

تأثیر دو پریوتیک ای مکس اولترا و سلماناکس مایع به صورت تلقیح بر کیفیت آب، عملکرد رشد و ترکیبات لاشه بچه ماهیان انگشت قد کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) در سیستم بیوفلاک

- آرزو خسروی نجف آبادی: گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاوس، گنبدکاوس، ایران
- حجت الله جعفریان*: گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاوس، گنبدکاوس، ایران
- حسین آدینه: گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاوس، گنبدکاوس، ایران
- محمد هرسیج: گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاوس، گنبدکاوس، ایران

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۸

چکیده

مطالعه حاضر باهدف بررسی تأثیر دو پریوتیک تجاری ایمکس اولترا و سلماناکس مایع در تلقیح سیستم بیوفلاک (BFT) بر پارامترهای کیفی آب، عملکرد رشد، کارایی تغذیه و ترکیبات شیمیایی لاشه بچه ماهیان کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) انجام شد. تعداد ۲۴۰ عدد بچه ماهی کپور معمولی با میانگین وزنی $4/09 \pm 0/70$ گرم با دو غلظت $0/1$ و $0/2$ میلی گرم از هریک از دو پریوتیک مذکور در هر لیتر از سیستم بیوفلاک به همراه یک گروه شاهد که فاقد هر گونه ماده افزودنی بود، در قالب طرح کاملاً تصادفی به مدت ۴۰ روز غذادهی شدند. در پایان دوره آزمایش، نتایج تفاوت معنی داری در پارامترهای کیفی آب در تیمارهای تغذیه کرده از پریوتیک در سیستم بیوفلاک در مقایسه با گروه شاهد نشان داد ($p > 0/05$). اندازه گیری پارامترهای رشد شامل: وزن نهایی، طول نهایی، سرعت رشد وزنی، سرعت رشد طولی، نسبت کارایی پروتئین، نسبت کارایی چربی و ضریب تبدیل غذایی نیز دارای اختلافی معنی داری در مقایسه با گروه شاهد بودند ($p < 0/05$). بیشترین میزان پروتئین خام لاشه (۶۶/۶۱ درصد) و کمترین درصد چربی خام لاشه (۱۷/۸۹ درصد) نیز در تیمار تغذیه کرده از $0/2$ میلی لیتر پریوتیک سلماناکس مایع تلقیح شده در هر لیتر از سیستم بیوفلاک به ثبت رسید. در مجموع، نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از پریوتیک های ایمکس اولترا و سلماناکس به صورت تلقیح به سیستم آب پرورش بچه ماهیان کپور معمولی به صورت تکنولوژی بیوفلاک، دارای تأثیرات مثبتی بر پارامترهای کیفی آب، عملکرد رشد، کارایی تغذیه و ترکیبات شیمیایی لاشه این گونه دارد.

کلمات کلیدی: کپور معمولی، بیوفلاک، پریوتیک، تلقیح، نیتروژن آمونیاکی، پروتئین خام



مقدمه

میزان تولید آبی پروری از ۴۱/۹ میلیون تن در سال ۲۰۰۴ به ۷۳/۸ میلیون تن در سال ۲۰۱۴ رسید که رشد این صنعت حدود ۶ درصد در هر سال بود (FAO, ۲۰۱۶). البته این رشد براساس بهره‌گیری از تکنولوژی در تولید مانند استفاده از هیبریدسازی آبزیان، به کارگیری غذاهای فرموله با کیفیت بالا و همچنین توانایی استفاده از تکنولوژی بیوفلاک در انواع سیستم‌های آبی پروری بوده است (FAO, ۲۰۱۲). از این رو صنعت شیلات و آبی پروری نه تنها به عنوان یک منبع ثروت شناخته می‌شود، بلکه به عنوان یکی از سریع‌ترین بخش‌های در حال رشد در صنعت تولید غذا نیز مطرح است، به طوری که مطابق با آمار ارائه شده توسط سازمان جهانی خواروبار کشاورزی، پیش‌بینی می‌شود که این مقدار در سال ۲۰۳۰ از طریق کاهش ذخایر به دست آمده از صید ماهیان وحشی و همین‌طور افزایش تقاضا از سوی طبقه متوسط جامعه جهانی که در حال شکل‌گیری هستند، به شکل قابل ملاحظه‌ای تا میزان ۶۲٪ افزایش پیدا کند (FAO, ۲۰۱۶). سیستم بیوفلاک شامل میکروارگانیسم‌هایی مانند باکتری‌های هتروتروف، ریزجلیک‌ها، زئوپلانکتون‌ها، آغازیان (Avnimelech, ۲۰۰۹)، فیتوپلانکتون‌ها، باکتری‌های آزاد یا چسبنده، تجمع مواد آلی خاص و سایر تغذیه کننده‌ها مثل روتیفرها، مژه‌داران و تاژکداران آغازی و کوبه‌پودها (Ray و همکاران، ۲۰۱۰) برای تجزیه مواد دفعی آبی پروری، غذای خورده نشده و بقایای جانوری و گیاهی است. در این سیستم، میکروارگانیسم‌ها نقش کلیدی در تغذیه آبزیان پرورشی دارند. تجمع آن‌ها (بیوفلاک) یک منبع طبیعی غنی و در دسترس (۲۴ ساعته در روز) از پروتئین و چربی است. این میکروارگانیسم‌ها دو نقش اصلی و مهم در جهت حفظ کیفیت آب (با جذب ترکیبات نیتروژن دار در فرآیند تولید پروتئین میکروبی) و تغذیه (افزایش امکان عملکرد پرورش با کاهش ضریب تبدیل غذایی و کاهش هزینه‌های غذایی) در محیط پرورش آبزیان ایفاء می‌کنند (Emerenciano و همکاران، ۲۰۱۳؛ De Schryver و همکاران، ۲۰۰۸). باکتری‌های فعال در این سیستم برای فعالیت بهینه نیاز به تغذیه با یک منبع کربنی دارند و لازم است تا همواره تعادلی بین نسبت مقادیر نیتروژن به کربن در سیستم برقرار باشد (Avnimelech, ۲۰۰۷). در سیستم بیوفلاک با کمک اضافه کردن منابع کربوهیدراتی، باکتری‌های هتروتروفیک آمونیوم را مستقیماً جذب و به پروتئین سلولی تبدیل می‌کنند. مادامی که کربن آلی و نیتروژن در اختیار باکتری‌های هتروتروفیک قرار می‌گیرد تولید باکتری‌های اتوتروف محدود شده و در صورتی که منابع کربوهیدراتی به میزان کافی به سیستم اضافه شود، تمام نیتروژن و کربن موجود در پسماندهای غذایی و فضولات در دسترس باکتری‌های هتروتروفیک

قرار می‌گیرد (Avnimelech, ۲۰۰۷). هدف از استفاده مواد کربنی در سیستم بیوفلاک، حفظ نسبت کربن به نیتروژن (C/N) آب در جهت کنترل و تنظیم مقدار ترکیبات نیتروژنی در آب است (Taw, ۲۰۱۰). نسبت کربن به نیتروژن نسبتاً بالا (۱۰ تا ۲۰) برای تکنولوژی بیوفلاک توصیه می‌شود (Asaduzzaman و همکاران، ۲۰۰۸؛ Hargreaves, ۱۹۹۸). منابع کربن به کار رفته در سیستم بیوفلاک اغلب در نتیجه تولیدات مازاد صنایع غذایی انسانی و حیوانی تولید می‌شوند که قابل دسترس در منطقه باشند. منابع ارزان کربوهیدرات‌ها مانند ملاس چغندر، گلیسرول، آردها و سیبوس‌های گیاهی (گندم، ذرت، برنج و غیره) می‌باشند. حفظ نسبت بالای کربن به نیتروژن جهت کنترل و تنظیم مقدار ترکیبات نیتروژنی است (Taw, ۲۰۱۰). بنابراین افزودن کربوهیدرات راه عملی و مناسب برای افزایش نسبت کربن به نیتروژن در جهت ارتقاء سیستم بیوفلاک است (Anand و همکاران، ۲۰۱۳؛ De Schryver و همکاران، ۲۰۰۸). پریبیوتیک ماده غذایی غیرقابل هضمی است که از طریق تحریک رشد و فعالیت یک یا تعداد محدودی از باکتری‌های موجود در روده اثرات سودمندی برای میزبان داشته و می‌تواند سلامتی میزبان را بهبود بخشد. براساس این تعریف هر ماده غذایی که به روده می‌رسد مانند کربوهیدرات‌های غیرقابل هضم، بعضی از پپتیدها، پروتئین‌ها و نیز برخی از چربی‌ها می‌توانند به عنوان پریبیوتیک مطرح باشند. مهم‌ترین محصول حاصل از متابولیسم پریبیوتیک‌ها، اسیدهای چرب زنجیره کوتاه نظیر استات، پروپیونات، بوتیرات و اسیدلاکتیک ناشی از تخمیر پریبیوتیک منجر به کاهش pH روده می‌شود که شرایط مناسب برای رشد باکتری‌های اسیدلاکتیک را فراهم می‌کند (Gatesoupe و Ringo, ۱۹۹۸). استفاده از پریبیوتیک‌های مختلف و از جمله پریبیوتیک‌های تجاری در پرورش آبزیان در سال‌های اخیر بسیار مرسوم گشته و به شیوه‌های مختلفی از جمله مکمل‌سازی با جیره‌های آبزیان کاربرد داشته است. در همین خصوص دو پریبیوتیک تجاری شامل سلماناکس مایع، ای مکس اولترا از جمله محصولات پریبیوتیکی تجاری وارداتی به ایران می‌باشند. سلماناکس مایع شامل عصاره و دیواره سلولی مخمر است. این محصول حاوی متابولیت‌هایی نظیر مانان‌ها و قندهایی نظیر بتاگلوکان‌ها، گالاتوزامین‌ها، مانوز و الیگوساکاریدمانان (MOS) بوده که برای جداسازی اجزای ساختاری مفید دیواره سلولی مخمر از آنزیم‌ها کمک گرفته شده و این ترکیب، یک محصول مخمری هیدرولیز شده آنزیمی است. ای مکس اولترا یک فرآورده پریبیوتیکی است که از مهم‌ترین اجزا تشکیل دهنده آن می‌توان به مانان الیگوساکارید (MOS)، فروکتوالیگوساکارید (FOS) و بتاگلوکان (β -Glucan) اشاره نمود. این ترکیبات ذکر شده از دیواره سلولی مخمر (*Saccharomyces cerevisiae*) استخراج می‌شوند که دارای اثر مستقیم محدودکننده بر عوامل بیماری‌زا بوده و از طرف دیگر دارای

طراحی و اجرا شد. در این تحقیق از پریبوتیک‌های تجاری به ترتیب تحت عناوین: ای‌مکس‌اولترا و سلماناکس مایع از شرکت Arm & Hammer Animal Nutrition Co. (ساخت کشور آمریکا) از طریق نمایندگی پیشنمازان (مازندران، ایران) تهیه و استفاده گردید.

مواد و روش‌ها

بچه‌ماهی کپور معمولی و طراحی آزمایش: مطالعه حاضر در ماه‌های آذر و دی ماه سال ۱۳۹۶ در آزمایشگاه آبی‌پروری دانشگاه گنبدکاووس انجام شد. برای این منظور تعداد ۷۰۰ عدد بچه‌ماهی کپور معمولی با وزن ۳-۵ گرم از مرکز تکثیر و پرورش ماهیان گرم‌آبی شهید چمران (گلستان) تهیه و به آزمایشگاه مذکور منتقل شدند. جهت سازگاری با شرایط جدید و جیره پایه، بچه‌ماهیان به مدت یک هفته با غذای تجاری بدون هیچ‌گونه ماده افزودنی به میزان ۵ درصد وزن بدن در ۲ نوبت (ساعات ۹ صبح و ۱۷ بعدازظهر) غذادهی شدند. طی دوره سازگاری هر دو روز یک‌بار، ۷۰ درصد آب مخازن تخلیه و با آب تازه کلرزدايي و هوادهی شده آبیگری می‌شدند.

آماده‌سازی بیوفلاک و افزودن به محیط پرورش ماهی: برای آماده‌سازی استوک اولیه بیوفلاک، چهار مخزن ۶۰ لیتری تهیه و تا حجم ۵۰ لیتر آن آبیگری شد. برای تسریع در شکل‌گیری بیوفلاک مقدار ۵۰ گرم غذای تجاری کپور معمولی، ۱۲/۵ گرم خاک بستر استخر پرورش ماهی کپور و ۰/۲۵ گرم اوره (۴۶ درصد نیتروژن) اضافه شد. طبق محاسبات Avnimelech (۱۹۹۹) برای مصرف هر گرم نیتروژن آمونیایی کل (TAN) نیاز به ۲۰ گرم کربن (C/N-20) است، لذا آرد گندم با ۶۰ درصد کربن به‌عنوان کربن آلی برای این آزمایش در نظر گرفته شد. مخزن‌ها به‌طور پیوسته با پمپ هواده و سنگ هوا به‌مدت دو هفته هوادهی شدند. وقتی مقدار مواد جامدات معلق کل (TSS) در آب به حدود ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر رسید، فرآیند هوادهی متوقف شد و مقدار ۲۰۰ میلی‌لیتر از فلاک تهیه‌شده به هر یک از تیمارهای آزمایشی اضافه شد (Najdegerami و همکاران، ۲۰۱۵). میزان مواد کربن‌دار، به فرض این‌که ۵۰ درصد کربن آن مورد استفاده باکتری‌های هتروتروف قرار گرفته و نسبت کربن (C) به نیتروژن (N) در حدود ۱۵/۵ تنظیم گردد، محاسبه شد (Avnimelech، ۲۰۱۲). مواد کربن‌دار پس از وزن درون ظروف پلاستیکی یک لیتری ریخته شد و به‌خوبی با آب مخزن پرورش مخلوط شد و به‌طور یکنواخت در سرتاسر سطح مخزن بعد از استفاده غذا توزیع شد تا توسعه بیوفلاک‌ها را تقویت کند (خانجانی و همکاران، ۱۳۹۴).

پرورش بچه‌ماهی کپور در سیستم بیوفلاک: پس از طی دوره سازگاری، تعداد ۲۴۰ عدد بچه‌ماهی کپور معمولی با میانگین وزنی

تأثیرات غیرمستقیم بر سلامتی میزبان از طریق فرآیند افزایش جمعیت میکروبی مفید در روده هستند. در خصوص استفاده از محصولات پریبوتیکی در گونه‌های مختلف آبزیان گزارش‌های علمی متعددی ارائه شده است. در یک تحقیق بیواره و جعفریان (۱۳۹۵) تعیین نمودند که به‌کارگیری پریبوتیک ای‌مکس حاوی ترکیبات عصاره مخمر نانویی در لاروهای کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) تغذیه شده با این محصول پریبوتیکی تجاری بر عملکرد رشد و تغذیه این ماهی تأثیرات مفیدی را در پی داشت. بیواره و جعفریان (۱۳۹۷) در یک مطالعه مشخص نمودند که اثر ترکیبی دو پریبوتیک ای‌مکس و سلماناکس مایع موجب ارتقای کارایی رشد و تغذیه در بچه‌ماهیان کپور معمولی شده و توانست مقاومت این ماهی را در مقابله با استرس‌های محیطی افزایش دهد. در تحقیق صورت گرفته توسط رنج‌دوست و همکاران (۱۳۹۶؛ ۱۳۹۷) باهدف افزایش مقاومت بچه ماهیان کپور معمولی در فرآیند حمل و نقل و کاهش استرس‌های ناشی از حمل و نقل این ماهی، مشخص گردید که مکمل‌سازی پریبوتیک تجاری سلماناکس مایع تأثیر مفیدی را در کاهش تنش حمل‌ونقل این ماهی داشت. در مطالعه ایری و همکاران (۱۳۹۶) نیز مشخص شد که پریبوتیک ای‌مکس توانست تأثیر مثبتی را بر پارامترهای رشد و تغذیه در بچه‌ماهیان کپور معمولی داشته باشد. در یک تحقیق Rodrigues و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که به‌کارگیری پریبوتیک مانان پروتئین توانست در مکمل‌سازی با جیره‌های مورد تغذیه میگوی وانامی (*Litopenaeus vannamei*) تأثیرات متفاوتی را بر رشد، بقاء و بیوماس کل تولیدی این میگو داشت. درحالی‌که مقادیر آمونیاک کل، نیتريت و نیترات در تیمارهای به‌کارگیری با درصدهای مختلف از این پریبوتیک اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. Yuvarajan و همکاران (۲۰۱۸) نیز نشان دادند که استفاده از باکتری‌های هوازی در سیستم پرورش بیوفلاک ماهی تیلاپای نیل (*Oreochromis niloticus*) توانست ضمن ارتقای میزان رشد و تغذیه این ماهی در مقایسه با گروه شاهد موجب افزایش آمونیاک، کاهش نیتريت و نیترات در سیستم بیوفلاک در مقایسه با گروه شاهد گردد. اگرچه ممکن است تأثیر هر یک از پریبوتیک‌های فوق‌الذکر (مانان‌الیگوساکارید، فروکتوالیگوساکارید و بتاگلوکان) در قالب مطالعات متعدد در گونه‌های مختلف ماهیان و سخت‌پوستان مورد ارزیابی قرار گرفته باشد، ولی گزارش‌های علمی کم‌تری در به‌کارگیری از پریبوتیک‌ها در سیستم بیوفلاک آبزیان پرورشی و از جمله کپورماهیان ارائه شده است و این تحقیق نیز اولین گام در جهت استفاده از این محصولات پریبوتیکی ذکرشده به‌صورت تلقیح در سیستم بیوفلاک است. لذا این تحقیق باهدف مطالعه تأثیرگذاری سه پریبوتیک ذکرشده بر کیفیت آب محیط پرورش، افزایش رشد، تغذیه و افزایش کیفیت ترکیبات لاشه این ماهی



= سرعت رشد طولی (درصد)
 ((میانگین طول اولیه+ میانگین طول نهایی)× زمان / میانگین طول
 اولیه- میانگین طول نهایی) × ۱۰۰
 = ضریب تبدیل غذایی (AOAC, ۱۹۹۰)
 افزایش وزن بدن (گرم) / مقدار غذای خورده شده (گرم)
 = کارایی غذا (AOAC, ۱۹۹۰)
 (مقدار غذای خورده شده به گرم / افزایش وزن بدن به گرم) × ۱۰۰
 = نسبت کارایی پروتئین (Sotodeh و همکاران, ۲۰۱۰)
 مقدار مصرف پروتئین (گرم) / افزایش وزن بدن (گرم)
 = نسبت کارایی چربی (Sotodeh و همکاران, ۲۰۱۰)
 مقدار چربی خورده شده (گرم) / وزن به دست آمده (گرم)
 = ارزش تولید پروتئین (Hevory و همکاران, ۲۰۰۵)
 مقدار پروتئین خورده شده (گرم) / پروتئین ابقاء شده (گرم)
 = ارزش تولید چربی (Helland و همکاران, ۱۹۹۶)
 مقدار چربی خورده شده (گرم) / چربی ابقاء شده (گرم)

آنالیز لاشه: در انتهای دوره ۴۰ روزه آزمایش، به منظور تعیین ترکیبات شیمیایی لاشه تعداد ۱۵ عدد بچه ماهی کپور معمولی پس از تحمل ۲۴ ساعت گرسنگی به طور تصادفی از هر تیمار صید و در کیسه های پلاستیکی مجزا و درون محفظه ای پر از یخ به آزمایشگاه علوم دام استان گلستان منتقل شدند. تجزیه و تعیین ترکیبات شیمیایی لاشه مطابق روش استاندارد AOAC (۱۹۹۰) انجام شد. میزان ماده خشک به طور وزنی با قرار دادن نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد درون دستگاه آون، میزان رطوبت از کسر مقدار ماده خشک از وزن اولیه نمونه ها، میزان پروتئین خام با روش کجلدال، میزان چربی خام با روش سوکسله و میزان انرژی خام با دستگاه بمب کالری متر اندازه گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری: برای مقایسه میانگین بین تیمارها از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه (one-way ANOVA) استفاده شد، نرمال بودن داده ها با آزمون کولموگروف- اسمیرنوف بررسی شد. سطح معنی دار بودن میانگین ها بین تیمارها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تعیین شد. از نرم افزار SPSS-۱۹ برای بررسی داده ها و مقایسه آن ها استفاده شد.

نتایج

پیراسنجه های کیفی آب: نتایج اندازه گیری پارامترهای کیفی آب در جدول ۲ ارائه شده است. در روز ۴۰، مقدار آمونیاک بین تیمار شاهد و تیمارهای آزمایشی تفاوت آماری معنی دار نداشت ($p > 0.05$)، اما با اندازه گیری مقدار نیتریت، نیترات، میزان قلیائیت، کدورت و مواد جامد

۴/۰۹±۰/۷۰ گرم انتخاب و به شکل تصادفی در ۱۲ مخزن فایبرگلاس با حجم آبگیری ۳۲ لیتر منتقل شدند. در طول دوره پرورش، غذادهی به بچه ماهیان روزانه ۴ مرتبه در روز در ساعات ۹، ۱۱، ۱۴ و ۱۷ به میزان ۵ درصد وزن بدن با غذای تجاری کوپنز با ترکیبات تقریبی ۵۰ درصد پروتئین خام، ۱۲ درصد چربی خام، ۹ درصد خاکستر و ۱/۲ درصد فیبر خام ساخت کشور هلند به مدت ۴۰ روز انجام شد. براساس مقدار غذای داده شده (ازت) و میزان ملاس چغندر قند (کربن) به شکل روزانه محاسبه و به آب مخازن اضافه می شد.

طرح آزمایش: تحقیق حاضر در قالب طرح کاملاً تصادفی با یک گروه شاهد و چهار تیمار آزمایشی، هریک با سه تکرار انجام شد. تیمارهای مورد استفاده شامل: گروه شاهد شامل در سیستم فلاکدار بدون تلقیح هرگونه ماده افزودنی، تیمارهای آزمایشی T1 و T2 به ترتیب شامل تلقیح ۰/۱ و ۰/۲ میلی گرم پریبیوتیک ای مکس اولترای پودری پس از سوسپانسیون سازی به ۱۰۰ میلی لیتر از آب مخازن پرورشی، تیمارهای آزمایشی T3 و T4 به ترتیب شامل تلقیح ۰/۱ و ۰/۲ میلی لیتر پریبیوتیک سلماناکس مایع پس از سوسپانسیون سازی به ۱۰۰ میلی لیتر از آب مخازن پرورشی

سنجش پیراسنجه های کیفی آب: پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب در ابتدا و انتهای دوره آزمایش مورد سنجش قرار گرفت. اندازه گیری میزان شوری، دما، اکسیژن محلول و TDS با دستگاه پرتابل کیفیت سنج آب ساخت شرکت Hach مدل D40 ساخت کشور آمریکا، میزان pH با استفاده از پی اچ متر مدل ۸۲۷ متروم ساخت کشور سوئیس انجام شد. قلیائیت، آمونیاک، نیتریت و نیترات نیز بر اساس استانداردهای آزمایشگاه (APHA, ۱۹۹۸) اندازه گیری شد.

اندازه گیری پارامترهای رشد: به منظور محاسبه و مقایسه شاخص های رشد زیست سنجی بچه ماهیان در ابتدا و انتهای دوره آزمایش انجام شد. وزن بچه ماهیان با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم و طول بچه ماهیان با تخته زیست سنجی اندازه گیری شد. بر اساس داده های به دست آمده فاکتورهای زیر مورد محاسبه قرار گرفت: نرخ رشد ویژه (Hevory و همکاران, ۲۰۰۵)
 [زمان / (لگاریتم طبیعی میانگین وزن اولیه به گرم - لگاریتم طبیعی میانگین وزن نهایی به گرم)] × ۱۰۰

= شاخص وضعیت (Lim و همکاران, ۲۰۰۰)
 ((میانگین طول انتهای دوره به سانتی متر) / میانگین وزن انتهای دوره به گرم) × ۱۰۰

= سرعت رشد وزنی (درصد)
 ((میانگین وزن اولیه+ میانگین وزن نهایی)× زمان / میانگین وزن اولیه - میانگین وزن نهایی) × ۱۰۰

محلول در آب اختلاف آماری معنی داری بین تیمارهای آزمایشی مشاهده شد ($P < 0.05$). بیشترین مقدار نیتريت در تیمار T3 (0.36 ± 0.05) و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد (0.09 ± 0.01) اندازه گیری شد. کمترین و بیشترین مقدار نیترات نیز به ترتیب در تیمارهای T4 (3.6 ± 0.35) و تیمار T1 (5.78 ± 0.1) به ثبت رسید. بیشترین میزان قلیائیت مربوط به تیمار T4 و کمترین مقدار آن مربوط به تیمارهای شاهد و تیمار T2 بود. بیشترین میزان کدورت در تیمار T4 (45.01 ± 0.95) و کمترین میزان آن در تیمار شاهد به دست آمد. کمترین میزان مواد جامد محلول (486.5 ± 1.5) و بیشترین مقدار این شاخص (506.5 ± 3.5) به ترتیب در تیمارهای T1 و T3 اندازه گیری شد.

پارامترهای رشد: بررسی پارامترهای رشد بچه ماهیان کپور معمولی در پایان دوره آزمایش نشان داد که میزان وزن نهایی، طول نهایی، نرخ رشد ویژه، شاخص وضعیت، سرعت رشد طولی و سرعت رشد وزنی بچه ماهیان در تیمارهای اغذیه کرده از سیستم بیوفلاک دارای اختلاف معنی داری در مقایسه با گروه شاهد بود ($P < 0.05$). بر اساس نتایج ارائه شده بیشترین و کمترین مقدار وزن نهایی و طول نهایی به ترتیب در تیمار T2 (10.99 ± 0.74 گرم و 9.51 ± 0.21 سانتی متر) و تیمار شاهد (8.68 ± 0.62 گرم و 8.21 ± 0.10 سانتی متر) مشاهده شد. بیشترین میزان نرخ رشد ویژه در تیمار T4 (2.61 ± 0.13) و حداقل مقدار آن در تیمار شاهد (1.98 ± 0.14) اندازه گیری شد. بالاترین مقدار شاخص وضعیت در تیمار T3 (1.0 ± 0.02) و کمترین مقدار آن در تیمار T2 (1.0 ± 0.03) به دست آمد. کمترین سرعت رشد وزنی (1.83 ± 0.12 گرم) و سرعت رشد طولی ($3.0 \pm 0.36/35$ درصد) در تیمار شاهد ثبت شد، اما بیشترین سرعت رشد وزنی در تیمار T4 ($2.0 \pm 0.36/0.9$) و بیشترین سرعت رشد طولی در تیمار T2 (0.99 ± 0.05) درصد) اندازه گیری شد (جدول ۳).

پارامترهای تغذیه ای: تلقیح پریبوتیک های سلماناکس مایع و ای مکس اولترا به سیستم بیوفلاک در تیمارهای مختلف نشان داد که

تیمار T4 دارای کمترین ضریب تبدیل غذایی (1.83 ± 0.13) و تیمار شاهد دارای بیشترین ضریب تبدیل غذایی (2.60 ± 0.19) بود ($P < 0.05$). همچنین تفاوت آماری معنی داری بین تیمارهای آزمایشی از نظر نرخ کارایی غذا، نسبت کارایی پروتئین، نسبت کارایی چربی، ارزش تولید پروتئین و ارزش تولید چربی مشاهده شد ($P < 0.05$). کمترین نرخ کارایی غذا (48.31 ± 4.15) و نسبت کارایی پروتئین (1.86 ± 0.11) در تیمار شاهد و بیشترین مقدار نرخ کارایی غذا (70.41 ± 4.94) و نسبت کارایی پروتئین (2.35 ± 0.12) در تیمار T4 به ثبت رسید. بیشترین مقدار نسبت کارایی چربی نیز بشکل برابر در تیمارهای T2 و T4 (9.80 ± 0.66) و کمترین مقدار این شاخص در تیمار شاهد (7.74 ± 0.46) مشاهده شد. ارزش تولید پروتئین در تیمار T4 (0.32 ± 0.02) به شکل معنی داری در مقایسه با سایر تیمارهای آزمایشی بالاتر بود ($P < 0.05$)، اما بین سایر تیمارهای آزمایشی در مقایسه با گروه شاهد اختلاف آماری معنی داری وجود نداشت ($P > 0.05$). بیشترین ارزش تولید چربی در تیمار شاهد ($16.3 \pm 2.8/0.8$) و کمترین مقدار آن در تیمار T2 (14.19 ± 1.91) اندازه گیری شد (جدول ۴).

ترکیبات شیمیایی لاشه: بررسی ترکیبات شیمیایی لاشه بچه ماهیان کپور معمولی در تیمارهای تغذیه کرده از سیستم بیوفلاک در تلقیح با سطوح مختلف دو پریبوتیک ایمکس اولترا و سلماناکس مایع اختلاف آماری معنی داری بین تیمارهای آزمایشی نشان داد ($P < 0.05$). براساس نتایج به دست آمده بیشترین مقدار پروتئین خام (66.61 ± 0.25 درصد)، چربی خام (17.89 ± 0.37 درصد) و ماده خشک (27.27 ± 0.71 درصد) لاشه و کمترین درصد رطوبت (72.0 ± 72.71 درصد) و انرژی خام لاشه ($44 \pm 40.55/0.2$ کیلوکالری بر گرم) در تیمار T4 اندازه گیری شد (جدول ۵). کمترین درصد پروتئین خام، چربی خام و ماده خشک در تیمار شاهد ثبت شد. بالاترین درصد رطوبت در تیمار T3 و بیشترین مقدار انرژی خام لاشه در تیمار شاهد اندازه گیری شد.

جدول ۱: تغییرات پارامترهای کیفی آب در ابتدای دوره آزمایش (انحراف معیار $\pm$ میانگین)

پارامتر	تیمار	شاهد	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
آمونیاک (میلی گرم/لیتر)	۰/۴۵ ± ۰/۰۱ ^b	۰/۷۵ ± ۰/۰۴ ^a	۰/۳۶ ± ۰/۰۳ ^c	۰/۶۸ ± ۰/۰۳ ^a	۰/۶۵ ± ۰/۰۲ ^a	
نیتريت (میلی گرم/لیتر)	۰/۲۷ ± ۰/۰۸ ^{bc}	۰/۱۰ ± ۰/۰ ^d	۰/۴ ± ۰/۰۴ ^{ab}	۰/۴۹ ± ۰/۰۷ ^a	۰/۲۷ ± ۰/۰ ^c	
نیترات (میلی گرم/لیتر)	۴/۷۱ ± ۰/۱ ^a	۴/۰۴ ± ۰/۰۱ ^b	۱/۲ ± ۰/۰۸ ^d	۳/۳۴ ± ۰/۲۴ ^c	۳/۶۷ ± ۰/۳۳ ^c	
قلیائیت (میلی گرم بر لیتر کلسیم کربنات)	۳۵/۰ ± ۲۵/۰ ^b	۳۸۳/۵ ± ۱/۵ ^a	۳۳۸/۵ ± ۱۳/۵ ^b	۳۶۱/۵ ± ۱۳/۵ ^{ab}	۳۶۴/۰ ± ۶/۰ ^{ab}	
اکسیژن محلول (میلی گرم/لیتر)	۲۳۲/۵ ± ۱۲/۵	۲۷۱/۵ ± ۱/۵	۱۸۳/۵ ± ۸/۵	۲۳۸/۵ ± ۳/۵	۲۵۷/۵ ± ۷/۵	
کدورت (NTU)	۳۴/۳۵ ± ۰/۸۵ ^c	۳۹/۳ ± ۰/۸ ^b	۴۰/۸۵ ± ۰/۱۵ ^b	۶۰/۳۵ ± ۱/۹۵ ^a	۳۵/۷۵ ± ۰/۹۵ ^c	
مواد محلول کل (میلی لیتر/لیتر)	۵۴۲/۵ ± ۶/۵ ^e	۷۳۴/۰ ± ۲/۰ ^d	۷۴۶/۰ ± ۳/۰ ^c	۸۳۸/۰ ± ۷/۰ ^a	۷۹۹/۵ ± ۲/۵ ^b	

* در هر ردیف حروف لاتین غیرمشترک نشان دهنده اختلاف معنی دار می باشد ($P < 0.05$).



جدول ۲: تغییرات پارامترهای کیفی آب در انتهای دوره آزمایش (انحراف معیار $\pm$ میانگین)

پارامتر	تیمار	شاهد	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
آمونیاک (میلی گرم/لیتر)	۰/۰۱۸ $\pm$ ۰/۰۰۱	۰/۰۱۸ $\pm$ ۰/۰۰۰۵	۰/۰۱۸ $\pm$ ۰/۰۰۰۵	۰/۰۱۷ $\pm$ ۰/۰۰۱	۰/۰۱۷ $\pm$ ۰/۰۰۰۵	۰/۰۱۸ $\pm$ ۰/۰۰۰۵
نیتريت (میلی گرم/لیتر)	۰/۰۹ $\pm$ ۰/۰۵ ^b	۰/۳۲ $\pm$ ۰/۰۲ ^a	۰/۳۲ $\pm$ ۰/۰۲ ^a	۰/۲۹ $\pm$ ۰/۰۴ ^a	۰/۳۶ $\pm$ ۰/۰۵ ^a	۰/۳۴ $\pm$ ۰/۰۵ ^a
نیترات (میلی گرم/لیتر)	۵/۷۶ $\pm$ ۰/۰۱ ^a	۵/۷۸ $\pm$ ۰/۰۱ ^a	۵/۷۸ $\pm$ ۰/۰۱ ^a	۵/۴۶ $\pm$ ۰/۳۸ ^a	۴/۸۷ $\pm$ ۰/۳۲ ^b	۳/۶ $\pm$ ۰/۳۵ ^c
قلیائیت (میلی گرم بر لیتر کلسیم کربنات)	۲۳۲/۵ $\pm$ ۱۲/۵ ^b	۲۷۱/۵ $\pm$ ۱/۵ ^a	۲۷۱/۵ $\pm$ ۱/۵ ^a	۱۸۳/۵ $\pm$ ۸/۵ ^c	۲۳۸/۵ $\pm$ ۳/۵ ^b	۲۵۷/۵ $\pm$ ۷/۵ ^a
اکسیژن محلول (میلی گرم/لیتر)	۲۳۲/۵ $\pm$ ۱۲/۵	۲۷۱/۵ $\pm$ ۱/۵	۲۷۱/۵ $\pm$ ۱/۵	۱۸۳/۵ $\pm$ ۸/۵	۲۳۸/۵ $\pm$ ۳/۵	۲۵۷/۵ $\pm$ ۷/۵
کدورت (NTU)	۱۰/۱ $\pm$ ۰/۴ ^c	۴۵/۴۵ $\pm$ ۰/۸۵ ^a	۴۵/۴۵ $\pm$ ۰/۸۵ ^a	۳۷/۳ $\pm$ ۰/۹ ^b	۴۳/۵ $\pm$ ۲/۲ ^a	۴۵/۰۱ $\pm$ ۰/۹۵ ^a
مواد محلول کل (میلی لیتر/لیتر)	۴۶۵/۵ $\pm$ ۶/۵ ^d	۴۸۶/۵ $\pm$ ۱/۵ ^c	۴۸۶/۵ $\pm$ ۱/۵ ^c	۴۹۹/۰ $\pm$ ۱/۰ ^b	۵۰۶/۵ $\pm$ ۳/۵ ^a	۴۹۹/۰ $\pm$ ۱/۰ ^b

* در هر ردیف حروف لاتین غیرمشترک نشان دهنده اختلاف معنی دار می باشد ($P < ۰/۰۵$).جدول ۳: مقایسه میزان رشد بچه ماهی کپور معمولی (انحراف معیار $\pm$ میانگین)

پارامتر	تیمار	شاهد	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
وزن نهایی (گرم)	۸/۶۸ $\pm$ ۰/۶۲ ^b	۸/۶۸ $\pm$ ۰/۶۲ ^b	۱۰/۶۲ $\pm$ ۰/۶۸ ^a	۱۰/۹۹ $\pm$ ۰/۷۴ ^a	۱۰/۸۷ $\pm$ ۰/۷۶ ^a	۱۰/۹۸ $\pm$ ۰/۶۸ ^a
طول نهایی (سانتی متر)	۸/۲۱ $\pm$ ۰/۱۰ ^c	۸/۲۱ $\pm$ ۰/۱۰ ^c	۹/۰۲ $\pm$ ۰/۲۲ ^{ab}	۹/۵۱ $\pm$ ۰/۲۱ ^a	۸/۷۴ $\pm$ ۰/۲۱ ^{bc}	۸/۷۷ $\pm$ ۰/۱۹ ^{bc}
نرخ رشد ویژه (درصد/روز)	۱/۹۸ $\pm$ ۰/۱۴ ^b	۱/۹۸ $\pm$ ۰/۱۴ ^b	۲/۴۴ $\pm$ ۰/۱۷ ^a	۲/۵۲ $\pm$ ۰/۱۷ ^a	۲/۵ $\pm$ ۰/۱۷ ^a	۲/۶۱ $\pm$ ۰/۱۳ ^a
ضریب چاقی	۱/۵۱ $\pm$ ۰/۰۲ ^b	۱/۵۱ $\pm$ ۰/۰۲ ^b	۱/۴۱ $\pm$ ۰/۰۵ ^c	۱/۲۲ $\pm$ ۰/۰۳ ^d	۱/۶۶ $\pm$ ۰/۰۲ ^{ab}	۱/۶۱ $\pm$ ۰/۰۴ ^a
سرعت رشد وزنی	۱/۸۳ $\pm$ ۰/۱۲ ^b	۱/۸۳ $\pm$ ۰/۱۲ ^b	۲/۲۰ $\pm$ ۰/۱۴ ^a	۲/۲۶ $\pm$ ۰/۱۳ ^a	۲/۲۴ $\pm$ ۰/۱۳ ^a	۲/۳۶ $\pm$ ۰/۰۹ ^a
سرعت رشد طولی	۰/۶۴ $\pm$ ۰/۰۶ ^c	۰/۶۴ $\pm$ ۰/۰۶ ^c	۰/۸۶ $\pm$ ۰/۰۶ ^{ab}	۰/۹۹ $\pm$ ۰/۰۵ ^a	۰/۷۸ $\pm$ ۰/۰۶ ^{bc}	۰/۸۰ $\pm$ ۰/۰۵ ^b

* در هر ردیف حروف لاتین غیرمشترک نشان دهنده اختلاف معنی دار می باشد ($P < ۰/۰۵$).جدول ۴: مقایسه شاخص های تغذیه ای بچه ماهی کپور معمولی (انحراف معیار $\pm$ میانگین)

پارامتر	تیمار	شاهد	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
ضریب تبدیل غذایی	۲/۶۰ $\pm$ ۰/۱۹ ^a	۲/۶۰ $\pm$ ۰/۱۹ ^a	۱/۹۵ $\pm$ ۰/۱۷ ^b	۲/۰۰ $\pm$ ۰/۱۷ ^b	۲/۰۵ $\pm$ ۰/۱۷ ^b	۱/۸۳ $\pm$ ۰/۱۳ ^b
کارایی تبدیل غذا (درصد)	۴۸/۳۱ $\pm$ ۴/۱۵ ^b	۴۸/۳۱ $\pm$ ۴/۱۵ ^b	۶۲/۲۵ $\pm$ ۴/۱۳ ^a	۶۲/۳۴ $\pm$ ۴/۴۱ ^a	۶۰/۱۶ $\pm$ ۴/۳۶ ^a	۶۲/۵۷ $\pm$ ۳/۷۷ ^a
نسبت کارایی پروتئین	۱/۸۶ $\pm$ ۰/۱۱ ^b	۱/۸۶ $\pm$ ۰/۱۱ ^b	۲/۲۵ $\pm$ ۰/۱۳ ^a	۲/۳۵ $\pm$ ۰/۱۶ ^a	۲/۳۳ $\pm$ ۰/۱۶ ^a	۲/۳۵ $\pm$ ۰/۱۳ ^a
نسبت کارایی چربی	۷/۷۴ $\pm$ ۰/۴۶ ^b	۷/۷۴ $\pm$ ۰/۴۶ ^b	۹/۳۹ $\pm$ ۰/۵۸ ^a	۹/۸۰ $\pm$ ۰/۶۶ ^a	۹/۷۰ $\pm$ ۰/۶۷ ^a	۹/۸۰ $\pm$ ۰/۵۳ ^a
ارزش تولید پروتئین	۰/۲۱ $\pm$ ۰/۰۱ ^b	۰/۲۱ $\pm$ ۰/۰۱ ^b	۰/۱۷ $\pm$ ۰/۰۱ ^b	۰/۲۱ $\pm$ ۰/۰۱ ^b	۰/۱۷ $\pm$ ۰/۰۱ ^b	۰/۳۲ $\pm$ ۰/۰۳ ^a
ارزش تولید چربی	۱۶/۲۸ $\pm$ ۳/۰۸ ^a	۱۶/۲۸ $\pm$ ۳/۰۸ ^a	۸/۲۲ $\pm$ ۲/۵۱ ^{ab}	۱۴/۱۹ $\pm$ ۱/۹۱ ^b	۸/۶۳ $\pm$ ۳/۶۲ ^{ab}	۱۰/۵۸ $\pm$ ۳/۸۷ ^{ab}

* در هر ردیف حروف لاتین غیرمشترک نشان دهنده اختلاف معنی دار می باشد ($P < ۰/۰۵$).جدول ۵: مقایسه ترکیبات شیمیایی لاشه بچه ماهی کپور معمولی (انحراف معیار $\pm$ میانگین)

پارامتر	تیمار	شاهد	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
ماده خشک (درصد)	۲۶/۰ $\pm$ ۷۶/۲۰ ^a	۲۶/۰ $\pm$ ۷۶/۲۰ ^a	۱۹/۰ $\pm$ ۴۷/۴۸ ^{bc}	۲۰/۰ $\pm$ ۳۵/۳۷ ^b	۱۸/۰ $\pm$ ۸۰/۵۹ ^c	۲۷/۰ $\pm$ ۲۷/۷۱ ^a
رطوبت (درصد)	۷۳/۰ $\pm$ ۲۴/۲۰ ^c	۷۳/۰ $\pm$ ۲۴/۲۰ ^c	۸۰/۰ $\pm$ ۵۳/۴۸ ^{ab}	۷۹/۰ $\pm$ ۶۵/۳۷ ^b	۸۱/۰ $\pm$ ۱۹/۵۹ ^a	۷۲/۰ $\pm$ ۷۲/۷۱ ^c
پروتئین خام (درصد)	۶۳/۰ $\pm$ ۳۹/۳۶ ^b	۶۳/۰ $\pm$ ۳۹/۳۶ ^b	۶۴/۰ $\pm$ ۱۹/۸۸ ^b	۶۵/۰ $\pm$ ۸۷/۴۹ ^a	۶۴/۰ $\pm$ ۳۰/۶۵ ^b	۶۶/۰ $\pm$ ۶۱/۲۵ ^a
چربی خام (درصد)	۲۷/۰ $\pm$ ۷۰/۴۲ ^a	۲۷/۰ $\pm$ ۷۰/۴۲ ^a	۲۴/۰ $\pm$ ۹۲/۷۲ ^b	۱۸/۰ $\pm$ ۹۸/۳۹ ^c	۲۴/۱ $\pm$ ۴۳/۱۳ ^b	۱۷/۰ $\pm$ ۹۰/۶۳ ^c
انرژی خام (کالری/گرم)	۶۲۷۹/۹۷ $\pm$ ۴۲/۵۰ ^a	۶۲۷۹/۹۷ $\pm$ ۴۲/۵۰ ^a	۵۶۵۲/۱۶۳ $\pm$ ۸۹/۷۲ ^b	۴۳۰۲/۸۷ $\pm$ ۸۹/۷۱ ^c	۵۵۳۸/۲۵۵ $\pm$ ۲۲/۸۶ ^b	۴۰۵۵/۴۴ $\pm$ ۸۲/۰۲ ^c

* در هر ردیف حروف لاتین غیرمشترک نشان دهنده اختلاف معنی دار می باشد ($P < ۰/۰۵$).

بحث

شدت فرآیند تبدیل نیتروژن آمونیاکی به نیترات مورد استفاده توسط باکتری‌ها در سیستم بیوفلاک در شرایط مختلف به صورت متفاوتی بروز می‌نماید، ولی آن‌چه مسلم است این است که در اکثر سیستم‌های بیوفلاک، این فرآیند صوت پذیرفته و نتایج آن در کاهش آمونیاک و مواردی نظیر افزایش تولید و عملکرد پرورشی در مقایسه با سیستم آب تمیز کاملاً مشهود است. در تحقیق حاضر هرچند مقایسه آماری بین میزان آمونیاک، نیتريت و نیترات که از مهم‌ترین ترکیبات مورد مباحثه در سیستم بیوفلاک می‌باشند، در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری صورت نگرفته و موردنظر نیز نبوده است، با این حال در سیستم بیوفلاک بدون تلقیح پربیوتیک و در تیمارهای تلقیحی به سیستم بیوفلاک مورد پرورش بچه‌ماهیان کپور این روند نزولی در نمونه‌های روز دهم و چهلم پرورش کاملاً مشهود بود که نشان از عملکرد باکتری‌ها در این سیستم پرورشی دارد. در تحقیق حاضر، آمونیاک کل در بین تیمارهای آزمایشی تفاوت آماری معنی‌داری در روز ۱۰ام آزمایش داشت. کم‌ترین میزان آمونیاک در تیمار T2 مشاهده گردید. در مطالعات مختلف عموماً بررسی‌ها تغییرات عوامل کیفی آب در سیستم بیوفلاک در روزهای پایانی آزمایش بوده است. در خصوص نتایج به‌دست‌آمده شاید بتوان اظهار داشت که یکی از دلایل مشاهده نتایج مختلف در خصوص تغییرات روند تبدیل آمونیاک به نیترات و نیتريت، نوع شرایط پرورشی نظیر دما، نور و همچنین مدت‌زمان اجرای سیستم بیوفلاک باشد که بر عملکرد این سیستم تأثیر فراوانی دارد (Leonard و همکاران، ۲۰۰۰). یقیناً همین شرایط نیز با شدت و ضعف متفاوتی در عملکرد پارامترهای کیفی دیگر آب نظیر قلیانیت، کدورت و مواد محلول کل نیز وجود دارد.

در این تحقیق مقادیر اکسیژن محلول در بین تیمارهای آزمایشی و گروه شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان نداد ($p < 0.05$). هم‌سوی با این نتایج Long و همکاران (۲۰۱۵) اختلاف معنی‌داری در میزان اکسیژن محلول بیوفلاکی بین تیمارهای مختلف آزمایشی مشاهده نکردند. Kim و همکاران (۲۰۱۴) و Emerenciano و همکاران (۲۰۱۲) به نتایجی مشابه با نتایج حاضر دست یافتند. از آنجائی که حیوانات آبی مانند ماهی و میگو نیاز زیادی به پروتئین در غذایشان دارند و به‌خاطر این‌که تولید انرژی در بدن آن‌ها از طریق اکسیداسیون و کاتابولیسم پروتئین‌ها انجام می‌گیرد (Hepher، ۱۹۹۸)، سطح بالای پروتئین غذا باعث افزایش غلظت نیتروژن آمونیاکی و نیتريت در آب می‌شود (Magondu و همکاران، ۲۰۱۳). به‌طور کلی، وقتی مقدار نیتروژن آمونیاکی کل و نیتريت در سیستم

آبی‌پروری به‌ترتیب از ۰/۱ و ۵ میلی‌گرم در لیتر بالاتر رود برای موجودات آبی‌پرورشی مضر خواهد بود (Qiao و همکاران، ۲۰۰۶). نیترات نیز برای موجودات آبی‌پروری در غلظت بیش از ۶۰ میلی‌گرم در لیتر و در معرض طولانی‌مدت، مضر است. در نتیجه، نیتروژن آمونیاکی کل و نیتريت نسبت به نیترات برای حیوانات آبی‌پرورشی خطرناک‌تر هستند (Miranda-Filho و همکاران، ۲۰۰۹).

نتایج مطالعات Wang و همکاران (۲۰۱۵) روی سیستم پرورش ماهی کاراس (*Carassius auratus*) نیز نشان داد که سیستم بیوفلاک به‌طور معنی‌داری نیتروژن آمونیاکی را بعد از ۱۴ روز، نیتريت و نیترات را بعد از ۷ روز کاهش می‌دهد (Wang و همکاران، ۲۰۱۵). در مطالعه Long و همکاران (۲۰۱۵)، غلظت آمونیاک کل در تیمار بیوفلاک از هفته اول تا پایان دوره آزمایش ثابت باقی ماند. طی ۸ هفته آزمایش، تبادل آبی در تیمار بیوفلاک انجام نشد. نتایج مذکور با نتایج آزمایش حال حاضر مطابقت دارد. تجمع نیتريت و نیترات در هفته‌های اول ممکن است به‌خاطر فرایندهای نیتریفیکاسیون اتفاق افتد که معمولاً در سیستم بیوفلاک وجود دارند (Xu و همکاران، ۲۰۱۴؛ Zhao و همکاران، ۲۰۱۳؛ Widanarni و همکاران، ۲۰۱۲؛ Azim و Little، ۲۰۰۸). میکروارگانیسم‌های هتروتروفیک قادرند نیتروژن آمونیاکی و نیترات را برای اهداف رشد و تکثیر (Ekasari و همکاران، ۲۰۱۴) و تا حدودی نیز مقدار بالای کربن آلی را مصرف نمایند، بنابراین، مقدار زیاد باکتری‌های هتروتروفیک به‌واسطه افزایش نسبت کربن به نیتروژن فراهم می‌گردد که قادر به جذب حداکثری نیتروژن آمونیاکی در سیستم آبی‌پروری هستند که مقدار بیوفلاک را نیز افزایش می‌دهد (Verstraete و De Schryver، ۲۰۰۹).

جیره‌های غذایی مکمل‌سازی شده با سیستم بیوفلاک می‌تواند باعث رشد ماهی و میگوهای پرورشی گردد (Anand و همکاران، ۲۰۱۴). این نتیجه‌گیری در یافته‌های Long و همکاران (۲۰۱۵) نیز به اثبات رسیده است. بیوفلاک می‌تواند تا بیش از ۳۰ درصد پروتئین خام و حدوداً ۲ درصد چربی در ترکیب خود داشته باشد (Prabu و همکاران، ۲۰۱۷). با توجه به رژیم غذایی همه‌چیزخواری ماهی کپور معمولی استفاده از بیوفلاک به‌عنوان یک منبع غذایی می‌تواند تا ۵۰ درصد از پروتئین موردنیاز این گونه را تأمین نماید (Prabu و همکاران، ۲۰۱۷). نتایج مطالعه حاضر نیز نشان داد که استفاده از سیستم بیوفلاک در تیمارهای مکمل‌سازی شده با پربیوتیک‌های ایمکس اولترا و سلماناکس مایع به‌خصوص در تیمار حاوی ۰/۲ میلی‌لیتر پربیوتیک سلماناکس مایع در هر لیتر از آب سیستم بیوفلاک باعث بهبود پارامترهای رشد و کارایی تغذیه بچه‌ماهیان کپور معمولی می‌گردد. هم‌سو با این نتایج Irshad Ahmad و همکاران (۲۰۱۶) این‌چنین گزارش دادند که ماهیان تمام تیمارهای پرورش‌یافته در



سیستم بیوفلاک به طور معنی داری وزن نهایی بالاتری در مقایسه با تیمار شاهد بودند. افزایش عملکرد رشد و کارایی تغذیه در ماهیان پرورشی با سیستم بیوفلاک در مطالعات مختلفی گزارش شده است (Zhang و Sontakke، ۲۰۱۸؛ Haridas و همکاران، ۲۰۱۷؛ Luo و همکاران، ۲۰۱۶؛ Little و Azim، ۲۰۰۸). مهم ترین دستاورد استفاده از سیستم بیوفلاک را می توان صرفه جویی در مصرف آب و غذا در آبی پروری دانست لذا به علت محدودیت های منابع آب و غذا، بالا بردن بازده تولید آبزیان از طریق کاهش مصرف آب و غذا امری بسیار مهم تلقی می گردد. بخشی و همکاران (۱۳۹۲)، با استفاده از بیوفلاک در پرورش کپور معمولی بیان کردند که مصرف غذا حدود ۵۰ درصد و مصرف آب حدود ۹۹ درصد کاهش می یابد و میزان تعویض آب روزانه را حداقل ۱ درصد گزارش کردند. در مطالعه Mahanand و همکاران (۲۰۱۳) نیز گزارش شد که استفاده از بیوفلاک، مقدار مصرف آب را کاهش می دهد. آن ها هم چنین نشان دادند که برای تولید هر کیلوگرم ماهی به طور متوسط در تیمار شاهد و بیوفلاک به ترتیب ۳۴۵ و ۲۰۸ لیتر در کیلوگرم آب تازه نیاز است. نتایج این مطالعه نیز نشان داد که بیوفلاک نقش مهمی در کاهش میزان مصرف آب در سیستم آبی پروری بازی می کند به طوری که مقدار مصرف آب، کاهش حدود ۵۰ درصدی را در تیمارهای بیوفلاک نسبت به تیمار شاهد داشت. هم سو با نتایج حاضر، Ates و Atar (۲۰۰۹) در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، Gultepe و همکاران (۲۰۱۰) در ماهی سم دریایی (*Sparus aurata*) و Lashkarbolouki و همکاران (۲۰۱۲) در تاس ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*)، افزایش معنی داری را از نظر پارامترهای تغذیه ای با پریبیوتیک های مختلف در مقایسه با تیمار شاهد مشاهده کردند.

به نظر می رسد پریبیوتیک های مورد استفاده در تحقیق حاضر از طریق تغییر در ویژگی های مورفولوژیکی روده مانند افزایش ارتفاع میکروویلی ها و هم چنین اصلاح جمعیت میکروبی دستگاه گوارش می توانند کارایی روده را افزایش داده و بهبود جذب مواد مغذی و ارتقای پارامترهای رشد را به همراه داشته باشند (Dimitroglou و همکاران، ۲۰۱۰). وجود اثرات مثبت این نوع پریبیوتیک ها بر پارامترهای رشد ماهی کپور معمولی در این آزمایش ممکن است به دلیل نوع ترکیب تشکیل دهنده این مواد نیز باشد. به عنوان مثال مانان الیگوساکارید موجود در ساختار این پریبیوتیک ها، منبع تغذیه ای مناسبی برای رشد و فعالیت باکتری های فلور دستگاه گوارش نظیر باکتری های اسیدلاکتیک، لاکتوباسیلوس ها و بیفیدوباکترها است (Ringo و Vadestini، ۱۹۹۸) و تخمیر آن در روده منجر به از بین رفتن باکتری های مضر و در نتیجه تولید باکتری های مفید مانند

باکتری های اسیدلاکتیک می گردد که ترکیباتی همانند باکتریوسین ها را تولید می کنند و بدین طریق از رشد میکروارگانیسم های دیگر در روده جلوگیری می نمایند (Akrami و همکاران، ۲۰۰۹). هم چنین فروکتوالیگوساکارید و اینولین موجود در ساختار پریبیوتیک های ای مکس اولترا و سلماناکس مایع نیز جزء پریبیوتیک های شناخته شده ای هستند که به صورت گزینشی توسط باکتری های مفید روده ای مانند بیفیدوباکترها و لاکتوباسیلوس ها تخمیر شده و سبب رشد این باکتری های مفید در روده می گردند و تأثیر فراوانی در هضم و جذب غذای خورده شده توسط میزبان ایجاد می کنند که در نهایت منجر به ارتقای عملکرد رشد می گردد (Gibson، ۱۹۹۸).

در این تحقیق جمعیت باکتریایی روده بچه ماهیان کپور و محیط آب سیستم پرورشی بیوفلاک تحت تأثیر تلقیح پریبیوتیک های ای مکس اولترا و سلماناکس شناسایی و تعیین نگردید، اما در صورت انجام می توانست بسیاری از یافته های این تحقیق را از لحاظ علمی توجیه نماید. افزایش جمعیت باکتری های نظیر لاکتوباسیلوس ها در دستگاه گوارش این ماهیان و ورود آن ها از طریق مدفوع به سیستم بیوفلاک پرورشی بچه ماهیان کپور، یکی از فرآیندهای قابل بررسی در جهت تأثیر گذاری پریبیوتیک های تلقیح شده به این سیستم های پرورشی در تیمارهای آزمایشی بوده است. مقایسه نتایج به دست آمده بین تیمارهای دریافت کننده پریبیوتیک به صورت تلقیح نشان داد که استفاده از این مواد باعث افزایش میزان پروتئین خام و کاهش میزان چربی خام در فیله بچه ماهیان کپور شد. احتمالاً افزایش و بهبود جمعیت لاکتوباسیلوس های پریبیوتیکی که در مسیر فرآیند تلقیح پریبیوتیک های مورد استفاده در سیستم بیوفلاک تشکیل گردیده اند، توانسته در برخی از تیمارهای آزمایشی نظیر تیمار تلقیحی ۰/۱ و ۰/۲ میلی لیتر از سلماناکس مایع موجب کاهش معنی دار میزان نیترات در آب سیستم پرورشی گردد که احتمالاً این نیترات در تولید پروتئین های مورد نیاز این باکتری ها که در تشکیل فلاک و تغذیه آن ها توسط ماهیان شده که در نتیجه موجب افزایش میزان پروتئین در ماهیان این تیمار گشته است. هر چند عدم تعیین جمعیت لاکتوباسیلوس ها در سیستم های بیوفلاک در این آزمایش مانع از توجیه علمی قطعی آن می گردد. Lashkarbolouki و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که به کارگیری این پریبیوتیک ها موجب افزایش سطح پروتئین خام لاشه گردید، اما در مطالعه جویباری و همکاران (۱۳۹۶) تأثیر سطوح مختلف پریبیوتیک ای مکس هیچ گونه تأثیر معنی داری بر ترکیبات شیمیایی لاشه بچه ماهیان کپور معمولی نداشت. اکرمی و همکاران (۱۳۹۲) نیز با بررسی تأثیر سطوح مختلف پریبیوتیک ای مکس شاهد افزایش معنی دار میزان پروتئین خام لاشه ماهی قزل آلا رنگین کمان در تیمار حاوی ۱/۵ گرم در هر کیلوگرم از پریبیوتیک مذکور بودند، اما میزان

پرورش متراکم ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*). مجله محیط زیست جانوری. دوره ۶، شماره ۳، صفحات ۴۵ تا ۵۲.

۴. **بیواره، م.ح. و جعفریان، ح.**، ۱۳۹۵. تعیین عملکرد پارامترهای رشد، بازماندگی و مقاومت در برابر استرس‌های محیطی در لاروهای کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) F1 تغذیه‌شده با سطوح مختلف مخمر *Saccharomyces cerevisiae*. مجله علوم تکثیر و آبی‌پروری. دوره ۴، شماره ۱۰، صفحات ۱۱ تا ۳۳.

۵. **بیواره، م.ر. و جعفریان، ح.**، ۱۳۹۷. تأثیر دو پربیوتیک تجاری ایمکس، سلماناکس مایع و مخلوط آن‌ها بهم در جیره غذایی بچه ماهیان نر کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) بر عملکرد رشد، کارایی تغذیه و میزان مقاومت در برابر استرس‌های محیطی. مجله توسعه آبی‌پروری. دوره ۱۲، شماره ۴، صفحات ۱ تا ۱۶.

۶. **جعفریان، س.؛ قاسم‌زاده، ج. و جعفریان، ح.**، ۱۳۹۵. بررسی تأثیر پروبیوتیک مولتی‌بسیل و پربیوتیک بهسام بر عملکردهای تغذیه، میزان انرژی اتلافی و نرخ ترشح آمونیاک و اوره در نوزادان ماهی آمور (*Ctenopharyngodon idell*). فصلنامه تغذیه و بیوشیمی آبزیان. دوره ۳، شماره ۱، صفحات ۱ تا ۱۵.

۷. **جوبباری، م.؛ قبادی، ش. و وطن‌دوست، ص.**، ۱۳۹۶. تأثیر سطوح مختل پربیوتیک A-Max بر شاخص‌های رشد، بازماندگی و ترکیبات لاشه در بچه‌ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*). مجله توسعه آبی‌پروری. دوره ۱۱، شماره ۱، صفحات ۶۳ تا ۷۵.

۸. **رنجدوست، م.؛ جعفریان، ح.؛ هرسیج، م. و قلی‌پورکنعانی، ح.**، ۱۳۹۶. اثر پربیوتیک سلماناکس بر پارامترهای خون بچه‌ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio* L. Linnaeus, ۱۷۵۸) در برابر تنش حمل‌ونقل. مجله محیط‌زیست جانوری. دوره ۹، شماره ۴، صفحات ۲۱۴ تا ۲۰۷.

۹. **رنجدوست، م.؛ جعفریان، ح.؛ هرسیج، م. و قلی‌پورکنعانی، ح.**، ۱۳۹۷. تأثیر پربیوتیک سلماناکس و پنج گونه از پربیوتیک‌های باسیلی بر کاهش استرس حمل و نقل کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) در شوری‌های مختلف. مجله علوم آبی‌پروری. دوره ۶، شماره ۹، صفحات ۳۹ تا ۵۰.

۱۰. **خانجانی، م.ح.؛ علیزاده، م.؛ سجادی، م.م. و سوری‌نژاد، ا.**، ۱۳۹۴. تأثیر منابع مختلف کربن بر کیفیت آب، عملکرد رشد و بقای میگوی سفید غربی (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931). مجله علمی شیلات ایران. دوره ۲۴، شماره ۳، صفحات ۷۷ تا ۹۱.

۱۱. **Akrami, R.; Karimabadi, K.; Mohammadzadeh, H. and Ahmadifar, E., 2009.** Effect of dietary mannanoligosaccharide on growth performance, survival, body composition and salinity stress resistance in Kutum (*Rutilus frisii kutum*) fry stage. Journal of Marine Science and Technology. Vol. 8, pp: 47-57.

چربی خام لاشه هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی نشان نداد. در مطالعه بخشی و همکاران (۱۳۹۲) تأثیر استفاده از فناوری بیوفلاک بر ترکیبات شیمیایی ماهی کپور معمولی مورد بررسی قرار گرفت. در تحقیق اشاره شده بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار پروتئین خام لاشه در تیمارهای آزمایشی مشاهده شد. هم‌چنین چربی خام موجود در بافت ماهیان تیمار شاهد به شکل غیر معنی‌داری کم‌تر از سایر تیمارها بود. میزان خاکستر لاشه نیز در ماهیان تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری کم‌تر از سایر تیمارهای آزمایشی گزارش شد (بخشی و همکاران، ۱۳۹۲). کمبود منابع و گزارشات علمی کم‌تری در خصوص تلقیح این پربیوتیک‌های تجاری به آب سیستم بیوفلاک آبزیان پرورشی از جمله بچه‌ماهی کپور معمولی سبب گردیده تا امکان مقایسه نتایج این تحقیق با دیگر نتایج دشوارتر باشد و به‌عبارت دیگر لازمه تحقیقات بیش‌تری در این خصوص را بیش از بیش نمایان می‌سازد تا در آینده بتوان ابعاد علمی گسترده‌تری از این مبحث را مورد بررسی قرار داد.

درمجموع، نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از سطوح مختلف پربیوتیک‌های ای‌مکس اولترا و سلماناکس مایع به شکل تلقیحی به سیستم آب پرورش بچه‌ماهی کپور معمولی در سیستم بیوفلاک، تأثیرات متفاوتی بر عملکرد رشد، پارامترهای تغذیه و ترکیبات شیمیایی لاشه این گونه داشت. انجام تحقیقات گسترده‌تر در خصوص به‌کارگیری این ترکیبات تجاری شاید بتواند در آینده در سیستم‌های پرورشی بیوفلاک ماهی کپور معمولی در مراحل اولیه و سایر مراحل پرورشی به‌عنوان یک راهبرد مؤثر در افزایش میزان تولید باشد.

منابع

۱. **اکرمی، ر.؛ چیت‌ساز، ح.؛ رزاقی منصور، م. و قاسم‌پور علمدار، ا.**، ۱۳۹۲. تأثیر پربیوتیک ای‌مکس بر شاخص‌های رشد، بازماندگی و ترکیب بدن قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). مجله علوم تکثیر و آبی‌پروری. شماره ۱، صفحات ۹ تا ۲۰.
۲. **ابری، م.؛ بیواره، م.و؛ رنجدوست، م.؛ جعفریان، س. و جعفریان، ح.**، ۱۳۹۶. بررسی اثرات سطوح مختلف پربیوتیک ای‌مکس اولترا (مخمر *Saccharomyces cerevisiae*) بر پارامترهای رشد، بقا، کارایی تغذیه و مقاومت در برابر استرس‌های محیطی در بچه ماهیان نر کپور معمولی (*Cyprinus carpio* Linnaeus, ۱۷۵۸). مجله بهره‌برداری و پرورش آبزیان. دوره ۷، شماره ۱، صفحات ۱۱ تا ۲۵.
۳. **بخشی، ف.؛ ملک‌زاده‌ویایه، ر. و حسین‌نجدگرمی، ا.**، ۱۳۹۲. بررسی بازدهی استفاده از سیستم تولید توده زیستی (Biofloc) در



- added value for aquaculture. *Aquaculture*. Vol. 277, pp: 125-137.
۲۵. Dimitroglou, A.; Merrifield, D.L.; Spring, P.; Sweetman, J.; Moate, R. and Davies, S.J., 2010. Effects of mannan oligosaccharide (MOS) supplementation on growth performance, feed utilization, intestinal histology and gut microbiota of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*. Vol. 300, pp: 182-188.
 ۲۶. Ekasari, J.; Angela, D.; Waluyo, S. H.; Bachtar, T.; Surawidjaja, E. H.; Bossier, P. and Schryver, P., 2014. The size of biofloc determines the nutritional composition and the nitrogen recovery by aquaculture animals. *Aquaculture*. Vol. 426-427, pp: 105-111.
 ۲۷. Emerenciano, M.; Ballester, E.L.C.; Cavalli, R.O. and Wasielesky, W., 2012. Biofloc technology application as a food source in a limited water exchange nursery system for pink shrimp *Farfantepenaeus brasiliensis* (Latreille, 1817). *Aquaculture Research*. Vol. 43, pp: 447-457.
 ۲۸. Emerenciano, M.; Gaxiola, G. and Cuzon, G., 2013. Biofloc Technology: A review for aquaculture application and animal food industry. Open access peer-reviewed chapter. Submitted: December 6th 2011 Reviewed: September 28th 2012. Published: 30th. pp: 301-328. (available in <http://dx.doi.org/10.5772/53902>).
 ۲۹. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture, Contributing to food security and nutrition for all. Rome. 191 p. Available at <http://www.fao.org>.
 ۳۰. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2012. Fisheries global information system. FAO Fisheries and Aquaculture Department, Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome.
 ۳۱. Gibson, G.R., 1998. Dietary modulation of the Human Gut Microflora using the prebiotics oligofructose and Inulin. Nutritional and Health Benefits of Inulin and Oligofructose conference, May 18-19, Bethesda. pp: 25-27.
 ۳۲. Gultepe, N.; Salnur, S.; Hossu, B. and Hisar, O., 2010. Dietary supplementation with Mannan oligosaccharides (MOS) from Bio-Mos enhances growth parameters and digestive capacity of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture Nutrition*. Vol. 17, pp: 482-487.
 ۳۳. Hargreaves, J.A., 1998. Nitrogen biogeochemistry of aquaculture ponds. *Aquaculture*. Vol. 66, No. 3-4, pp: 181-212.
 ۳۴. Haridas, H.; Verma, A.K.; Rathore, G.; Prakash, C.; Sawant, P.B. and Babitha Rani, A.M., 2017. Enhanced growth and immuno-physiological response of Genetically Improved Farmed Tilapia in indoor biofloc units at different stocking densities. *Aquaculture Research*. Vol. 48, pp: 4346-4355.
 ۳۵. Helland, S.J. Grisdale, B. and Nerland, S., 1996. A simple method for the measurement of daily feed intake of groups of fish in tanks. *Aquaculture*. Vol. 139, pp: 157-163.
 ۱۲. Anand, P.S.; Kohli, M.P.S.; Kumar, S.; Sundaray, J.K.; Roy, S.D.; Venkateshwarlu, G.; Sinha, A. and Pailan, G.H., 2014. Effect of dietary supplementation of biofloc on growth performance and digestive enzyme activities in *Penaeus monodon*. *Aquaculture*. Vol. 418-419, pp: 108-115.
 ۱۳. Anand, P.S.S.; Kumar, S.; Panigrahi, A.; Ghoshal, T.K.; Dayal, J.S.; Biswas, G.; Sundaray, J.K.; De, D.; Raja, R.A.; Deo, A.D.; Pillai, S.M. and Ravichandran, P., 2013. Effects of C: N ratio and substrate integration on periphyton biomass, microbial dynamics and growth of *Penaeus monodon* juveniles. *Aquaculture International*. Vol. 21, pp: 511-524.
 ۱۴. AOAC. 1990. In: Horwitz, W., (Ed). Official Methods of Analysis of Official Analytical Chemists (AOAC). Vol. 1, 15th ed. Assoc. Official Analytical Chemists. Washington DC. 1963 p.
 ۱۵. APHA. 1998. Standard Methods for the Examination of the Water and Wastewater, 22nd ed. American Public Health Association, Washington, DC.
 ۱۶. Asaduzzaman, M.; Wahab, M.A.; Verdegem, M.C.J.; Huque, S.; Salam, M.A. and Azim, M.E., 2008. C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. *Aquaculture*. Vol. 280, pp: 117-123.
 ۱۷. Atar, H.H. and Ates, M., 2009. The effects of commercial diet supplemented with mannan oligosaccharide (MOS) and vitamin B12 on the growth and body composition of the carp (*Cyprinus carpio* L. 1758). *Journal of Animal and Veterinary Advances*. Vol. 8, pp: 2251-2255.
 ۱۸. Avnimelech, Y., 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*. Vol. 176, No. 3, pp: 227-235.
 ۱۹. Avnimelech, Y., 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bioflocs technology ponds. *Aquaculture*. Vol. 264, No. 1, pp: 140-147.
 ۲۰. Avnimelech, Y., 2009. Biofloc technology a practical guide book. The world aquaculture society, Baton Rouge, Louisiana. (United States).
 ۲۱. Avnimelech, Y., 2012. Biofloc technology: a practical guide book, 2nd edition. The world aquaculture society, Baton Rouge, Louisiana, United States. 272 p.
 ۲۲. Azim, M.E. and 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*. Vol. 283, pp: 29-35.
 ۲۳. De Schryver, P. and Verstraete, W., 2009. Nitrogen removal from aquaculture pond water by heterotrophic nitrogen assimilation in lab-scale sequencing batch reactors. *Bioresource Technology*. Vol. 100, No. 3, pp: 1162-1167.
 ۲۴. De Schryver, P.; Crab, R.; Defoirdt, T.; Boon, N. and Verstraete, W., 2008. The basics of bio-flocs technology: the



۴۷. **Miranda-Filho, K.C.; Pinho, G.L.L. and Wasielesky, W.J., 2009.** Long-term ammonia toxicity to the pink-shrimp *Farfantepenaeus paulensis*. *Comp.Biochem. Comparative Biochemistry and Physiology, Part C: Toxicology & Pharmacology*. Vol. 150, No. 3, pp: 377-382.
۴۸. **Najdegerami, E.; Bakhshi, F. and Lakani, F.B., 2016.** Effects of biofloc growth performance, digestive enzyme activities and liver histology of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings in zero-water exchange system, *Fish Physiology and Biochemistry*. Vol. 42, No. 2, pp: 457-465.
۴۹. **Prabu, E.; Rajagopalsamy, C.B.T.; Ahilan, B.; Santhakumar, R. and Thangarani, A.J., 2017.** Influence of Biofloc meal and Lysine supplementation on the growth performances of GIFT tilapia. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. Vol. 5, No. 5, pp: 35-39
۵۰. **Qiao, S.F.; Liu, H.Y. and Qi, X.Y., 2006.** The accumulation and toxicity of ammonia nitrogen in aquaculture water. *Hebei Fish*. Vol. 1, pp: 20-22.
۵۱. **Ray, A.J.; Seaborn, G.; Leffler, J.W.; Wilde, S.B.; Lawson, A. and Browdy, C.L., 2010.** Characterization of microbial communities in minimal-exchange, intensive aquaculture systems and the effects of suspended solids management. *Aquaculture*. Vol. 310, pp: 130-138.
۵۲. **Ringo, E. and Gatesoupe, F.J., 1998.** Lactic Acid Bacteria in fish: a review. *Aquaculture*. Vol. 160, pp: 177-203.
۵۳. **Ringo, E. and Vandestin, O., 1998.** Colonization of *Vibrio* Pelagius and *Aeromonas caviae* in early developing turbot, *Scophthalmus maximus* (L.) larvae. *Journal of Applied Microbiology*. Vol. 84, pp: 227-233.
۵۴. **Rodrigues, M.S.; Bolívar, N.; Legarda, E.C.; Guimarães, A.M.; Guertler, C.; do Espírito Santo, C.M.; Mourinho, J.L.P.; Seiffert, W.Q.; Fracalossi, D.M. and do Nascimento Vieira, F., 2018.** Mannoprotein dietary supplementation for Pacific white shrimp raised in biofloc systems. *Aquaculture*. Vol. 488, No. 10, pp: 90-95.
۵۵. **Sontakke, R. and Haridas, H., 2018.** Economic Viability of Biofloc Based System for the Nursery Rearing of Milkfish (*Chanos chanos*). *International journal of current microbiology applied science*. Vol. 7, No. 8, pp: 2960-2970.
۵۶. **Sotoudeh, E.; Abedian kenari, A. and Habibi Rezaei, M., 2010.** Growth response, body composition and fatty acid profile of Caspian brown trout (*Salmo trutta Caspius*) juvenile fed diets containing different levels of soybean phosphatidylcholine. *Aquaculture International*. Vol. 19, No. 4, pp: 611-623.
۵۷. **Taw, N., 2010.** Biofloc technology expanding at white shrimp farms. *Global Advocate* may/june, 24-26 (available in http://www.gaalliance.org/mag/May_June_2010.pdf).
۵۸. **Wang, G.; Yu, E.; Xie, J.; Yu, D.; Li, Z.; Luo, W.; Qiu, L. and Zheng, Z., 2015.** Effect of C/N ratio on water quality in zero-water exchange tanks and the biofloc supplementation
۳۶. **Hepher, B., 1988.** *Nutrition of Pond Fish*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK. 388 p.
۳۷. **Hevroy, E.M.; Espe, M.; Waagbo, R.; Sandness, K.; Rund, M. and Hemer, G.I., 2005.** Nutrition utilization in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed increased level of fish protein hydrolysate during a period of fast growth. *Aquaculture Nutrition*. Vol. 11, pp: 301-313.
۳۸. **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 resistance of *Labeo rohita* against *Aeromonas hydrophila* in biofloc systems using different carbon sources. *Aquaculture*. Vol. 456, pp: 61-67.
۳۹. **Kim, S.K.; Pang, Z.; Seo, H.C.; Cho, Y.R.; Samocha, T. and Jang, I.K., 2014.** Effect of bioflocs on growth and immune activity of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* postlarvae. *Aquaculture Research*. Vol. 45, pp: 362-371.
۴۰. **Lashkarbolouki, M.; Jafaryan, H.; Keramat, A.; Farhangi, M. and Adineh, H., 2012.** The effect of yeast enriched (*Saccharomyces cerevisiae*) *Daphnia magna* on growth and stress resistance in Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) Larvae. *Iranian journal of natural resources*. Vol. 64, No. 4, pp: 345-355.
۴۱. **Leonard, N.; Blancheton, J.P. and Guiraud, J.P., 2000.** Populations of heterotrophic bacteria in an experimental recirculating aquaculture system. *Aquacultural Engineering*. Vol. 22, No. 1, pp: 109-120.
۴۲. **Lim, C.; Klesius, P.H.; Li, M.H. and Robinson, E.H., 2000.** Interaction between dietary levels of iron and vitamin C on growth, haematology, immune response and resistance of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) to *Edwardsiella ictaluri* challenge. *Aquaculture*. Vol. 185, pp: 313-327.
۴۳. **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*. Vol. 448, pp: 135-141.
۴۴. **Luo, G.; Gao, Q.; 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. *Aquaculture*. Vol. 422, pp: 1-7.
۴۵. **Magundu, E.; Charo-Karisa, H. and Verdegem, M.C.J., 2013.** Effect of C/N ratio levels and stocking density of *Labeo victorianus* on pond environmental quality using maize flour as a carbon source. *Aquaculture*. Vol. 410, No. 411, pp: 157-163.
۴۶. **Mahanand, S.S.; Moulick, S. and Srinivasa Rao, P., 2013.** Water Quality and Growth of Rohu, *Labeo rohita*, in a Biofloc System. *Journal of Applied Aquaculture*. Vol. 25, pp: 121-131.



- in feed on the growth performance of crucian carp, *Carassius auratus*. Aquaculture. Vol. 443, pp: 98-104.
۵۹. **Wang, J.C.; Chang, P.S. and Chen, H.Y., 2008.** Differential time-series expression of immunerelated genes of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* in response to dietary inclusion of β -1,3glucan. Fish and Shellfish Immunology. Vol. 24, pp: 113-121.
۶۰. **Widanarni, W.; Ekasari, J. and Maryam, S., 2012.** Evaluation of biofloc technology application on water quality and production performance of Red Tilapia *Oreochromis* sp. Cultured at different stocking densities. HAYATI Journal of Biosciences. Vol. 19, pp: 73-80.
۶۱. **Xia, Y.; Yu, E.M. and Xie, J., 2012.** Analysis of bacterial community structure of bio-floc by PCR-DGGE. Journal of Fishery Sciences of China. Vol. 36, No. 10, pp: 1563-1571.
۶۲. **Xu, W.J. and Pan, L.Q., 2014.** Evaluation of dietary protein level on selected parameters of immune and antioxidant systems, and growth performance of juvenile *Litopenaeus vannamei* reared in zero-water exchange biofloc based culture tanks. Aquaculture. Vol. 426, No. 427, pp: 181-188.
۶۳. **Yuvarajan, P.; Felix, S.; Antony, C.; Gopalakannan, A.; Menaga, M. and Ezhilmathi, S., 2018.** Nursery intensive rearing of GIFT tilapia in outdoor lined pond utilizing aerobic microbial floc technology (AMFT). Journal of Entomology and Zoology Studies. Vol. 6, No. 3, pp: 705-709.
۶۴. **Zhang, N.; Luo, G.; Tan, H.; Liu, W. and Hou, Z., 2016.** Growth, digestive enzyme activity and welfare of tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared in a biofloc-based system with poly- β -hydroxybutyric as a carbon source. Aquaculture. Vol. 464, pp: 710-717.
۶۵. **Zhao, Z.G.; Xu, Q.Y.; Luo, L.; Yin, J.S. and Wang, C.A., 2013.** Effect of adding carbon source on growth of fish and water quality in Songpu mirror Carp (*Cyprinus specularis* Songpu) pond. Journal of Northeast Agricultural University. Vol. 44, No. 9, pp: 105-112.

