological changes in the three Indian major carps, *Catla catla* (Hamilton), *Labeo rohita* (Hamilton) and *Cirrhinus mrigala* (Hamilton) exposed to acidic and alkaline water pH. *Aquaculture* 256(1), 80-87.
- De Lima E.C.R., de Souza R.L., Girao P.J.M., Braga I.F.M., de Souza Correia E. 2018. Culture of Nile tilapia in a biofloc system with different sources of carbon. *Revista Ciência Agronômica* 49 (3), 458-466
- Djauhari R., Sukenda W., Suprayudi M.A., Jr M.Z. 2017. Application of microencapsulated synbiotic to improve the growth performance and health status of common carp (*Cyprinus carpio*) cultured in the ponds. *Pakistan Journal of Biotechnology* 14(1), 43-47.
- Ebeling J.M., Timmons M.B., Bisogni J.J. 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture* 257: 346-358.
- Engin K., Carter C.G. 2001. Ammonia and urea excretion rates of juvenile Australian short-finned eel (*Anguilla australis australis*) as influenced by dietary protein level. *Aquaculture* 199, 123-136.
- FAO. 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome.
- Ghasempour Dehaghani P., Javaheri Baboli M., Taghavi moghadam A., Ziaei-nejad S. 2015. Effect of synbiotic dietary supplementation on survival, growth performance, and digestive enzyme activities of common carp (*Cyprinus carpio*) fingerlings. *Czech Journal of Animal Science* 6 (5), 224-232.
- Hargreaves J.A. 2013. Biofloc production systems for aquaculture. Stoneville, MS: Southern Regional Aquaculture Center, SRAC Publication No. 4503.
- Hu X., Cao Y., Wen G., Zhang X., Xu Y., Xu W., Xu Y., Li Z. 2017. Effect of combined

- J.A.J. 2005. Analysis of nutrient flows in integrated intensive aquaculture systems. *Aquaculture Engineering* 32, 379-401.
- Sgnaulin T., Durigon E.G., Pinho S.M., Jerônimo G.T., Lopes D.L.A., Emerenciano M.G.C. 2020. Nutrition of genetically improved farmed tilapia (GIFT) in biofloc technology system: optimization of digestible protein and digestible energy levels during nursery phase. *Aquaculture* 521, 734998.
- Sharma D.A., Sharma K., Sangotra R. 2015. Biofloc culture and its utilisation as feed in limited water exchange system for the culture of *labeo rohita*. *Journal of International Academic Research for Multidisciplinary* 3(2), 185-193.
- Sivaramasamy E., Zhiwei W., Li F., Xiang J. 2016. Enhancement of vibriosis resistance in *Litopenaeus vannamei* by supplementation of biomastered silver nanoparticles by *Bacillus subtilis*. *Journal of Nanomedicine Nanotechnology* 7, 1.
- Souza D.M., Suita S.M., Leite F.P.L., Romano L.A., Wasielesky W., Ballester E.L.C. 2012. The use of probiotics during the nursery rearing of the pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) in a zero exchange system. *Aquaculture Research* 43, 1828-1837.
- Souza D.M., Suita S.M., Romano L.A., Wasielesky Jr., Ballester E.L.C., 2014. Use of molasses as a carbon source during the nursery rearing of *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817) in a biofloc technology system. *Aquaculture Research* 45, 270-277.
- Widanari A., Ekasari J., Maryam S. 2012. Evaluation of biofloc technology application on water quality and production performance of red tilapia *Oreochromis* sp. cultured at different stocking densities. *Journal of Biosciences* 2, 73- 80.
- Xu W.-J., Pan L.-Q. 2012. 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, 147-152.
- (*Oncorhynchus mykiss*) fingerlings. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 96, 474-481.
- Modanloo M., Soltanian S., Akhlaghi M., Hoseinifar S.H. 2017. The effects of single or combined administration of galactooligosaccharide and *Pediococcus acidilactici* on cutaneous mucus immune parameters, humoral immune responses and immune related genes expression in common carp (*Cyprinus carpio*) fingerlings. *Fish and Shellfish Immunology* 70, 391-397
- Mohammadi G., Rafiee G., Abdelrahman H.A. 2020. Effects of dietary *Lactobacillus plantarum* (KC426951) in biofloc and stagnant-renewal culture systems on growth performance, mucosal parameters, and serum innate responses of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Fish Physiology Biochemical* 46, 1167-1181.
- Monroy-Dosta M.C., Lara-Andrade R., Castro-Mejía J., Castro-Mejía G., Coelho-Emerenciano M.G. 2013. Composición y abundancia de comunidades microbianas asociadas al biofloc em UN cultivo de tilapia. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 48, 511-520.
- Najdegerami E.H., Bakhshi F., Lakani F.B. 2016 Effects of 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* 42, 457-465.
- Rafiei G., Saad C., Kamarudin M.S., Ismail M.R., Alavi S.M.H. 2006. Stimulation of ammonia excretion rates during a period of red tilapia, *Oreochromis* sp. Culture, considering biomass increase in a water recirculating system. *Iranian journal of fisheries sciences* 6(1), 69-82
- Rahman M.M., Normawaty M.N., Shahbudin S., Kamaruzzaman Y. 2016. Coastal water quality of Tioman Island: effects of human activity and the distance from shoreline. *Desalination and Water Treatment* 57(1), 83-87.
- Rajkumar M., Kumar Pandey M., Aravind R., Vennila A., Bharti V., Purushothaman C.S. 2015. Effect of different biofloc system on water quality, biofloc composition and growth performance in *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Aquaculture Research* 19, 1-13.
- Schneider O., Sereti V., Eding E.H., Verreth

The effect of different carbon sources on water quality and growth performance of common carp (*Cyprinus carpio*) fingerling into the biofloc system with adding commercial synbiotics

Malihe Barati Ghaleshiri, Hojatollah Jafaryan*, Zia Kordjazi, Hosein Adine, Mohammad Farhangi

Department of Fisheries, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad kavous, Iran.

*Corresponding author: hojat.jafaryan@gmail.com

Received: 2021/1/24

Accepted: 2021/9/16

Abstract

In the present study, the effect of different carbon sources on water quality and growth performance of common carp (*Cyprinus carpio*) fingerlings by adding synbiotic into biofloc system (BFT) were investigated for 45 days. Three experimental treatments (B, C and D) containing corn, wheat and barley flours together with a control group (A) were prepared. The used synbiotic was a mixture of *Bacillus circulans* and *B. lichiformis* along with a Celmanax liquid commercial prebiotic at a final concentration of 1.5×10^8 CFU/ml to each treatment. Fish fingerling (15.98 ± 1.93 g) was distributed randomly into 12 tanks (4 treatments \times 3 replicated) with 30 liters of capacity. At the end of the experiment, the nitrate, total hardness and total suspended solids in all treatments significantly increased compared with the control ($P < 0.05$). While, the dissolved oxygen in all treatments was lower than the control ($P < 0.05$). NO_3 was measured higher than the control only in corn and barley treatments ($P < 0.05$). The highest final weight (40.31 ± 11.20 g), SGR ($1.59 \pm 0.27\%$), TGC ($0.98 \pm 0.09\%$), condition factor (2.21 ± 0.17), FCE ($106.09 \pm 29.47\%$), PER (4.71 ± 1.31), PEL (18.22 ± 5.04) and PEE (0.13 ± 0.04) were recorded in corn flour treatment. However, the lowest feed conversion ratio (1.01 ± 0.25) and relative feed intake ($11.94 \pm 3.79\%$) were observed in corn flour treatment ($P < 0.05$). The highest excretion rates of ammonia (1011.45 ± 14.27 mg.kg⁻¹BW.day⁻¹), urea (25.30 ± 3.57 mg.kg⁻¹BW.day⁻¹) and energy wast by excretion rates of ammonia (25.36 ± 3.50 mg.kg⁻¹BW.day⁻¹) and urea (6.21 ± 0.78 mg.kg⁻¹BW.day⁻¹) were recorded in barley flour ($P < 0.05$). In conclusion, the results demonstrat that the use of corn flour with synbiotic in the BFT system, compared to other carbon sources was more effective to improve the water quality and promoting of growth performance of common carp fingerlings.

Keywords: Synbiotic, Biofloc, Common carp, Growth parameters, Water quality.