بررسی کیفیت آب و رشد بچه ماهی کپورمعمولی (*Cyprinus carpio*) تحت تغذیه با جیره‌های حاوی سطوح مختلف پروتئین در سیستم بیوفلوک

- **مهسا محمودی‌خوش‌دره‌گی***: گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، صندوق پستی: ۴۸۷-۴۹۱۷۵
- **عبدالمجید حاجی‌مرادلو**: گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، صندوق پستی: ۴۸۷-۴۹۱۷۵
- **بهروز دستار**: گروه تغذیه دام و طیور، دانشکده علوم دامی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، صندوق پستی: ۴۸۷-۴۹۱۷۵

تاریخ دریافت: مرداد ۱۳۹۶ تاریخ پذیرش: آبان ۱۳۹۶

چکیده

این مطالعه جهت ارزیابی اثرات بیوفلوک روی بهبود کیفیت آب و عملکرد رشد بچه ماهی کپورمعمولی (*Cyprinus carpio*) تغذیه شده با جیره‌های حاوی مقادیر مختلف پروتئین به‌میزان ۲۳، ۲۷، ۳۱ و ۳۵ درصد و تیمار آزمایشی بدون بیوفلوک در یک دوره ۸ هفته صورت گرفت. متوسط مقدار اکسیژن (۵/۳۳) و pH (۸/۰۵) در تیمارها بررسی شده و در تیمار شاهد بیش‌تر از تیمارهای بیوفلوکی بود. غلظت جامدات معلق کل در تیمارهای بیوفلوکی به‌طور معنی‌داری بالاتر از تیمار شاهد بود (P<۰/۰۵). کیفیت خوب آب با توسعه بیوفلوک از طریق افزودن ملاس چغندرقند در طی آزمایش غذایی نگه داشته شد. با گذشت زمان و توسعه بیوفلوک در تیمارهای بیوفلوکی، مقدار آمونیاک، نیترات و نیتریت از هفته چهارم آزمایش شروع به کاهش نمود و در انتهای آزمایش مقدار آن‌ها در تیمارهای بیوفلوکی کم‌تر از تیمار شاهد شده بود. رشد براساس درصد وزن حاصله و ضریب رشد ویژه در بچه ماهی‌های تغذیه شده با جیره‌های حاوی ۲۷ و ۳۱ درصد پروتئین به‌طور معنی‌داری بالاتر از بچه ماهی های تیمار شاهد بود که با جیره حاوی ۳۵٪ پروتئین تغذیه کرده بودند (P<۰/۰۵). در مجموع نتایج این مطالعه نشان داد که در سیستم بیوفلوک، تغذیه ماهی کپورمعمولی با جیره حاوی ۲۷ و ۳۱ درصد پروتئین، بهترین نتیجه را در بهبود کیفیت آب و عملکرد رشد دارد.

کلمات کلیدی: کیفیت آب، راندمان رشد، کپور معمولی، جیره پروتئینی، سیستم بیوفلوک

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول: Mahsamahmoudi@yahoo.com

مقدمه

افزایش فعالیت‌های آبزی‌پروری باعث تولید مقادیر زیادی آلاینده‌های آلی می‌شود که احتمالاً موجب اثرات سمی حاد و خطرات بلندمدت محیطی می‌شوند (Piedrahita، ۲۰۰۳). نخستین و عمومی‌ترین روش مقابله با این مشکل جایگزینی مداوم آب استخر از طریق تعویض است (Gutierrez-Wing و Malone، ۲۰۰۶)، اما این روش نیازمند استفاده از حجم زیاد آب است (Wang، ۲۰۰۳). روش دیگر برای حذف آلاینده‌های سمی از آب پرورشی بدون ایجاد نگرانی‌های محیطی استفاده از سیستم‌های آبزی‌پروری باز چرخشی (RAS) می‌باشد (Gutierrez-Wing و Malone، ۲۰۰۶). اثر سودمند این تکنولوژی این است که فقط ۱۰٪ از حجم کل آب در روز نیازمند تعویض است (Twarowska و همکاران، ۱۹۹۷). سیستم‌های تکنولوژی بر پایه فناوری بیوفلوکی (Biofloc) به‌عنوان یک روش مفید و دوست‌دار محیط‌زیست در آبزی پروری معرفی شده است که علاوه بر کنترل کیفیت آب، از طریق تولید غذای پروتئینی باکتریایی برای جانوران آبزی در داخل مکان پرورشی ارزش افزوده‌ای ایجاد می‌کند (Little و همکاران، ۲۰۰۸؛ Crab و همکاران، ۲۰۰۷؛ Avnimelech، ۲۰۰۶). در چنین سیستم‌هایی، کنترل نیتروژن غیرآلی براساس افزایش رشد باکتری‌های هتروتروفی و در نتیجه افزودن منبع کربن آلی یا کاهش پروتئین غذای ورودی جهت بالا بردن نسبت کربن به نیتروژن (C/N) است که موجب جذب نیتروژن به‌داخل پروتئین‌های سلولی جدید می‌شود (Schneider و همکاران، ۲۰۰۷؛ Avnimelech، ۲۰۰۶). هنگامی‌که تراکم باکتری‌ها افزایش یابد، تمایل به تشکیل توده‌های بیوفلوک دارند که این توده‌ها می‌تواند توسط برخی از گونه‌های پرورشی به‌عنوان یک منبع غذایی طبیعی مصرف شود (Schneider و همکاران، ۲۰۰۶؛ Burford و همکاران، ۲۰۰۴). فراهم نمودن مواد مغذی مخصوصاً پروتئین در جیره غذایی جهت سوخت و ساز مناسب فیزیولوژیکی و رشد آبزی پرورشی ضروری است (Kureshy و Davis، ۲۰۰۲). پروتئین پرهزینه‌ترین ریزمغذی در جیره ماهی است (Pillay، ۱۹۹۰)، بنابراین مقدار پروتئین در جیره باید به اندازه کافی برای رشد ماهی وجود داشته باشد، در غیر این‌صورت پروتئین اضافی بدون مصرف بوده و موجب افزایش هزینه‌های پرورش می‌شود. پروتئین‌های هضم شده نه تنها در سنتز هورمون‌ها و آنزیم‌ها به‌کار می‌روند بلکه برخی از آن‌ها از اجزای سیستم‌های ایمنی و آنتی‌اکسیدانی هستند. مطالعات قبلی نشان داده‌اند که غذاهایی با پروتئین خیلی کم اعمال فیزیولوژیکی گونه پرورشی مانند متابولیسم پروتئین و پاسخ ایمنی را تضعیف می‌کنند (Goimier و همکاران، ۲۰۰۶؛ Pascual و همکاران، ۲۰۰۴). با توجه به این‌که بیوفلوک دارای محتوای پروتئینی حدود ۲۴ تا ۴۰٪ است و به سهولت توسط آبزی در محیط پرورشی مورد مصرف قرار می‌گیرد، بنابراین می‌توان با پرورش آبزیان در سیستم بیوفلوک مقدار پروتئین در جیره را کاهش داد. تاکنون مطالعاتی در مورد اثر استفاده از جیره‌هایی با سطوح مختلف پروتئین در سیستم بیوفلوک بر روی عملکرد رشد میگوی وانامی (Xu و Pan، ۲۰۱۴) و ماهی تیلاپیا (Haridas و همکاران، ۲۰۱۷) انجام شده است و اثر مثبت بیوفلوک اثبات شده است. ماهی کپورمعمولی (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) به‌علت مقاومت بالا به تنش‌های زیست محیطی یکی از مهم‌ترین گونه‌های پرورشی آب شیرین در جهان است (Xu و همکاران، ۲۰۱۲؛ Williams و همکاران، ۲۰۰۸). در مورد اثر مثبت بیوفلوک روی ماهی کپورمعمولی تاکنون تحقیقاتی صورت گرفته است (عظیمی و همکاران، ۱۳۹۵؛ بخشی و همکاران، ۱۳۹۳) و اثر مثبت آن در افزایش رشد ماهی و بهبود کیفیت آب نشان داده شده است، اما اینکه آیا می‌توان با کاهش سطح پروتئین در جیره ماهی کپورمعمولی پرورشی در سیستم بیوفلوک به‌همان نتایج رسید تاکنون تحقیقی صورت نگرفته است. بنابراین، هدف از مطالعه حاضر ارزیابی اثر بیوفلوک بر روی بهبود کیفیت آب از طریق بررسی شاخص‌های آمونیاک، نیترات و نیتریت و هم‌چنین رشد ماهی کپور معمولی تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح مختلف پروتئینی بود.

مواد و روش‌ها

تهیه ماهی کپورمعمولی و امکانات آزمایشی: بچه‌ماهیان انگشت‌قد کپورمعمولی (*Cyprinus carpio*) پس از تهیه به آزمایشگاه جهت بررسی انتقال یافتند. ماهی‌ها در یک مخزن مستطیلی (۱۰۰۰ لیتری) به‌مدت ۲ هفته با جیره تجاری کپورمعمولی ساخت شرکت خوراک داخلی گنبد (حاوی ۳۵٪ پروتئین) به‌مقدار ۲ درصد وزن بدن و در دو نوبت (۸ صبح و ۱۴ عصر) تغذیه و پس از سازگاری با شرایط محیطی تعداد ۳۰ بچه‌ماهی با میانگین وزن ۰/۸±۱۷ گرم درون هر مخزن آزمایشی انتقال داده شدند. برای هوادهی و تامین اکسیژن ۵ عدد سنگ هوا که به منبع هواده متصل بودند در کف تانک‌ها نصب شدند. طراحی آزمایش به‌صورت کاملاً تصادفی انجام شد که شامل ۵ تیمار با ۳ تکرار در ۱۵ مخزن فایبرگلاس با حجم آبگیری ۱۵۰ لیتر و ابعاد ۱ متر قطر و ۰/۵ متر ارتفاع بود. در گروه شاهد بچه ماهیان با جیره حاوی ۳۵٪ پروتئین خام تغذیه شدند و تعویض آب در این گروه روزانه حدود یک سوم (Avnimelech، ۲۰۱۲) و در حدی بود که فضولات ماهی از کف مخزن جمع‌آوری شود ، درصورتی‌که در تیمارهای بیوفلوکی ماهیان با جیره‌های حاوی درصدهای مختلف پروتئین تغذیه شدند و تعویض آب در حدود ۶٪ در هفته بود. تیمارهای شاهد و

بیوفلوکی (BFT) به این صورت استفاده شدند: تیمار شاهد ۳۱٪-CW (تغذیه با جیره ۳۵٪ پروتئین)، تیمار ۳۵٪-BFT (تغذیه با جیره حاوی ۳۵٪پروتئین)، تیمار ۳۱٪-BFT (تغذیه با جیره حاوی ۳۱٪ پروتئین)، تیمار ۲۷٪- BFT (تغذیه با جیره حاوی ۲۷٪ پروتئین) و تیمار ۲۳٪- BFT (تغذیه با جیره حاوی ۲۳٪ پروتئین). غذادهی در دو نوبت (۹ صبح و ۱۶ عصر) انجام شد و مقدار غذادهی در طول مدت آزمایش (۵۶ روز) در همه تیمارها در ابتدا حدود ۵٪ وزن کل بدن بود و در ادامه با توجه به مشاهده مقدار غذاهای خورده نشده به حدود ۲٪ وزن بدن کاهش یافت. برای تهیه استوک بیوفلوکی جهت تلقیح به مخازن تیمارهای بیوفلوکی، سه مخزن فایبرگلاسی ۵۰۰ لیتری با حجم آبگیری ۲۰۰ لیتر را با آب شیرین پر کرده و به هر کدام از آن‌ها در طی روزهای آزمایش جهت برقراری نسبت C/N در حدود ۱۵، ۱۰۰ گرم خوراک ماهی با ۳۵٪ پروتئین و ۲۱۰ گرم ملاس چغندر قند (۴۰٪ کربن) اضافه کرده و محیط حاصل به‌شدت هوادهی شد و بعد از بارگیری بیوفلوک به‌میزان کافی آب مخازن را با توری دارای چشمه‌هایی با سایز ۱۰ میکرومتر فیلتر کرده و فلوک تولیدی به‌میزان ۰/۵ میلی‌لیتر در هر لیتر به آب مخازن تیمارهای بیوفلوکی (۷۵ میلی لیتر در هر مخزن) قبل از ذخیره‌سازی ماهی اضافه شد. ملاس چغندر قند در آب تانک‌های تیمارهای بیوفلوکی جهت بالا بردن نسبت C/N تا حدود ۱۵ اضافه شد. مقدار ملاس چغندرقند طبق معادله Schryver و همکاران (۲۰۰۸) برحسب مقدار پروتئین جیره متفاوت بود و مقادیر آن ۲/۹۹، ۲/۳۵، ۱/۷۸ و ۱/۲۹ گرم در ۱۵۰ لیتر آب به‌ترتیب در تیمارهای ۳۵٪-BFT، ۳۱٪-BFT، ۲۷٪-BFT و ۲۳٪-BFT بود. میزان ملاس چغندر قند مورد نیاز با مقداری از آب مخزن مخلوط شد و پس از آخرین وعده غذایی به‌مقدار مساوی به هر مخزن اضافه شد (Avnimelech، ۲۰۱۲).

معادله Schryver و همکاران (۲۰۰۸) به صورت زیر تعریف شده است:

XYPK ۱۵ = مقدار ملاس چغندر قند (گرم در متر مکعب آب)

در این معادله:

X= تراکم ماهی (گرم/مترمکعب)، Y= (۵٪=۰/۰۵) مقدار غذا بر حسب درصد وزن بدن، P= مقدار پروتئین غذا، K= مقدار نیتروژن غذا

جیره‌های آزمایشی: چهار جیره شامل ۲۳، ۲۷، ۳۱ و ۳۵ درصد پروتئین براساس ترکیب تقریبی اجزای مختلف تشکیل‌دهنده جیره تولید شدند (جدول ۱). جهت تهیه جیره‌ها، ابتدا مواد خشک جیره با هم مخلوط شدند و سپس روغن ماهی، روغن سویا و مقداری آب گرم اضافه شد و مجدداً مخلوط شدند. خمیر نرم و مرطوب حاصله از طریق چرخ گوشت با چشمه ۱/۵ میلی‌متری به پلت تبدیل شد و سپس پلت‌های حاصله در مجاورت هوا، تا زمانی که رطوبت آن‌ها به ۱۰ درصد کاهش یابد، خشک شدند. بعد از خشک شدن، پلت‌های رشته‌ای شکسته شده و به قطر ۲ میلی‌متر برش خوردند و تا زمان استفاده در کیسه‌های پلاستیکی در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند. جهت آنالیز شیمیایی جیره‌های تولید شده نمونه‌هایی از همه جیره‌ها به آزمایشگاه فرستاده شد و ترکیب شیمیایی آن‌ها تعیین شد (AOAC، ۲۰۰۵).

جدول۱: درصد ترکیب و ارزش غذایی جیره‌های آزمایشی مورد استفاده در سطوح مختلف پروتئینی

مواد جیره (درصد)	سطح پروتئین جیره (درصد)			
	۳۵	۳۱	۲۷	۲۳
ذرت	۹/۹۶	۱۹/۲۱	۲۸/۴۷	۳۷/۶
گندم	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲
کنجاله سویا	۳۷/۶۳	۲۷/۰۹	۱۶/۵۵	۶/۰۳
پودر ماهی	۲۱/۵	۲۱/۵	۲۱/۵	۲۱/۵
روغن (۵۰٪ روغن ماهی و ۵۰٪ روغن سویا)	۷/۶۳	۸/۹	۱۰/۱۶	۱۱/۴۵
مکمل ویتامینی و معدنی	۳	۳	۳	۳
ال- لیزین	۰/۰۶	۰/۱	۰/۱۳	۰/۲۴
ال- ترئونین	۰/۲۲	۰/۲	۰/۱۹	۰/۱۸
سلولز	۸	۸	۸	۸
جمع	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
آنالیز تقریبی جیره‌های غذایی				
انرژی قابل هضم	۳۲۰۰	۳۲۰۰	۳۲۰۰	۳۲۰۰
پروتئین خام (٪)	۳۵	۳۱	۲۷	۲۳
چربی خام (٪)	۱۱/۰۳	۱۲/۳۳	۱۳/۶۴	۱۴/۹۶
خاکستر کل (٪)	۵/۱۷	۴/۶۳	۴/۰۹	۳/۵۴
فیبر خام (٪)	۲/۸۹	۲/۴۵	۲/۰۱	۱/۵۸

ارزیابی پارامترهای کیفی آب: پارامترهای کیفی آب شامل اکسیژن محلول و دما با استفاده از اکسیژن‌متر مدل Aqua Lytic AL15 ساخت کشور آلمان و pH با استفاده از پی اچ متر (راد طب نوین، ساخت ایران) به‌صورت روزانه قبل از اولین غذادهی اندازه‌گیری شد. پارامترهای آمونیاک، نیتریت، نیترات و قلیاییت در آب فیلتر شده با کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ با استفاده از کیت‌های مخصوص در دستگاه فتومتر (Wegtech 7100، ساخت کشور انگلستان) به‌صورت هفتگی اندازه‌گیری شدند. جهت اندازه‌گیری مواد جامد معلق کل (TSS) به‌صورت هفتگی، ۱۰۰ میلی‌لیتر از آب مخازن را با کاغذ صافی فیلتر کرده و کاغذ صافی را در آون در درجه حرارت ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲ تا ۴ ساعت قرار داده تا خشک شود (Azim و Little، ۲۰۰۸).

پارامترهای رشد: نمونه‌برداری از ماهیان جهت برآورد وزن در ابتدای آزمایش و هر دو هفته یک‌بار انجام شد و براساس اندازه‌گیری‌های انجام شده مواردی از قبیل میانگین وزن نهایی، درصد وزن حاصله، ضریب تبدیل غذایی، نرخ رشد ویژه و درصد بقا محاسبه شد. افزایش

وزن (Weight Gain) برحسب گرم و افزایش طول بدن (Length Gain) بر حسب سانتی‌متر از طریق روابط زیر محاسبه شد:

وزن اولیه - وزن ثانویه = افزایش وزن

طول اولیه - طول ثانویه = افزایش طول بدن

ضریب رشد ویژه (Specific Growth Rate) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (Watanabe و همکاران، ۱۹۹۳):

$$\text{ضریب رشد ویژه} = \frac{Ln \text{ وزن اولیه بدن} - Ln \text{ وزن نهایی بدن}}{\text{تعداد روزهای پرورش}} * ۱۰۰$$

ضریب تبدیل غذایی (Feed Conversion Ratio) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد: (Luz و همکاران، ۲۰۰۸)

$$\text{ضریب تبدیل غذایی} = \frac{\text{میزان غذای خشک خورده شده (گرم)}}{\text{میزان افزایش وزن بدن (گرم)}}$$

درصد بقا یا بازماندگی از طریق رابطه زیر محاسبه گردید:

$$\text{درصد بازماندگی} = \frac{\text{تعداد نهایی ماهی}}{\text{تعداد اولیه ماهی}} * ۱۰۰$$

آنالیز آماری: ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف (Kolmogorov-Smirnov) بررسی شد. داده‌هایی که نرمال نبودند با تبدیل لگاریتمی و آرک سینوس نرمال شدند. نتایج به‌دست آمده از آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی، با استفاده از نرم‌افزار SAS ورژن ۹.۱ (SAS Institute, Cary, NC, USA) مورد تجزیه آماری قرار گرفت. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۹۵ درصد انجام شد.

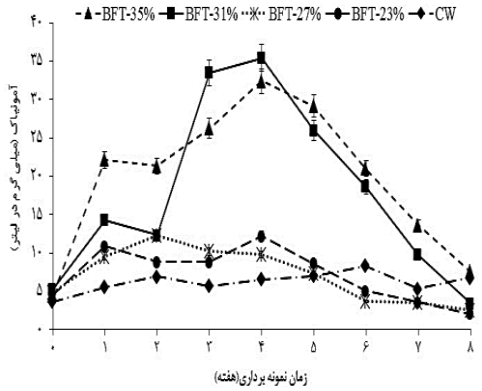
نتایج

پارامترهای کیفی آب: میانگین دمای آب، اکسیژن محلول، pH، مواد جامد معلق کل و قلیاییت در طی دوره آزمایش در جدول ۲ نشان داده شده است. میانگین دمای آب در تیمار شاهد به‌میزان ۱۶/۶۳±۰/۴۴ درجه سانتی‌گراد بود که از سایر تیمارهای بیوفلوکی کم‌تر بود درحالی‌که میانگین اکسیژن محلول (۰/۲۲±۵/۳۳ میلی‌گرم در لیتر) و pH (۰/۲±۸/۰۵) در تیمار شاهد از تیمارهای بیوفلوکی بیش‌تر بود. مقدار مواد جامد معلق کل در تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری کم‌تر از سایر تیمارهای بیوفلوکی بود ($P<۰/۰۵$) ولی بین تیمارهای بیوفلوکی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$). مقدار قلیاییت آب بین تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری نداشت ($P>۰/۰۵$). غلظت ترکیبات نیتروژنی غیرآلی محلول شامل آمونیاک (شکل ۱)، نیترات (شکل ۲) و نیتریت (شکل ۳) در تیمارهای مختلف در طی دوره آزمایش ارائه شده است. کم‌ترین مقدار آمونیاک در سه هفته آخر پرورش (هفته ششم، هفتم و هشتم) در تیمارهای بیوفلوکی BFT-٪۲۷ و BFT-٪۲۳ مشاهده شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان دادند ($P<۰/۰۵$). بالاترین مقدار نیترات در طول دوره آزمایش در تیمارهای شاهد و BFT-٪۳۵ مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان دادند ($P<۰/۰۵$)، ولی بین تیمارهای BFT-٪۳۱، BFT-٪۲۷ و BFT-٪۲۳ و یا بین تیمارهای شاهد، BFT-٪۳۵ و BFT-٪۲۳ اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$). مقدار نیترات در دو هفته اول دوره آزمایشی بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی داری نشان نداد ($P>۰/۰۵$)، اما در هفته سوم بالاترین و کم‌ترین مقدار نیترات به‌ترتیب در تیمارهای BFT-٪۲۳ و تیمار شاهد مشاهده شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان دادند ($P<۰/۰۵$). در هفته چهارم، بالاترین مقدار نیترات در تیمار BFT-٪۳۵ مشاهده شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داد ($P<۰/۰۵$)، اما بین سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$). در هفته پنجم مقدار نیترات بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری نشان نداد ($P>۰/۰۵$). در هفته ششم آزمایش بالاترین و کم‌ترین مقدار نیترات به‌ترتیب در تیمارهای BFT-٪۲۳ و BFT-٪۳۵ مشاهده شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت ($P<۰/۰۵$). در هفته هفتم بالاترین مقدار نیترات در تیمار شاهد مشاهده شد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داد ($P<۰/۰۵$). در هفته آخر دوره آزمایشی بین تیمارهای مختلف در مقدار نیترات اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$). مقدار نیتریت در طول دوره آزمایش بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری نشان نداد ($P>۰/۰۵$). بالاترین مقدار نیتریت (۶/۹۲ میلی‌گرم در لیتر) در طول دوره آزمایش در تیمار BFT-٪۳۵ در هفته چهارم مشاهده شد و سپس روند کاهشی داشت، به‌طوری‌که مقدار نیتریت در هفته آخر پرورش در تیمارهای BFT-٪۳۵ و BFT-٪۲۳ به کم‌ترین مقدار در مقایسه با سایر تیمارها رسید و با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نشان دادند ($P<۰/۰۵$).

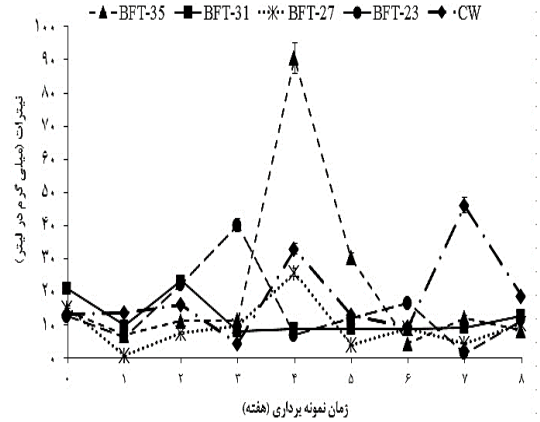
پارامترهای رشد: پارامترهای رشد بچه‌ماهی‌های کپورمعمولی در تیمارهای مختلف آزمایشی در جدول ۳ ارائه شده است. درصد بقا در تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری بالاتر از تیمارهای بیوفلوکی بود ($P<۰/۰۵$)، اما هیچ تفاوت معنی‌داری در درصد بقا بین تیمارهای بیوفلوکی مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$). میانگین وزن نهایی بچه‌ماهیان، درصد وزن حاصله و ضریب رشد ویژه در تیمارهای BFT-٪۳۱ و BFT-٪۲۷ به‌طور معنی‌داری بالاتر از سایر تیمارها بود ($P<۰/۰۵$). بالاترین ضریب تبدیل غذایی در ماهیان تیمار BFT-٪۲۳ مشاهده شده که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با تیمارهای دیگر داشت ($P<۰/۰۵$).

جدول۲: میانگین (±انحراف معیار) متغیرهای کیفی آب در تیمارهای مختلف در طی دوره آزمایش

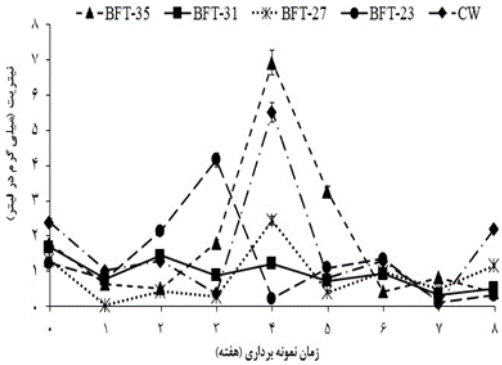
پارامترها	شاهد	تیمار			
		BFT-٪۳۵	BFT-٪۳۱	BFT-٪۲۷	BFT-٪۲۳
دمای آب (درجه سانتی‌گراد)	۱۶/۶۳±۰/۴۴	۰/۵۶ ±۱۷/۸۷	۰/۴۷±۱۷/۵	۰/۵۳±۱۷/۴۳	۰/۴۴±۱۷/۵۱
اکسیژن محلول آب (میلی‌گرم در لیتر)	۵/۳۳±۰/۲۲	۰/۶۳±۴/۳۵	۰/۵۳±۴/۶	۰/۵۴±۴/۵	۰/۴۵±۴/۶۱
pH	۸/۰۵±۰/۲	۰/۲۹±۷/۷۵	۰/۲۷±۷/۸۲	۰/۳۳±۷/۷۲	۰/۲۳±۷/۷۸
مواد جامد معلق کل (TSS)	۵۵/۱۳±۲۲/۷۸[b]	۵۱۹/۵۸±۵۹/۷۷[a]	۴۴۴/۲۵±۸۶/۲۳[a]	۴۲۱/۵۸±۲۰۲/۰۷[a]	۳۴۳/۹۶±۱۰۱/۲۵[a]
قلیاییت کل (میلی‌گرم کربنات کلسیم در لیتر)	۱۶۴/۵±۹/۲۹[a]	۱۵۲/۷۹±۲۱/۰۲[a]	۱۷۸/۹۲±۲۸/۳۹[a]	۱۷۲/۷۹±۱۹/۳۳[a]	۱۹۰/۸۳±۳۹/۴۷[a]



شکل ۱: نوسانات غلظت آمونیاک در تیمارهای مختلف آزمایشی



شکل ۲: نوسانات غلظت نیترات در تیمارهای مختلف آزمایشی



شکل ۳: نوسانات غلظت نیتریت در تیمارهای مختلف آزمایشی

بحث

در تیمار شاهد به‌علت تعویض روزانه آب، مقدار دمای آب کم‌تر از تیمارهای بیوفلوکی بود. در سیستم پرورش ماهی در تیمارهای بیوفلوکی وجود جوامع باکتریایی هتروتروفی باعث کاهش مقدار اکسیژن محلول در این تیمارها نسبت به تیمار شاهد شده است، زیرا همه جوامع میکروبی همانند گونه‌های ماهی نیازمند اکسیژن محلول هستند. Olah و همکاران (۱۹۸۷) میزان مصرف اکسیژن باکتری‌ها در استخر ماهی را مطالعه کردند و دریافتند که ۷۷٪ از مصرف کل اکسیژن‌مربوط به باکتری‌ها است. تحقیقات متعددی توسط Visscher و Duerr (۱۹۹۱)، Avnimeleche و همکاران (۱۹۹۲) و Sun و همکاران (۲۰۰۱) صورت پذیرفته است و اظهار داشته‌اند که جمعیت باکتری‌های هتروتروفی مقدار زیادی از اکسیژن محلول در استخرهای پرورش ماهی را مصرف می‌کنند. در مطالعه حاضر با وجود این‌که هوادهی در همه تیمارها به‌طور مداوم انجام شد، با این وجود مقدار اکسیژن محلول در تیمارهای بیوفلوکی از مخزن شاهد کم‌تر بود. در مخازن حاوی تیمارهای بیوفلوکی مقدار PH به‌علت افزایش دی‌اکسید کربن درنتیجه تنفس باکتری‌های هتروتروفی ممکن است کاهش یابد که در مطالعه حاضر نیز مقدار PH در تیمار شاهد از تیمارهای بیوفلوکی بیش‌تر بود که چنین روندی در مطالعات Tacon و همکاران (۲۰۰۲) و Wasielesky و همکاران (۲۰۰۶) نیز گزارش شده است. میانگین غلظت TSS در تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری کم‌تر از تیمارهای بیوفلوکی بود. درمطالعه‌حاضر تلاش‌شد که با ته‌نشین کردن آب تیمارهای بیوفلوکی در یک سطل مقدار TSS را زیر ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر حفظ نمود. با این‌که این عمل صورت پذیرفت، اما مقادیر TSS در دو هفته آخر تقریباً به ۱۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر رسید. این موقعیت غیرقابل کنترل هم‌چنین توسط Azim و Little (۲۰۰۸) نیز برای سیستم‌های بیوفلوکی گزارش شده است، با این وجود هیچ‌گونه تاثیر منفی روی بقای ماهی یا رشد در گروه بیوفلوکی در طول دوره آزمایش مشاهده نشد. کم‌ترین مقدار قلیاییت در تیمار BFT-٪۳۵ مشاهده شد که ممکن است مربوط به نرخ بالاتر نیتریفیکاسیون و تنفس توسط میکروارگانیزم‌ها باشد. نیتریفیکاسیون برای اکسیدکردن ۱ میلی‌گرم

جدول۳: نتایج آزمون دانکن پارامترهای رشد در ماهی‌های تغذیه شده با سطوح مختلف پروتئین در جیره (انحراف معیار ± میانگین)

پارامترها	تیمارها				
	CW – ٪۳۵	BFT – ٪۳۵	BFT – ٪۳۱	BFT – ٪۲۷	BFT – ٪۲۳
میانگین وزن اولیه (گرم)	۱۷/۸۱±۰/۰۴a	۱۷/۵۶±۰/۲۱a	۱۷/۵۸±۰/۱۲a	۱۷/۵۲±۰/۰۸a	۱۷/۶۲±۰/۰۴a
میانگین وزن نهایی (گرم)	۲۸/۷۸±۰/۹۹b	۲۶/۷±۰/۴۵c	۳۰/۰۹±۰/۳۳a	۲۹/۹۲±۰/۲۸a	۲۵/۴۳±۰/۹۸d
درصد وزن حاصله (٪)	۶۱/۵۳±۵/۹۵b	۵۲/۱۲±۴/۲۹c	۷۱/۱۲±۱/۴۲a	۷۰/۷۸±۰/۹۵a	۴۴/۴۱±۵/۷c
ضریب رشد ویژه (٪)	۰/۸۵±۰/۰۶b	۰/۷۵±۰/۰۵c	۰/۹۶±۰/۰۲a	۰/۹۵±۰/۰۰a	۰/۶۵±۰/۰۷ d
درصد بقا (٪)	۱۰۰±۰/۰a	۸۳/۳۳ ±۱۵/۲۷ b	۸۶/۶۷±۶/۶۷ b	۹۱/۱۱±۹/۶۲ ab	۸۱/۱۱±۱۳/۸۸ b
ضریب تبدیل غذایی	۲/۲۲±۰/۱۹b	۲/۹۷±۰/۵۷ab	۲/۱۵±۰/۱۵b	۲/۱۵±۰/۱۷b	۳/۴۹±۰/۷۸ a

نیتروژن آمونیاکی تقریباً به ۴ میلی‌گرم در لیتر اکسیژن و ۸ میلی‌گرم در لیتر بی‌کربنات نیاز دارد (Sharma و Ahlert، ۱۹۷۷؛ Gujer و Jenkins، ۱۹۷۴) و بنابراین قلیاییت و PH در آب کاهش می‌یابد. تجمع ترکیبات غیرآلی نیتروژنی (آمونیاک، نیترات و نیتریت) در سیستم‌های پرورشی مربوط به غذای خورده نشده و محصولات دفعی است. کنترل این ترکیبات نیتروژنی غیرآلی در سیستم‌های بیوفلوکی می‌تواند از طریق کاهش مقدار پروتئین غذا جهت افزایش دسترسی به کربن آلی در آب یا افزودن ترکیبات کربوهیدراتی با نسبت C/N مناسب جهت تحریک رشد باکتری‌های هتروتروفی انجام شود (Azim وهمکاران، ۲۰۰۸؛ Hargreaves، ۲۰۰۶؛Avnimelech، ۱۹۹۹).از نظر تئوری، غلظت‌های آمونیاک، نیترات و نیتریت در سیستم‌های بیوفلوکی درنتیجه تبدیل نیتروژن غیرآلی به بیوماس باکتریایی می‌بایست ثابت و کم باشد (Ebeling و Timmons، ۲۰۰۷؛ Schneider و همکاران، ۲۰۰۷). در این آزمایش تقریباً ۴ هفته برقرار شدن نیتریفیکاسیون کامل طول کشید (شکل ۱)، به‌طوری‌که مقدار آمونیاک در تیمارهای بیوفلوکی در چهار هفته اول روند افزایشی داشت و بالاترین مقدار آمونیاک در تیمارهای بیوفلوکی در هفته چهارم مشاهده شد و بعد از هفته چهارم مقدار آمونیاک شروع به کاهش نمود که تأخیر در توسعه نیتریفیکاسیون در تیمارهای بیوفلوکی می‌تواند به‌علت رقابت بین باکتری‌های هتروتروفی و باکتری‌های نیتریفیکاسیونی برای آمونیاک مخصوصاً در غلظت‌های محدود آمونیاک باشد (Malone و همکاران، ۲۰۰۶). ملاس چغندرقند اضافه شده به مخازن تیمارهای بیوفلوکی رشد باکتری‌های هتروتروفی را تحریک می‌کند که سرعت رشد آن‌ها حدود ۱۰ برابر رشد باکتری‌های نیتریفیکاسیونی است (Hargreaves، ۲۰۰۶؛ Schneider و همکاران، ۲۰۰۶؛ Tchobanoglous و همکاران، ۲۰۰۳).تجمع نیترات و نیتریت در هفته‌های اول ممکن است ناشی از پروسه‌های نیتریفیکاسیونی باشد که در سیستم‌های بیوفلوکی رایج است (Zhao و همکاران، ۲۰۱۲؛ Xu و همکاران، ۲۰۱۲؛ Widanarni و همکاران، ۲۰۱۲؛ Azim و Little، ۲۰۰۸). اما کاهش نیترات و نیتریت از چهارمین هفته تا انتهای آزمایش احتمالاً به‌علت آلی شدن توسط باکتری‌های هتروتروفی رخ می‌دهد که از پروسه‌های نیتریفیکاسیونی جلوگیری می‌کند.هم‌چنین ممکن است در طی آزمایش دنیتریفیکاسیون هم رخ دهد (Luo و همکاران، ۲۰۱۳؛ Azim و Little، ۲۰۰۸). میانگین غلظت نیترات و نیتریت در تیمار شاهد بالاتر از تیمارهای بیوفلوکی بود که این امر موافقت می‌کند که احتمالاً در این تیمار نیتریفیکاسیون رخ می‌دهد. غلظت بالای ترکیبات نیتروژنی غیرآلی در تیمار شاهد نشان می‌دهد که کربن آلی کافی در دسترس جهت تبدیل شدن ترکیبات نیتروژنی غیرآلی به بیوماس باکتریایی در مقایسه با تیمارهای بیوفلوکی وجود ندارد. بیوفلوک‌های رشد کرده در تیمارهای بیوفلوکی به‌طور معنی‌داری عملکرد رشد ماهی را در مطالعه حاضر بهتر کردند. رشد ماهی برحسب درصد وزن حاصله و ضریب رشد ویژه، تمایلی از افزایش را همراه با افزایش سطح پروتئین جیره از ۲۳٪ تا ۳۱٪ نشان داد که این پارامترها در ماهیان تیمارهای BFT-٪۲۷ و BFT-٪۳۱ به‌طور معنی‌داری از سایر تیمارها بالاتر بود و کم‌ترین رشد در تیمار BFT-٪۲۳ مشاهده شد که این مساله شاید به‌دلیل کافی نبودن پروتئین جیره غذایی برای رشد باشد. بیش‌تر مطالعات صورت گرفته روی سیستم‌های بیوفلوک، افزایش معنی‌داری عملکرد رشد آبزیان پرورشی را گزارش نموده‌اند(Luo و همکاران، ۲۰۱۴؛ Xu و Pan، ۲۰۱۲؛ Azim و Little، ۲۰۰۸). در مطالعه Avnimelech و همکاران (۱۹۹۹) که جذب غذا و پاسخ به کربوهیدارت‌های اضافه شده به سیستم ماهی تیلاپیا را بررسی کردند، رشد بالاتر ماهی را در استخرهای بیوفلوکی که با غذای ۲۰٪ پروتئین تغذیه شده بودند در مقایسه با ماهیان استخرهای بدون بیوفلوک و تغذیه شده با غذای ۳۰٪ پروتئین گزارش کردند. در مطالعه حاضر وزن نهایی ماهیان در تیمارهای BFT-٪۳۱ و BFT-٪۲۷ به‌طور معنی‌داری بالاتر از ماهیان تیمار شاهد که با غذای حاوی ۳۵٪ پروتئین تغذیه شده بودند که نشان‌دهنده شرکت مداوم بیوفلوک در تغذیه ماهیان در تیمارهای بیوفلوکی است. هم‌چنین Azim و Little (۲۰۰۸) اثرات بیوفلوک را در ماهی جوان تیلاپیا بررسی و مشاهده کردند که هیچ تفاوتی در رشد و تولید ماهی بین مخازن تغذیه شده با ۲۴٪ و ۳۵٪ پروتئین تحت شرایط بیوفلوکی مشاهده نشد،امامخازن شاهد که دارای آب شفاف و فاقد بیوفلوک بود و از غذایی با ۳۵٪ پروتئین تغذیه کرده

بودند رشد بالاتری را نشان دادند. Poleo و همکاران (۲۰۱۱) نیز نشان دادند که تفاوتی در رشد ماهیان سیستم بیوفلوک که با غذای ۴۴٪ پروتئین و ۲۸٪ پروتئین و ماهیان در سیستم کنترل تغذیه شده با غذای ۴۴٪ وجود نداشت. در این مطالعه، میانگین نرخ بقا بالای ۸۱٪ بود و بین چهار تیمار بیوفلوکی با چهار سطح پروتئین در جیره هیچ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد، که با نتایج مطالعات Xu و Pan (۲۰۱۴) و Correia و همکاران (۲۰۱۴) مطابقت داشت. شاخص ضریب تبدیل غذایی در تیمار BFT-۳۱٪ و BFT-۲۷٪ نسبت به تیمار شاهد کم‌تر بود که منطبق با نتایج مطالعات Najdegerami و همکاران (۲۰۱۶) و Azimi و همکاران(۲۰۱۶) می‌باشد که تایید می-کند افزودن یک منبع کربنی‌آلی مانندملاس موجب افزایش جمعیت باکتری‌های هتروتروفی و بهبود راندمان‌رشدماهی کپورمعمولی می-شود. با توجه به نقش مفید تکنولوژی بیوفلوک در بهبود کیفیت آب که باعث کاهش هزینه‌های تصفیه آب (کاهش هزینه‌های تصفیه آب تا ۳۰٪) در مقایسه با تکنولوژی‌های رایج تصفیه آب در آبزی‌پروری می‌شود و نیز نقش آن در بهبود رشد ماهی به‌علت تغذیه از بیوفلوک های کم هزینه و غنی از پروتئین‌که به‌طورمکمل یک سود بالقوه‌روی هزینه‌های غذا (راندمان استفاده پروتئینی در سیستم‌های بیوفلوک درمقایسه با استخرهای رایج ۲ برابر بالاتر است) ایجاد می‌کند (Crab، ۲۰۱۰؛ Crab و همکاران، ۲۰۰۸؛ Schryve، ۲۰۰۸). استفاده از این فن‌آوری را برای پرورش گونه‌هایی از آبزیان که قادر به تحمل شرایط بیوفلوکی (بقا در تراکم‌بالا، تحمل سطوح‌متوسط اکسیژن محلول (۶-۳ میلی‌گرم در لیتر)، تحمل میزان بالای جامدات معلق در آب، تحمل میزان بالای ترکیبات نیتروژنی، دارا بودن دستگاه‌های فیلترکننده، عادت همه چیزخواری) می‌باشند می‌توان توصیه نمود. در مجموع کیفیت آب و رشد ماهی‌ها در تیمارهای BFT-۳۱٪ و BFT-۲۷٪ نسبت به تیمار شاهد بهتر بود و بنابراین بهترین جیره برای ماهی کپورمعمولی جهت پرورش در سیستم بیوفلوک، جیره‌ای با مقدار پروتئین در محدوده ۲۷ تا ۳۱٪ پروتئین توصیه می‌گردد.

منابع

۱. **بخشی، ف.؛ ملک‌زاده‌ویایه، ر. و حسین‌نجدگرامی، آ.، ۱۳۹۳.** بررسی بازدهی استفاده از سیستم تولید توده زیستی (Biofloc) در پرورش متراکم ماهی کپورمعمولی (*Cyprinus carpio*). فصلنامه علمی پژوهشی محیط زیست جانوری. دوره ۶، شماره ۳، صفحات ۴۵ تا ۵۲.

۲. **عظیمی، ع.؛ جعفریان، ح.؛ هرسیج، م.؛ قلی‌پور، ح. و پاتیمار، ر.، ۱۳۹۵.** تأثیر نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن بر پارامترهای کیفی آب و عملکرد رشد بچه‌ماهیان کپورمعمولی (*Cyprinus carpio*) در سیستم بیوفلاک. نشریه توسعه آبزی‌پروری. سال ۱۰، شماره ۴، صفحات ۷۵ تا ۸۹.

۳. **AOAC. 2005.** Official Methods of Analysis . Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA.

۴. **Avnimelech, Y., 1999.** Carbon/nitrogen ratio as control element in aquaculture systems. Aquaculture. Vol. 176, No. 3-4, pp: 227-235

۵. **Avnimelech, Y., 2006.** Bio-filters: the need for a new comprehensive approach. Aquacultural Engineering. Vol. 34, No. 3, pp: 172-178.

۶. **Avnimelech, Y., 2012.** Biofloc Technology - A Practical Guide Book, 2nd ed. The World Aquaculture Society. Baton Rouge, Louisiana, EUA. 272 P.

۷. **Avnimelech, Y.; Mozes, N. and Weber, B., 1992.** Effects of aeration and mixing on nitrogen and organic matter transformations in simulated fish ponds. Aquaculture Engineering. Vol. 11, No. 3, pp: 157-69.

۸. **Azimi, 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, No. 1-4, pp: 29-35.

۹. **Azimi, M.E.; Little, D.C. and Bron, J.E., 2008.** Microbial protein production in activated suspension tanks manipulating C: N ratio in feed and the implications for fish culture. Bioresource Technology. Vol. 99, No. 9, 3590-3599.

۱۰. **Burford, M.A.; Thompson, P.J.; McIntosh, R.P.; Bauman, R.H. and Pearson, D.C., 2004.** The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. Aquaculture. Vol. 232, No. 1-4, pp: 525-537.

۱۱. **Correia, E.S.; Wilkenfeld, J.S.; Morris, T.C.; Wei, L.; Prangnell, D.I. and Samocha, T.M., 2014.** Intensive nursery production of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* using two commercial feeds with high and low protein content in a biofloc-dominated system. Aquacultural Engineering. Vol. 59, pp: 48-54.

۱۲. **Crab, R., 2010.** Bioflocs technology: an integrated system for the removal of nutrients and simultaneous production of feed in aquaculture. PhD thesis, Ghent University. 178 P.

۱۳. **Crab, R.; Avnimelech, Y.; Defoirdt, T.; Bossier, P. and Verstraete, W., 2007.** Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. Aquaculture. Vol. 270, No. 1-4, pp: 11-14.

۱۴. **Crab, R.; Kochva, M.; Verstraete, W. and Avnimelech, Y., 2009.** Bio-flocs technology application in over-wintering of tilapia. Aquacultural Engineering. Vol. 40, pp: 105-112.

۱۵. **Ebeling, J.M. and Timmons, M.B., 2007.** Stoichiometry of ammonia-nitrogen removal in zero-exchange systems. World Aquaculture. Vol. 38, No. 2, pp: 22-25.

۱۶. **Goimier, Y.; Pascual, C.; Sánchez, A.; Gaxiola, G.; Sánchez, A. and Rosas, C., 2006.** Relation between reproductive, physiological, and immunological condition of *Litopenaeus setiferus* pre-adult males fed different dietary protein levels. Animal Reprod Science. Vol. 92, pp: 193-208.

۱۷. **Gujer, W. and Jenkins, D., 1974.** A nitrification model for contact stabilization activated sludge process. Water Research. Vol. 9, No. 5-6, pp: 561-566.

۱۸. **Gutierrez-Wing, M.T. and Malone, R.F. 2006.** Biological filters in aquaculture: trends and research directions for freshwater and marine applications. Aquacultural Engineering. Vol. 34, No. 3, pp: 163-171.

۱۹. **Hargreaves, J.A., 2006.** Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. Aquacultural Engineering. Vol. 34, No. 3, pp: 344-363.

۲۰. **Haridas, H.; Verma, A.K.; Rathore, G.; Prakash, C.; Sawant, P.B. and Babitha, Rani, A.M., 2017.** Enhanced growth and immune-physiological response of Genetically Improved Farmed Tilapia in indoor biofloc units at different stocking densities. Aquaculture Research. Vol. 48, No. 8, pp: 4364-4355.

۲۱. **Kureshy, N. and Davis, D.A., 2002.** Protein requirement for maintenance and maximum weight gain for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture. Vol. 204, No. 1-2, pp: 125-143.

۲۲. **Little, D.C.; Murray, F.J.; Azim, E.; Leschen, W.; Boyd, K.; Watterson, A. and Young, J.A., 2008.** Option for producing a warm water fish in the UK: limit to green growth? Trends in Food Science and Technology. Vol. 19, No. 5, pp: 255-264.

۲۳. **Luo, G.Z.; Avnimelech, Y.; Pan, Y.F. and Tan, H.X., 2013.** Inorganic nitrogen dynamics in sequencing batch reactors using biofloc technology to treat aquaculture sludge. Aquaculture Engineering. Vol. 52, pp: 73-79.

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

۲۵. **Luz, R.K.; Martinez-Alvarez, R.M.; De Pedro, N. and Delgado, N., 2008.** Growth, Food intake and metabolic adaptations in gold fish (*Carassius auratus*) exposed to different salinities. J of Aquaculture. Vol. 276, pp: 171-178.

۲۶. **Malone, R.F.; Begeron, J. and Cristina, C.M., 2006.** Linear versus Monod representation of ammonia oxidation rates in oligotrophic recirculating aquaculture systems. Aquacultural Engineering. Vol. 34, No. 3, pp: 214-223.

۲۷. **Najdegerami, E.; Bakhshi, F. and Bagherzadeh Lakani, F., 2016.** Effects of biofloc on growth performance, digestive enzyme activities and liver histology of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings in zero-water exchange system. Fish Physiology and Biochemistry. Vol. 42, No. 2, pp: 457-465.

۲۸. **Olah, J.; Sinha, R.P.; Ayyappan, S. and Purushothaman, C.S., 1987.** Adheyshyams sediment consumption in tropical undrainable fish ponds. International Review of Hydrobiology. Vol. 72, No. 3, pp: 297-305.

۲۹. **Pascual, C.; Zenteno, E.; Cuzon, G.; Sánchez, A.; Gaxiola, G.; Taboada, G.; Suárez, J.; Maldonado, T. and Rosas, C., 2004.** *Litopenaeus vannamei* juveniles energetic balance and immunological response to dietary protein. Aquaculture. Vol. 236, No. 1-4, pp: 431-450.

۳۰. **Piedrahita, R.H., 2003.** Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. Aquaculture. Vol. 226, No. 1-4, pp: 35-44.

۳۱. **Poleo, G.; Aranbarrio, J.V.; Mendoza, L. and Romero, O., 2011.** Cultivo de cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Vol. 46, No. 4, pp: 429-437.

۳۲. **Schneider, O.; Sereti, V.; Eding, E.H. and Verreth, J.A.J., 2007.** Heterotrophic bacterial production on solid fish waste: TAN and nitrate as nitrogen source under practical RAS conditions. Bioresource Technology. Vol. 98, No. 10, pp: 1924-1930.

۳۳. **Schneider, O.; Sereti, V.; Machiels, M.A.M.; Eding, E.H. and Verreth, J.A.J., 2006.** The potential of producing heterotrophic bacterial biomass on aquaculture waste. Water Research. Vol. 40, No. 14, pp: 2684-2694.

۳۴. **Schryver, P.D.; Crab, R.; Defoirdt, T.; Boon, N. and Verstraete, W., 2008.** The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. Aquaculture. No. 277, No. 3-4, pp: 125-137.

۳۵. **Sharma, B. and Ahlert, R.C., 1977.** Nitrification and nitrogen removal. Water Research. Vol. 11, pp: 897-925.

۳۶. **Sun, Y.; Zhang, S.; Chen, J and Song, J., 2001.** Supplement and consumption of dissolved oxygen and their seasonal variations in shrimp pond. Marine Science Bulletin. Vol. 3, No. 2, pp: 89-96.

۳۷. **Tacon, A.G.J.; Cody, J.J.; Conquest, L.D.; Divakaran, S.; Forster, I.P. and Decamp, O.E., 2002.** Effect of culture system on the nutrition and growth performance of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone) fed different diets. Aquaculture Nutrition. Vol. 8, No. 2, pp: 121-137.

۳۸. **Tchobanoglous, G.; Burton, F.L. and Stensel, H. D., 2003.** Wastewater engineering treatment and reuse. McGraw-Hill, Boston, Massachusetts, USA. 1408 P

۳۹. **Twarowska, J.G.; Westerman, P.W. and Losordo, T.M., 1997.** Water treatment characterization evaluation of an intensive recirculating fish production system. Aquaculture Engineering. Vol. 16, No. 3, pp: 133-147.

۴۰. **Visscher, P.T and Duerr, E.O., 1991.** Water quality and microbial dynamics in shrimp ponds receiving bagase-based. Journal of the World Aquaculture Society. Vol. 22, No. 1, pp: 65-76.

۴۱. **Wang, J.K., 2003.** Conceptual design of a microalgae-based recirculating oyster and shrimp system. Aquaculture Engineering. Vol. 28, No. 1-2, pp: 37-46.

۴۲. **Wasielesky, W.; Atwood, H.; Stokes, A. and Browdy, C.L., 2006.** Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc-based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture. Vol. 258, No. 1-4, pp: 396-403.

۴۳. **Watanabe, W.O.; Ernst, D.H.; Chasar, M.P.; Wicklund, R.I. and Olla, B.L., 1993.** The effects of temperature and salinity on growth and feed utilization of juvenile, sex-reversed male Florida red tilapia cultured in a recirculating system. Journal of Aquaculture. Vol. 112, pp: 309-320.

۴۴. **Widanarni, 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 Bioscience. Vol. 19, No. 2, pp: 73-80.

۴۵. **Williams, D.R.; Li, W.; Hughes, M.A.; Gonzalez, S.F.; Vernon, C.; Vidal, M.C. and Cossins, A.R., 2008.** Genomic resources and microarrays for the common carp *Cyprinus carpio* L. Journal of Fish Biology. Vol. 72, pp: 2095-2117.

۴۶. **Xu, W.J. and Pan, L.Q., 2012.** Effects of bioflocs on growth performance, digestive enzyme activity and body composition of juvenile *Litopenaeus vannamei* in zero-water exchange tanks manipulating C/N ratio in feed. Aquaculture. Vol. 356-357, pp: 147-152.

۴۷. **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, pp: 181-188.

۴۸. **Zhao, P.; Huang, J.; Wang, X.; Song, X.; Yang, C.; Zhang, X. and Wang, G., 2012.** The application of bioflocs technology in high-intensive, zero exchange farming systems of *Marsupenaeus japonicus*. Aquaculture. Vol. 354-355, pp: 97-106.