تأثیر دو پربیوتیک ای‌مکس‌اولترا و سلماناکس مایع به‌صورت تلقیح بر کیفیت آب، عملکرد رشد و ترکیبات لاشه بچه‌ماهیان انگشت‌قد کپورمعمولی (*Cyprinus carpio*) در سیستم بیوفلاک

- **آرزو خسروی‌نجف‌آبادی**: گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران
- **حجت‌الله جعفریان***: گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران
- حسین آدینه: گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران
- محمد هرسیج: گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبدکاووس، گنبدکاووس، ایران

تاریخ دریافت: اسفند ۱۳۹۷ تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۸

چکیده

مطالعه حاضر باهدف بررسی تاثیر دو پربیوتیک تجاری ایمکس اولترا و سلماناکس مایع در تلقیح سیستم بیوفلاک (BFT) بر پارامترهای کیفی آب، عملکرد رشد، کارایی تغذیه و ترکیبات شیمیایی لاشه‌ی بچه‌ماهیان کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) انجام شد. تعداد ۲٤۰ عدد بچه‌ماهی کپورمعمولی با میانگین وزنی ۰/۷۰±٤/۰۹ گرم با دو غلظت ۰/۱ و ۰/۲ میلی‌گرم از هریک از دو پربیوتیک مذکور در هر لیتر از سیستم بیوفلاک به‌همراه یک گروه شاهد که فاقد هرگونه ماده افزودنی بود، در قالب طرح کاملاً تصادفی به‌مدت ٤۰ روز غذادهی شدند. در پایان دوره آزمایش، نتایج تفاوت معنی‌داری در پارامترهای کیفی آب در تیمارهای تغذیه کرده از پربیوتیک در سیستم بیوفلاک در مقایسه با گروه شاهد نشان داد (p>۰/۰۵). اندازه‌گیری 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 معنی‌داری در مقایسه با گروه شاهد بودند (p<۰/۰۵). بیش‌ترین میزان پروتئین خام لاشه (٦٦/٦۱ درصد) و کم‌ترین درصد چربی خام لاشه (۱۷/۸۹ درصد) نیز در تیمار تغذیه کرده از ۰/۲ میلی‌لیتر پربیوتیک سلماناکس مایع تلقیح شده در هر لیتر از سیستم بیوفلاک به ثبت رسید. درمجموع، نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از پربیوتیک‌های ایمکس‌اولترا و سلماناکس به‌صورت تلقیح به سیستم آب پرورش بچه‌ماهیان کپورمعمولی به‌صورت تکنولوژی بیوفلاک، دارای تأثیرات مثبتی بر پارامترهای کیفی آب، عملکرد رشد، کارایی تغذیه و ترکیبات شیمیایی لاشه این گونه دارد.

کلمات کلیدی: کپورمعمولی، بیوفلاک، پربیوتیک، تلقیح، نیتروژن آمونیاکی، پروتئین خام

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Hojat.jafaryan@gmail.com

مقدمه

میزان تولید آبزی‌پروری 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، به‌کارگیری غذاهای فرموله باکیفیت بالا و هم‌چنین توانایی استفاده از تکنولوژی بیوفلاک در انواع سیستم‌های آبزی‌پروری بوده است (FAO، ۲۰۱۲). از این‌رو صنعت شیلات و آبزی‌پروری نه‌تنها به‌عنوان یک منبع ثروت شناخته می‌شود، بلکه به‌عنوان یکی از سریع‌ترین بخش‌های در حال رشد در صنعت تولید غذا نیز مطرح است، به‌طوری‌که مطابق با آمار ارائه شده توسط سازمان جهانی خواروبار کشاورزی، پیش‌بینی می‌شود که این مقدار در سال ۲۰۳۰ از طریق کاهش ذخایر به‌دست‌آمده از صید ماهیان وحشی و همین‌طور افزایش تقاضا از سوی طبقه متوسط جامعه جهانی که در حال شکل‌گیری هستند، به شکل قابل‌ملاحظه‌ای تا میزان ۶۲٪ افزایش پیدا کند (FAO، ۲۰۱۶). سیستم بیوفلاک شامل میکروارگانیسم‌هایی مانند باکتری‌های هتروتروف، ریزجلبک‌ها، زئوپلانکتون‌ها، آغازیان (Avnimelech، ۲۰۰۹)، فیتوپلانکتون‌ها، باکتری‌های آزاد یا چسبنده، تجمع مواد آلی خاص و سایر تغذیه کننده‌ها مثل روتیفرها، مژه‌داران و تاژکداران آغازی و کوپه‌پوداها (Ray و همکاران، ۲۰۱۰) برای تجزیه مواد دفعی آبزی پرورشی، 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 نیتروژن‌دار 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. مادامی‌که کربن آلی و نیتروژن در اختیار باکتری‌های هتروتروفیک قرار می‌گیرد تولید باکتری‌های اتوتروف محدودشده و درصورتی‌که 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 به‌کار رفته در سیستم بیوفلاک اغلب درنتیجه تولیدات مازاد صنایع غذایی انسانی و حیوانی تولید می‌شوند که قابل‌دسترس در منطقه باشند. منابع ارزان کربوهیدرات‌ها مانند ملاس چغندرقند، گلیسرول، آردها و سبوس‌های 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). پربیوتیک 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 به‌عنوان پربیوتیک‌مطرح باشند. مهم‌ترین محصول حاصل از متابولیسم پربیوتیک‌ها، اسیدهای چرب زنجیره کوتاه نظیر استات، پروپیونات، بوتیرات و اسیدلاکتیک ناشی از تخمیر پربیوتیک منجر به کاهش pH روده می‌شود که شرایط مناسب برای رشد باکتری‌های اسیدلاکتیک رافراهم می‌کند(Gatesoupe و Ringo، ۱۹۹۸).استفاده‌از پربیوتیک‌های مختلف و ازجمله پربیوتیک‌های تجاری در پرورش آبزیان در سال‌های اخیر بسیار مرسوم گشته و به شیوه‌های مختلفی ازجمله مکمل‌سازی با جیره‌های آبزیان کاربرد داشته است. درهمین خصوص دو پربیوتیک تجاری شامل سلماناکس مایع، ای‌مکس‌اولترا ازجمله محصولات پربیوتیکی تجاری وارداتی به ایران می‌باشند. سلماناکس مایع شامل عصاره و دیواره سلولی مخمر است. این محصول حاوی متابولیت‌هایی نظیر مانان‌ها و قندهایی نظیر بتاگلوکان‌ها، گالاکتوزامین‌ها، مانوز و الیگوساکاریدمانان (MOS) بوده که برای جداسازی اجزای ساختاری مفید دیواره سلولی مخمر از آنزیم‌ها کمک گرفته‌شده و این ترکیب، یک محصول مخمری هیدرولیز شده آنزیمی است. ای‌مکس اولترا یک فراورده پربیوتیکی است که از مهم‌ترین اجزا تشکیل‌دهنده آن می‌توان به‌مانان‌الیگوساکارید(MOS)، فروکتوالیگوساکارید (FOS) و بتاگلوکان (β-Glucan) اشاره نمود. این ترکیبات ذکرشده از دیواره سلولی مخمر Saccharomyces cerevisiae)استخراج می‌شوند که دارای اثر مستقیم محدودکننده بر عوامل بیماریزا بوده و از طرف دیگر دارای

تأثیرات غیرمستقیم بر سلامتی میزبان از طریق فرآیند افزایش جمعیت میکروبی مفید در روده هستند. در خصوص استفاده از محصولات پربیوتیکی در گونه‌های مختلف آبزیان گزارش‌های علمی متعددی ارائه شده است. در یک تحقیق بیواره و جعفریان (۱۳۹۵) تعیین نمودند که به‌کارگیری پری‌بیوتیک ای‌مکس حاوی ترکیبات عصاره مخمر نانوایی در لاروهای کپورمعمولی (*Cyprinus carpio*) تغذیه شده با این محصول پربیوتیکی 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 پربیوتیک ای مکس و سلماناکس مایع موجب ارتقای کارایی رشد و تغذیه در بچه‌ماهیان کپورمعمولی 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 کپورمعمولی درفرآیند حمل و نقل و کاهش استرس‌های ناشی از حمل و نقل این ماهی، مشخص گردید که مکمل‌سازی پربیوتیک تجاری سلماناکس مایع تأثیر مفیدی را در کاهش تنش حمل‌ونقل این ماهی داشت. در مطالعه ایری و همکاران (۱۳۹۶) نیز مشخص شد که پربیوتیک ای‌مکس توانست تأثیر مثبتی را بر پارامترهای رشد و تغذیه در بچه‌ماهیان کپورمعمولی داشته باشد. در یک تحقیق Rodrigues و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که به‌کارگیری پربیوتیک مانان‌پروتئین توانست در مکمل سازی 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، نیتریت و نیترات در تیمارهای به‌کارگیری با درصدهای مختلف از این پربیوتیک اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. Yuvarajan و همکاران (۲۰۱۸) نیز نشان دادند که استفاده از باکتری‌های هوازی در سیستم پرورش بیوفلاک ماهی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) توانست ضمن ارتقای میزان رشد و تغذیه این ماهی در مقایسه با گروه شاهد موجب افزایش آمونیاک، کاهش نیتریت و نیترات در سیستم بیوفلاک در مقایسه با گروه شاهد گردید. اگرچه ممکن است تأثیر هر یک از پربیوتیک‌های فوق‌الذکر (مانان‌الیگوساکارید، فروکتوالیگوساکارید و بتاگلوکان) در قالب مطالعات متعدد در گونه‌های مختلف ماهیان و سخت‌پوستان مورد ارزیابی قرارگرفته باشد، ولی گزارش‌های علمی کم‌تری در به‌کارگیری از پربیوتیک‌ها در سیستم بیوفلاک آبزیان پرورشی و ازجمله کپورماهیان ارائه شده است و این تحقیق نیز اولین گام در جهت استفاده از این محصولات پربیوتیکی ذکرشده به‌صورت تلقیح در سیستم بیوفلاک است. لذا این تحقیق باهدف مطالعه تأثیرگذاری سه پربیوتیک ذکرشده بر کیفیت آب محیط پرورش، افزایش رشد، تغذیه و افزایش کیفیت ترکیبات لاشه این ماهی طراحی و اجرا شد. در این تحقیق از پربیوتیک‌های تجاری به‌ترتیب تحت عناوین: ای‌مکس‌اولترا و سلماناکس مایع از شرکت Arm & Hammer Animal Nutrition Co. (ساخت کشور آمریکا) از طریق نمایندگی پیشتازان (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 آبزی‌پروری دانشگاه گنبدکاووس انجام شد. برای این منظور تعداد ۷۰۰ عدد بچه‌ماهی کپور معمولی با وزن ۵-۳ گرم از مرکز تکثیر و پرورش ماهیان گرم‌آبی شهید چمران(گلستان)تهیه و به آزمایشگاه مذکورمنتقل شدند. جهت سازگاری با شرایط جدید و جیره پایه، بچه‌ماهیان به‌مدت یک هفته با غذای تجاری بدون هیچ‌گونه ماده افزودنی به‌میزان 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 کلرزدایی و هوادهی شده آبگیری می‌شدند.

آماده‌سازی بیوفلاک و افزودن به‌محیط پرورش ماهی: برای آماده‌سازی استوک اولیه بیوفلاک، چهار مخزن ۶۰ لیتری تهیه و تا حجم ۵۰ لیتر آن آبگیری شد. برای تسریع در شکل‌گیری بیوفلاک مقدار ۵۰ گرم غذای تجاری کپورمعمولی، ۱۲/۵ گرم‌خاک بستر استخر پرورش ماهی کپور و ۰/۲۵ گرم اوره (۴۶ درصد نیتروژن) اضافه شد. طبق محاسبات Avnimelech (۱۹۹۹) برای مصرف هر گرم نیتروژن آمونیاکی 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 قرارگرفته 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 کپورمعمولی با میانگین وزنی

۰/۷۰±۴/۰۹ گرم انتخاب و به شکل تصادفی در ۱۲ مخزن فایبرگلاس با حجم آبگیری ۳۲ لیتر منتقل شدند. در طول دوره پرورش، غذادهی به بچه‌ماهیان 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 به‌مدت ۴۰ روز انجام شد. براساس مقدار غذای داده‌شده (ازت) و میزان ملاس چغندرقند (کربن) به شکل روزانه محاسبه و به آب مخازن اضافه می‌شد.

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 به‌ترتیب شامل تلقیح ۰/۱ و ۰/۲ میلی‌گرم پربیوتیک ای‌مکس‌اولترای پودری پس از سوسپانسیون‌سازی به ۱۰۰ میلی‌لیتر از آب مخازن پرورشی، تیمارهای آزمایشی T3 و T4 به‌ترتیب شامل تلقیح ۰/۱ و ۰/۲ میلی‌لیتر پربیوتیک سلماناکس مایع پس از سوسپانسیون‌سازی به ۱۰۰ میلی‌لیتر از آب مخازن پرورشی

سنجش پیراسنجه‌های کیفی آب: پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب در ابتدا و انتهای دوره آزمایش مورد سنجش قرار گرفت. اندازه‌گیری 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 پی‌اچ‌متر مدل ۸۲۷ متروم ساخت کشور سوئیس انجام شد. قلیائیت، آمونیاک، نیتریت و نیترات نیز بر اساس استانداردهای آزمایشگاه (APHA، ۱۹۹۸) اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری پارامترهای رشد: به‌منظور محاسبه و مقایسه شاخص‌های رشد زیست‌سنجی بچه‌ماهیان 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 زیست‌سنجی اندازه‌گیری شد. بر اساس داده‌های به‌دست‌آمده 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)

((۳ میانگین طول انتهای دوره به سانتی‌متر)/ میانگین وزن انتهای دوره به گرم)) ×۱۰۰

= سرعت رشد وزنی (درصد)

[(میانگین وزن اولیه+میانگین وزن نهایی)×زمان/) میانگین وزن اولیه - میانگین وزن نهایی) ×۲)] ×۱۰۰

= سرعت رشد طولی (درصد)

[(میانگین طول اولیه+میانگین طول نهایی)×زمان/) میانگین طول اولیه- میانگین طول نهایی) ×۲)] ×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 به‌دست‌آمده (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، به‌منظور تعیین ترکیبات شیمیایی لاشه تعداد ۱۵عدد بچه‌ماهی کپورمعمولی پس از تحمل ۲۴ ساعت گرسنگی به‌طور تصادفی از هر تیمار صید و در کیسه‌های پلاستیکی مجزا و درون محفظه‌ای پر از یخ به آزمایشگاه علوم‌دام استان گلستان منتقل‌شدند.تجزیه و تعیین ترکیبات شیمیایی لاشه مطابق روش استاندارد AOAC (۱۹۹۰) انجام شد. میزان ماده خشک به‌طور وزنی با قرار دادن نمونه‌ها به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد درون دستگاه آون، میزان رطوبت از کسر مقدار ماده‌خشک از وزن اولیه نمونه‌ها، میزان پروتئین خام با روش کجلدال، میزان چربی خام با روش سوکسله و میزان انرژی خام با دستگاه بمب کالری‌متر اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری: برای مقایسه میانگین بین تیمارها از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (one-way ANOVA) استفاده شد، نرمال بودن داده‌ها با آزمون کولموگروف- اسمیرنوف بررسی شد. سطح معنی‌دار بودن میانگین‌ها بین تیمارها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تعیین شد. از نرم‌افزار SPSS-۱۹ برای بررسی داده‌ها و مقایسه آن‌ها استفاده شد.

نتایج

پیراسنجه‌های کیفی آب: نتایج اندازه‌گیری پارامترهای کیفی آب در جدول ۲ ارائه‌شده‌است.در روز ۴۰،مقدار آمونیاک بین تیمار شاهد و تیمارهای آزمایشی تفاوت آماری معنی‌دار نداشت ($p>0/05$)، اما با اندازه‌گیری مقدار نیتریت، نیترات، میزان قلیائیت، کدورت و مواد جامد

محلول در آب اختلاف آماری معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی مشاهده شد (p<۰/۰۵). بیش‌ترین مقدار نیتریت در تیمار T3 (۰/۳۶±۰/۰۵) و کم‌ترین مقدار آن در تیمار شاهد(۰/۰±۰/۰۹)اندازه‌گیری‌شد. کم‌ترین و بیش‌ترین مقدار نیترات نیز به‌ترتیب در تیمارهای T4 (۳/۶±۰/۳۵) و تیمار T1(۵/۷۸±۰/۰۱) به ثبت رسید.بیش‌ترین میزان قلیائیت مربوط به‌تیمار T4 و کم‌ترین مقدار آن مربوط به تیمارهای شاهد و تیمار T2 بود. بیش‌ترین میزان کدورت در تیمار T4 (۴۵/۰۱±۰/۹۵) و کم‌ترین میزان آن در تیمار شاهد به‌دست آمد. کم‌ترین میزان مواد جامد محلول (۴۸۶/۵±۱/۵) و بیش‌ترین مقدار این شاخص (۵۰۶/۵±۳/۵) به‌ترتیب در تیمارهای T1 و T3 اندازه‌گیری شد.

پارامترهای رشد: بررسی پارامترهای رشد بچه‌ماهیان 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 معنی‌داری در مقایسه با گروه شاهد بود (p<۰/۰۵). بر اساس نتایج ارائه شده بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار وزن نهایی و طول نهایی به‌ترتیب در تیمار T2 (۱۰/۹۹±۰/۷۴ گرم و ۹/۵۱±۰/۲۱ سانتی‌متر) و تیمار شاهد (۸/۶۸±۰/۶۲ گرم و ۸/۲۱±۰/۱۰ سانتی‌متر) مشاهده‌شد. بیش‌ترین میزان نرخ‌رشدویژه در تیمار T4 (۲/۶۱±۰/۱۳) و حداقل مقدار آن در تیمار شاهد (۱/۹۸±۰/۱۴) اندازه‌گیری شد. بالاترین مقدار شاخص وضعیت در تیمار T3 (۶۶/۰۲±۱/۰) و کم‌ترین مقدار آن در تیمار T2 (۲۲/۰۳±۱/۰) به‌دست آمد. کم‌ترین سرعت رشدوزنی(۱/۸۳±۰/۱۲ گرم)وسرعت‌رشد طولی(۳۶/۳۵±۳/۰ درصد) در تیمار شاهد ثبت شد، اما بیش‌ترین سرعت رشد وزنی در تیمار T4 (۳۶/۰۹±۲/۰)و بیش‌ترین سرعت‌رشدطولی در تیمار T2 (۰/۰۵±۰/۹۹ درصد) اندازه‌گیری شد (جدول ۳).

پارامترهای تغذیه‌ای: تلقیح پربیوتیک‌های سلماناکس مایع و ای‌مکس‌اولترا به سیستم بیوفلاک در تیمارهای مختلف نشان داد که تیمار T4 دارای کم‌ترین ضریب تبدیل غذایی (۱/۸۳±۰/۱۳) و تیمار شاهد دارای بیش‌ترین ضریب تبدیل غذایی (۲/۶۰ ± ۰/۱۹) بود (p<۰/۰۵). هم‌چنین تفاوت آماری معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی ازنظر نرخ کارایی‌غذا،نسبت کارایی پروتئین،نسبت کارایی چربی، ارزش تولید پروتئین و ارزش تولید چربی مشاهده شد(P<۰/۰۵). کم‌ترین نرخ کارایی غذا (۴۸/۳۱±۴/۱۵) و نسبت کارایی پروتئین (۱/۸۶±۰/۱۱) در تیمار شاهد و بیش‌ترین مقدار نرخ کارایی غذا (۷۰/۴۱±۴/۹۴) و نسبت کارایی پروتئین (۲/۳۵±۰/۱۲) در تیمار T4 به ثبت رسید. بیش‌ترین مقدار نسبت کارایی چربی نیز بشکل برابر در تیمارهای T2 و T4 (۹/۸۰±۰/۶۶) و کم‌ترین مقدار این شاخص در تیمار شاهد (۷/۷۴±۰/۴۶)مشاهده‌شد.ارزش تولید پروتئین در تیمار T4(۰/۳۲±۰/۰۲) به شکل معنی‌داری در مقایسه با سایر تیمارهای آزمایشی بالاتر بود (p<۰/۰۵)، اما بین سایر تیمارهای آزمایشی در مقایسه با گروه شاهد اختلاف آماری معنی‌داری وجود نداشت (p>۰/۰۵). بیش‌ترین ارزش تولید چربی در تیمار شاهد (۱۶/۳±۲۸/۰۸) و کم‌ترین مقدار آن در تیمار T2 (۱۴/۱۹±۱/۹۱) اندازه‌گیری 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 پربیوتیک ایمکس اولترا و سلماناکس مایع اختلاف آماری معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی نشان داد (P<۰/۰۵). براساس نتایج به‌دست آمده بیش‌ترین مقدار پروتئین خام (۶۶/۶۱±۰/۲۵ درصد)، چربی خام(۱۷/۸۹±۰/۳۷ درصد)وماده خشک (۲۷/۲۷±۰/۷۱ درصد) لاشه و کم‌ترین درصد رطوبت (۷۲/۰±۷۲/۷۱ درصد) و انرژی خام لاشه (۴۴±۴۰۵۵/۰۲ کیلوکالری برگرم) در تیمار T4 اندازه‌گیری شد (جدول ۵). کم‌ترین درصد پروتئین خام، چربی خام و ماده خشک در تیمار شاهد ثبت شد. بالاترین درصدرطوبت در تیمار T3 و بیش‌ترین مقدار انرژی خام لاشه در تیمار شاهد اندازه‌گیری شد.

جدول۱: تغییرات پارامترهای کیفی آب در ابتدای دوره آزمایش(انحراف معیار ± میانگین)

پارامتر	تیمار	شاهد	T_1	T_2	T_3	T_4
آمونیاک (میلی‌گرم/لیتر)		۰/۴۵ ± ۰/۰۱^{b}	۰/۷۵ ± ۰/۰۴^{a}	۰/۳۶ ± ۰/۰۲^{c}	۰/۶۸ ± ۰/۰۳^{a}	۰/۶۵ ± ۰/۰۲^{a}
نیتریت (میلی‌گرم/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 (میلی‌گرم/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 (میلی‌گرم بر لیتر کلسیم کربنات)		۳۵۰/۰ ± 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 (میلی‌گرم/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 (میلی‌لیتر/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 نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد (P<۰/۰۵).

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

پارامتر	تیمار	شاهد	T_1	T_2	T_3	T_4
آمونیاک (میلی‌گرم/لیتر)		۰/۰۱۸ ± ۰/۰۰۱	۰/۰۱۸ ± ۰/۰۰۰۵	۰/۰۱۷ ± ۰/۰۰۱	۰/۰۱۷ ± ۰/۰۰۰۵	۰/۰۱۸ ± ۰/۰۰۰۵
نیتریت (میلی‌گرم/لیتر)		۰/۰۹ ± ۰/۰۵^{b}	۰/۳۲ ± ۰/۰۲^{a}	۰/۲۹ ± ۰/۰۴^{a}	۰/۳۶ ± ۰/۰۵^{a}	۰/۳۴ ± ۰/۰۵^{a}
نیترات (میلی‌گرم/لیتر)		۵/۷۶± ۰/۰۱^{a}	۵/۷۸ ± ۰/۰۱^{a}	۵/۴۶ ± ۰/۳۸^{a}	۴/۸۷ ± ۰/۳۲^{b}	۳/۶ ± ۰/۳۵^{c}
قلیائیت (میلی‌گرم بر لیتر کلسیم کربنات)		۲۳۲/۵ ± ۱۲/۵^{b}	۲۷۱/۵ ± ۱/۵^{a}	۱۸۳/۵ ± ۸/۵^{c}	۲۳۸/۵ ± ۳/۵^{b}	۲۵۷/۵ ± ۷/۵^{a}
اکسیژن محلول (میلی‌گرم/لیتر)		۲۳۲/۵ ± ۱۲/۵	۲۷۱/۵ ± ۱/۵	۱۸۳/۵ ± ۸/۵	۲۳۸/۵ ± ۳/۵	۲۵۷/۵ ± ۷/۵
کدورت (NTU)		۱۰/۱ ± ۰/۴^{c}	۴۵/۴۵ ± ۰/۸۵^{a}	۳۷/۳ ± ۰/۹^{b}	۴۳/۵ ± ۲/۲^{a}	۴۵/۰۱ ± ۰/۹۵^{a}
مواد محلول کل (میلی‌لیتر/لیتر)		۴۶۵/۵ ± ۶/۵^{d}	۴۸۶/۵ ± ۱/۵^{c}	۴۹۹/۰ ± ۱/۰^{b}	۵۰۶/۵ ± ۳/۵^{a}	۴۹۹/۰ ±۱/۰^{b}

* در هر ردیف حروف لاتین غیرمشترک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد (P<۰/۰۵).

جدول ۳: مقایسه میزان رشد بچه‌ماهی کپورمعمولی (انحراف معیار± میانگین)

پارامتر	تیمار	شاهد	T_1	T_2	T_3	T_4
وزن نهایی (گرم)		۸/۶۸ ± ۰/۶۲^{b}	۱۰/۶۲ ± ۰/۶۸^{a}	۱۰/۹۹ ± ۰/۷۴^{a}	۱۰/۸۷ ± ۰/۷۶^{a}	۱۰/۹۸ ± ۰/۶۸^{a}
طول نهایی (سانتی‌متر)		۸/۲۱ ± ۰/۱۰^{c}	۹/۰۲ ± ۰/۲۲^{ab}	۹/۵۱ ± ۰/۲۱^{a}	۸/۷۴ ± ۰/۲۱^{bc}	۸/۷۷ ± ۰/۱۹^{bc}
نرخ رشد ویژه (درصد/روز)		۱/۹۸ ± ۰/۱۴^{b}	۲/۴۴ ± ۰/۱۷^{a}	۲/۵۲ ± ۰/۱۷^{a}	۲/۵ ± ۰/۱۷^{a}	۲/۶۱ ± ۰/۱۳^{a}
ضریب چاقی		۱/۵۱ ± ۰/۰۲^{b}	۱/۴۱ ± ۰/۰۵^{c}	۱/۲۲ ± ۰/۰۳^{d}	۱/۶۶ ± ۰/۰۲^{ab}	۱/۶۱ ± ۰/۰۴^{a}
سرعت رشد وزنی		۱/۸۳ ± ۰/۱۲^{b}	۲/۲۰ ± ۰/۱۴^{a}	۲/۲۶ ± ۰/۱۳^{a}	۲/۲۴ ± ۰/۱۳^{a}	۲/۳۶ ± ۰/۰۹^{a}
سرعت رشد طولی		۰/۶۴ ± ۰/۰۶^{c}	۰/۸۶ ± ۰/۰۶^{ab}	۰/۹۹ ± ۰/۰۵^{a}	۰/۷۸ ± ۰/۰۶^{bc}	۰/۸۰ ± ۰/۰۵^{b}

* در هر ردیف حروف لاتین غیرمشترک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد (P<۰/۰۵).

جدول۴: مقایسه شاخص‌های تغذیه‌ای بچه‌ماهی کپورمعمولی (انحراف معیار± میانگین)

پارامتر	تیمار	شاهد	T_1	T_2	T_3	T_4
ضریب تبدیل غذایی		۲/۶۰ ± ۰/۱۹^{a}	۱/۹۵ ± ۰/۱۷^{b}	۲/۰۰ ± ۰/۱۷^{b}	۲/۰۵ ± ۰/۱۷^{b}	۱/۸۳ ± ۰/۱۳^{b}
کارایی تبدیل غذا (درصد)		۴۸/۳۱ ± ۴/۱۵^{b}	۶۲/۲۵ ± ۴/۱۳^{a}	۶۲/۳۴ ± ۴/۴۱^{a}	۶۰/۱۶ ± ۴/۳۶^{a}	۶۲/۵۷ ± ۳/۷۷^{a}
نسبت کارایی پروتئین		۱/۸۶ ± ۰/۱۱^{b}	۲/۲۵ ± ۰/۱۳^{a}	۲/۳۵ ± ۰/۱۶^{a}	۲/۳۳ ± ۰/۱۶^{a}	۲/۳۵ ± ۰/۱۲^{a}
نسبت کارایی چربی		۷/۷۴ ± ۰/۴۶^{b}	۹/۳۹ ± ۰/۵۸^{a}	۹/۸۰ ± ۰/۶۶^{a}	۹/۷۰ ± ۰/۶۷^{a}	۹/۸۰ ± ۰/۵۲^{a}
ارزش تولید پروتئین		۰/۲۱ ± ۰/۰۱^{b}	۰/۱۷ ± ۰/۰۱^{b}	۰/۲۱ ± ۰/۰۱^{b}	۰/۱۷ ± ۰/۰۱^{b}	۰/۳۲ ± ۰/۰۲^{a}
ارزش تولید چربی		۱۶/۲۸ ± ۳/۰۸^{a}	۸/۲۲ ± ۲/۵۱^{ab}	۱۴/۱۹ ± ۱/۹۱^{b}	۸/۶۳ ± ۳/۶۲^{ab}	۱۰/۵۸ ± ۳/۸۷^{ab}

* در هر ردیف حروف لاتین غیرمشترک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد (P<۰/۰۵).

جدول ۵: مقایسه ترکیبات شیمیایی لاشه بچه‌ماهی کپورمعمولی (انحراف معیار± میانگین)

پارامتر	تیمار	شاهد	T_1	T_2	T_3	T_4
ماده خشک (درصد)		۲۶/۰±۷۶/۲۰^{a}	۱۹/۰±۴۷/۴۸^{bc}	۲۰/۰±۳۵/۳۷^{b}	۱۸/۰±۸۰/۵۹^{c}	۲۷/۰±۲۷/۷۱^{a}
رطوبت (درصد)		۷۳/۰±۲۴/۲۰^{c}	۸۰/۰±۵۳/۴۸^{ab}	۷۹/۰±۶۵/۳۷^{b}	۸۱/۰±۱۹/۵۹^{a}	۷۲/۰±۷۲/۷۱^{c}
پروتئین خام (درصد)		۶۳/۰±۳۹/۳۶^{b}	۶۴/۰±۱۹/۸۸^{b}	۶۵/۰±۸۷/۴۹^{a}	۶۴/۰±۳۰/۶۵^{b}	۶۶/۰±۶۱/۲۵^{a}
چربی خام (درصد)		۲۷/۰±۷۰/۴۲^{a}	۲۴/۰±۹۲/۷۲^{b}	۱۸/۰±۹۸/۳۹^{c}	۲۴/۱±۴۳/۱۳^{b}	۱۷/۰±۹۰/۶۳^{c}
انرژی خام (کالری/گرم)		۶۲۷۹/۹۷±۴۲/۵۰^{a}	۵۶۵۲/۱۶۳±۸۹/۷۲^{b}	۴۳۰۲/۸۷±۸۹/۷۱^{c}	۵۵۳۸/۲۵۵±۲۲/۸۶^{b}	۴۰۵۵/۴۴±۸۲/۰۲^{c}

* در هر ردیف حروف لاتین غیرمشترک نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد (P<۰/۰۵).

بحث

شدت فرآیند تبدیل نیتروژن آمونیاکی به نیترات مورداستفاده توسط باکتری‌ها در سیستم بیوفلاک در شرایط مختلف به‌صورت 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، نیتریت و نیترات که از مهم‌ترین ترکیبات مورد مباحثه در سیستم بیوفلاک می‌باشند، در زمان‌های مختلف نمونه‌برداری صورت نگرفته و موردنظر نیز نبوده است، با این‌حال 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 T_2 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 نیتریت، 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 قلیائیت، 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 آن‌جائی‌که حیوانات آبزی 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 نیتریت در آب می‌شود (Magondu و همکاران، ۲۰۱۳). به‌طورکلی، وقتی مقدار نیتروژن آمونیاکی کل و نیتریت در سیستم آبزی‌پروری به‌ترتیب از ۰/۱ و ۵ میلی‌گرم در لیتر بالاتر رود برای موجودات آبزی پرورشی مضر خواهد بود (Qiao و همکاران، ۲۰۰۶). نیترات نیز برای موجودات آبزی در غلظت بیش از ۶۰ میلی‌گرم در لیتر و در معرض طولانی‌مدت، مضر است. درنتیجه، نیتروژن آمونیاکی کل و نیتریت نسبت به نیترات برای حیوانات آبزی 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، نیتریت 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 نیتریت 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 آبزی‌پروری هستند که مقدار بیوفلاک را نیز افزایش می‌دهد (De Schryver و Verstraete، 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 پری‌بیوتیک سلماناکس مایع در هر لیتر از آب سیستم بیوفلاک باعث بهبود پارامترهای رشد و کارایی تغذیه بچه‌ماهیان کپورمعمولی می‌گردد. هم‌سو با این نتایج Irshad Ahmad و همکاران (۲۰۱۶) این‌چنین گزارش دادند که ماهیان تمام تیمارهای پرورش‌یافته در

سیستم بیوفلاک به‌طور معنی‌داری وزن نهایی بالاتری در مقایسه با تیمار شاهد بودند. افزایش عملکرد رشد و کارایی تغذیه در ماهیان پرورشی با سیستم بیوفلاک در مطالعات مختلفی گزارش‌شده است (Sontakke وHaridas، ۲۰۱۸؛ Haridas و همکاران، ۲۰۱۷؛ Zhang و همکاران، ۲۰۱۶؛ Luo و همکاران، ۲۰۱۴؛Azim وLittle، ۲۰۰۸).

مهم‌ترین دستاورد استفاده از سیستم بیوفلاک را می‌توان صرفه‌جویی در مصرف آب و غذا در آبزی‌پروری دانست لذا به‌علت محدودیت‌های منابع آب و غذا، بالا بردن بازده تولید آبزیان از طریق کاهش مصرف آب و غذا امری بسیار مهم تلقی می‌گردد. 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 می‌یابد 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 می‌دهد. آن‌ها هم‌چنین نشان دادند که برای تولید هر کیلوگرم ماهی به‌طور متوسط در تیمار شاهد و بیوفلاک به‌ترتیب 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 آبزی‌پروری بازی می‌کند به‌طوری‌که مقدار مصرف آب، کاهش حدود ۵۰ درصدی را در تیمارهای بیوفلاک نسبت به تیمار شاهد داشت. هم‌سو با نتایج حاضر، Atar و Ates (۲۰۰۹) در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*)، Gultepe و همکاران (۲۰۱۰) در ماهی سم دریایی (*Sparus aurata*) و Lashkarbolouki و همکاران (۲۰۱۲) در تاس‌ماهی ایرانی (*Acipenser persicus*)، افزایش معنی‌داری را از نظر پارامترهای تغذیه‌ای با پربیوتیک‌های مختلف در مقایسه با تیمار شاهد مشاهده کردند.

به‌نظر می‌رسد پربیوتیک‌های مورد استفاده در تحقیق حاضر از طریق تغییر در ویژگی‌های مورفولوژیکی روده مانند افزایش ارتفاع میکرووِیلی‌ها و هم‌چنین اصلاح جمعیت میکروبی دستگاه گوارش می‌توانند کارایی روده را افزایش داده و بهبود جذب مواد مغذی و ارتقای پارامترهای رشد را به‌همراه داشته باشند (Dimitroglou و همکاران، ۲۰۱۰). وجود اثرات مثبت این نوع پربیوتیک‌ها بر پارامترهای رشد ماهی کپور معمولی در این آزمایش ممکن است به‌دلیل نوع ترکیب تشکیل‌دهنده این مواد نیز باشد. به‌عنوان‌مثال مانان‌الیگوساکارید موجود در ساختار این پربیوتیک‌ها، منبع تغذیه‌ای مناسبی برای رشد و فعالیت باکتری‌های فلور دستگاه گوارش نظیر باکتری‌های اسیدلاکتیک، لاکتوباسیلوس‌ها و بیفیدوباکترها است (Ringo و Vadestin، ۱۹۹۸) و تخمیر آن در روده منجر به از بین رفتن باکتری‌های مضر و درنتیجه تولید باکتری‌های مفید مانند باکتری‌های اسیدلاکتیک می‌گردد که ترکیباتی همانند باکتریوسین‌ها را تولید می‌کنند و بدین طریق از رشد میکروارگانیسم‌های دیگر در روده جلوگیری می‌نمایند (Akrami و همکاران، ۲۰۰۹). هم‌چنین فروکتوالیگوساکاریدواینولین‌موجوددرساختار پربیوتیک‌های ای‌مکس اولترا و سلماناکس مایع نیز جزء پربیوتیک‌های شناخته شده‌ای هستند که به‌صورت گزینشی توسط باکتری‌های مفید روده‌ای مانند بیفیدوباکترها و لاکتوباسیلوس‌ها تخمیر شده و سبب رشد این باکتری‌های مفید در روده می‌گردند و تأثیر فراوانی در هضم و جذب غذای خورده شده توسط میزبان ایجاد می‌کنند که درنهایت منجر به ارتقای عملکرد رشد می‌گردد (Gibson، ۱۹۹۸).

در این تحقیق جمعیت باکتریایی روده بچه‌ماهیان کپور و محیط آب سیستم‌پرورشی بیوفلاک تحت‌تأثیر تلقیح پربیوتیک‌های ای‌مکس اولترا و سلماناکس شناسایی و تعیین نگردید، اما در صورت انجام می‌توانست بسیاری از یافته‌های این تحقیق را ازلحاظ علمی توجیه نماید. افزایش جمعیت باکتری‌هایی نظیر لاکتوباسلوس‌ها در دستگاه گوارش این ماهیان و ورود آن‌ها از طریق مدفوع به سیستم بیوفلاک پرورشی بچه‌ماهیان کپور، یکی از فرآیندهای قابل بررسی در جهت تأثیرگذاری پربیوتیک‌های تلقیح شده به این سیستم‌های پرورشی در تیمارهای‌آزمایشی‌بوده است.مقایسه نتایج به‌دست‌آمده بین تیمارهای دریافت‌کننده پربیوتیک به‌صورت تلقیح نشان داد که استفاده از این مواد‌باعث افزایش‌میزان پروتئین‌خام و کاهش‌میزان چربی‌خام در فیله بچه‌ماهیان کپور شد.احتمالاًافزایش‌و‌بهبود‌جمعت لاکتوباسیلوس‌های پروبیوتیکی که در مسیر فرآیند تلقیح پربیوتیک‌های مورد استفاده در سیستم بیوفلاک تشکیل گردیده‌اند، توانسته در برخی از تیمارهای آزمایشی نظیر تیمار تلقیحی ۰/۱ و ۰/۲ میلی‌لیتر از سلماناکس مایع موجب کاهش معنی‌دار میزان نیترات در آب سیستم پرورشی گردد که احتمالاً این نیترات در تولید پروتئین‌های موردنیاز این باکتری‌ها که در تشکیل فلاک و تغذیه آن‌ها توسط ماهیان شده که درنتیجه موجب افزایش میزان پروتئین در ماهیان این تیمار گشته است. هر چند عدم تعیین جمعیت لاکتوباسیلوس‌ها در سیستم‌های بیوفلاک در این آزمایش مانع از توجیه علمی قطعی آن می‌گردد. Lashkarbolouki و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که به‌کارگیری این پربیوتیک‌ها موجب افزایش سطح پروتئین خام لاشه گردید، اما در مطالعه جویباری و همکاران (۱۳۹۶) تأثیر سطوح مختلف پربیوتیک ای‌مکس هیچ‌گونه تأثیر معنی‌داری بر ترکیبات شیمیایی لاشه بچه ماهیان کپور معمولی نداشت. اکرمی و همکاران (۱۳۹۲) نیز با بررسی تأثیر سطوح مختلف پربیوتیک ای‌مکس شاهد افزایش معنی‌دار میزان پروتئین خام لاشه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در تیمار حاوی ۱/۵ گرم در هر کیلوگرم از پربیوتیک مذکور بودند، اما میزان

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 کپورمعمولی 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 درخصوص تلقیح این پربیوتیک‌های تجاری به آب سیستم بیوفلاک آبزیان پرورشی ازجمله بچه‌ماهی کپور معمولی سبب گردیده تا امکان مقایسه نتایج این تحقیق با دیگر نتایج دشوارتر باشد و به‌عبارت‌دیگر 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 بچه‌ماهیان کپور معمولی در سیستم بیوفلاک، تأثیرات متفاوتی بر عملکرد رشد، پارامترهای تغذیه و ترکیبات شیمیایی لاشه این گونه داشت. انجام تحقیقات گسترده‌تر درخصوص به‌کارگیری این ترکیبات تجاری شاید بتواند در آینده در سیستم‌های پرورشی بیوفلاک ماهی کپورمعمولی 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 آبزی‌پروری. شماره ۱، صفحات ۹ تا ۲۰.

۲. **ایری، م.؛ بیواره، م.و.؛ رنجدوست، م.؛ جفریان، 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 نورس کپورمعمولی (*Cyprinus carpio* Linnaeus. ۱۷۵۸). مجله بهره‌برداری و پرورش آبزیان. دوره ۷، شماره ۱، صفحات ۱۱ تا ۲۵.

۳. **بخشی، ف.؛ ملک‌زاده‌ویایه، ر. و حسین‌نجدگرامی، ا.، ۱۳۹۲.** بررسی بازدهی استفاده از سیستم تولید توده زیستی (Biofloc) در 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 F1 (*Cyprinus carpio*) تغذیه‌شده با سطوح مختلف مخمر *Saccharomyces cerevisiae*. مجله علوم تکثیر و آبزی‌پروری. 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 باهم در جیره غذایی بچه ماهیان نورس کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) بر عملکرد رشد، کارایی تغذیه و میزان مقاومت در برابر استرس‌های محیطی. مجله توسعه آبزی‌پروری. دوره ۱۲، شماره ۴، صفحات ۱ تا ۱۶.

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

۷. **جویباری، 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 آبزی‌پروری. دوره ۱۱، شماره ۱، صفحات ۶۳ تا ۷۵.

۸. **رنجدوست، م.؛ جعفریان، ح.ا.؛ هرسیج، م. و قلی‌پورکنعانی، ح.، ۱۳۹۶.** اثر پری‌بیوتیک سلماناکس بر پارامترهای خون بچه‌ماهی کپورمعمولی (*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.ا.؛ هرسیج، م. و قلی‌پورکنعانی، ح.، ۱۳۹۷.** تأثیر پربیوتیک سلماناکس و پنج گونه از پروبیوتیک‌های باسیلی بر کاهش استرس حمل و نقل کپورمعمولی (*Cyprinus carpio*) در شوری‌های مختلف. مجله علوم آبزی‌پروری. دوره ۶، شماره ۹، صفحات ۳۹ تا ۵۰.

۱۰. **خانجانی، م.ح.؛ علیزاده، م.؛ سجادی، م.م. و سوری‌نژاد، ا.، ۱۳۹۴.** تاثیر منابع مختلف کربن بر کیفیت آب، عملکرد رشد و بقای میگوی سفید غربی (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931). در سیستم پرورش بدون تعویض آب. 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.

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 onperiphyton 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 periphytondevelopment 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 withmannanoligosaccharide (MOS) and vitamin B12 on the growth and body composition of thecarp (*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 minimaldischarge 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 batchreactors. 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 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.; Bachtiar, 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 reviewfor 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 Stateof 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 Mannanoligosaccharides (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.

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, haematoloy, 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. L**uo, 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. **Magondu, 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.

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 bioflocon growth performance, digestive enzyme activities and liver histology ofcommon carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings in zero-water exchangesystem, Fish Physiology and Biochemistry. 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 solidsmanagement. 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 Vadestin, O., 1998.** Colonization of Vibrio Pelagius and Aeromonas caviae in early developing turbot, *Scophthalmous maximus* (L.) larvae. Journal of Applied Microbiology. Vol. 84, pp: 227-233.

۵۴. **Rodrigues, M.S.; Bolívar, N.; Legarda, E.C.; Guimarães, A.M.; Guertlerd, C.; do Espírito Santo, C.M.; Mouriño, J.L.P.; Seiffert, W.Q.; Fracalossic, 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 Caspain brown trout (*Salmo trutta Caspius*) juvenile fed diets containing different levels of soybean phosphatidylcholine. Aquaculter International. Aquaculture International. Vol. 19, No. 4, pp: 611-623.

۵۷. **Taw, N., 2010.** Biofloc technology expanding at white shrimp farms. GlobalAdvocate 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

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 selectedparameters of immune and antioxidant systems, and growth performance ofjuvenile *Litopenaeus vannamei* reared in zero-water exchange biofloc basedculture 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.