

تغذیه میگوی سفید غربی (*Penaeus vannamei* Boone, 1931) با بیومس توده های زیستی (biofloc) و اثر آن بر کیفیت آب و عملکرد رشد

محمد حسین خانجانی^{۱*}، میر مسعود سجادی^۲، مرتضی علیزاده^۳، ایمان سوری نژاد^۴

۱- گروه علوم و مهندسی شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران

۲- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه سرا، ایران

۳- مرکز ملی تحقیقات آبزیان آبهای شور، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بافق، ایران

۴- گروه شیلات، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۴/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱/۷

چکیده

در مطالعه حاضر تاثیر تغذیه میگوی سفید غربی (سه مرحله پست لاروی، نوزادی و نوجوانی) با بیومس توده های زیستی بر کیفیت آب و عملکرد رشد مورد بررسی قرار گرفت. میگوهای سفید غربی به مدت سه هفته در ظروف فایبرگلاس با حجم آبگیری ۱۸۰ لیتر و با تراکم ده پست لارو در لیتر (پست لاروی)، یک قطعه در لیتر (نوزادی) و یک گرم در لیتر (نوجوانی) در سه تیمار توده ساز زیستی به ترتیب در نسبت های مختلف غذایی ۲۵، ۱۵ و ۶ درصد وزن بدن (با توده های زیستی مرطوب) تغذیه شدند. نتایج بدست آمده نشان داد که تفاوت معنی داری در پارامترهای فیزیوشیمیایی آب شامل دما، شوری، اکسیژن محلول و pH بین تیمارهای توده ساز وجود نداشت ($P > 0.05$). بیشترین میزان اکسیژن محلول (6.34 ± 0.31) و بیشترین pH (8.33 ± 0.05) میلی گرم در لیتر) در تیمار توده ساز *زیستی پست لاروی بدست آمد. بیشترین (0.34 ± 0.21) میلی گرم در لیتر) و کمترین (0.1 ± 0.08) میلی گرم در لیتر) میزان آمونیاک برای تیمارهای توده ساز نوجوانی و پست لاروی مشاهده گردید که اختلاف معنی داری نشان داد ($P < 0.05$). بیشترین میزان سرعت رشد (50 ± 10) میلی گرم در روز)، ضریب رشد ویژه (10.92 ± 1.37) درصد بر روز) و ضریب بقاء (96.29 ± 0.76) درصد) به ترتیب در تیمارهای توده ساز نوجوانی، پست لاروی و نوزادی بدست آمد. همچنین بیشترین ضریب تبدیل غذایی (4.11 ± 1.08) و کمترین بازده غذایی (24.28 ± 6.38) درصد) در تیمار توده ساز زیستی نوجوانی مشاهده شد. نتایج تحقیق نشان داد که حضور توده های زیستی کیفیت آب را بهبود می دهد و میگوی سفید غربی با تغذیه از بیومس توده های زیستی رشد می کند ولی منبع غذایی توده تنها برای رشد و تولید کافی نیست.

کلمات کلیدی: میگوی سفید غربی، تغذیه، توده های زیستی، کیفیت آب، عملکرد رشد.

مقدمه

توده‌های زیستی^۱ در سیستم با تعویض آب محدود، بعنوان یک منبع مهم غذایی برای آبی، کمک به بهبود و حفظ کیفیت آب پرورش و کاهش بیماری‌زایی مورد تأیید و بررسی قرار گرفته است (Ballester *et al.*, 2010; Xu and Pan, 2013; Ahmad *et al.*, 2016). مطالعات نشان داده که توده های زیستی ایجاد شده در سیستم پرورش یا اضافه شده به آن، می‌تواند عملکرد رشد آبی پرورش یافته را بهبود ببخشد (Arnold *et al.*, 2009; Megahed, 2010; Xu and Pan, 2012). بر طبق مطالعه Xu و Pan (۲۰۱۲) توده‌های زیستی ۲۴ ساعت شبانه روز بعنوان منبع غذایی در دسترس هستند و می‌تواند بخش قابل توجهی از نیاز غذایی آبی پرورش یافته را تامین کند. این توده‌ها به عنوان مکمل جیره‌های غذایی ماهی و میگو عملکرد رشد را افزایش می‌دهند (Anand *et al.*, 2014). میزان پروتئین جیره غذایی را در حضور توده‌های زیستی (بدلیل فراوانی غذای طبیعی) می‌توان کاهش داد (Jatobá *et al.*, 2014). بنابراین با بکارگیری فن آوری توده ساز زیستی^۲ هزینه خوراک آبی پروری کاهش می‌یابد، بطوری که بیش از ۵۰ درصد هزینه‌های تولید مربوط به خوراک می‌شود که این سیستم می‌تواند نقش بسزائی در کاهش هزینه‌های تولید داشته باشد (Chamberlain *et al.*, 2001). ارزش غذایی توده‌های زیستی برای ماهی به فاکتورهای مختلفی مثل عادت تغذیه‌ای، توانائی ماهی در جذب و فیلتر کردن توده‌ها و ذرات معلق بستگی دارد (Hargreaves, 2006). توده‌های زیستی معمولاً حاوی

۳۰٪ پروتئین خام و حدود ۲٪ چربی در ترکیباتشان هستند (Azim and Little, 2008; Ballester *et al.*, 2010; Luo *et al.*, 2014; Xu and Pan, 2012). مجموعه‌ای از پروتئین‌های میکروبی و مواد مغذی توسط توده زیستی در تانک پرورش فراهم می‌شود که به طور مستقیم در دسترس آبی قرار می‌گیرد (Avnimelech, 2009; Burford *et al.*, 2004). توده زیستی یک توده غنی شامل نماتودها، دیاتومه‌ها، باکتری‌ها (بویژه هتروتروف‌ها)، قارچ‌ها، میکرو جلبک‌ها، پروتوزوآها، غذاهای خورده نشده و دفع شده، باقیمانده ارگانیک‌های مرده، ذرات آلی و غیر آلی کوچک و دیگر ارگانیک‌های معلق هستند (Valle *et al.*, 2008; De Schryver *et al.*, 2015) که به عنوان یک منبع غذایی در سیستم بدون تعویض آب مورد استفاده آبی قرار می‌گیرد. در ستون آب تعامل پیچیده ای بین ماده آلی، بستر فیزیکی و طیف وسیعی از میکروارگانیک‌ها مانند فیتوپلانکتون‌ها، باکتری‌های آزاد و متصل و فیلتر فیدرهایی مانند روتیفرها، مژه‌داران، تارک‌داران تک‌یاخته و کپه‌پودها برقرار است. این تولیدات طبیعی نقش مهمی را در بازیافت مواد مغذی و حفظ کیفیت آب ایفا می‌کنند (Ray *et al.*, 2010). مواد مغذی اضافی در این سیستم به بیومس میکروبی تبدیل می‌شوند که می‌تواند توسط آبی پرورش یافته به عنوان منبع غذایی مورد استفاده قرار گیرد. این فن آوری اخیراً در آبی پروری متراکم میگو بکارگیری شده که در آن بیومس میکروبی، مسئول بهبود کیفیت آب، مکمل غذای مصنوعی و بهبود رشد و سلامت میگوی پرورشی است (Xu and Pan, 2012). استفاده از سیستم پرورشی بیوفلوک در پرورش گونه‌های با ویژگی‌هایی از قبیل توانایی تحمل سطوح متوسط

۱- Biofloc

۲- Biofloc technology

های زیستی در سیستم بدون تعویض آب طراحی و انجام گردید.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر در مرکز تکثیر و پرورش آبزیان بندر کلاهی (میناب، استان هرمزگان) انجام گردید. میگوهای سفید غربی در سه مرحله زندگی جهت پرورش در سیستم توده‌ساز زیستی و بدون تعویض آب انتخاب شدند (جدول ۱). ۹ مخزن مدور پلی اتیلن ۳۰۰ لیتری (قطر کف ۷۰ سانتی‌متر، قطر سقف ۸۰ سانتی‌متر، ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر) برای این آزمایش در نظر گرفته شد. هر یک از مخازن با ۱۸۰ لیتر آب تصفیه شده با فیلتر شنی پر شدند و سپس تعداد مشخص از میگوی سفید غربی (تعداد مختلف در هر مرحله زندگی) در هر تانک ذخیره‌سازی شدند (جدول ۱). آزمایش به مدت ۲۱ روز انجام گردید.

اکسیژن، ریزه خوار بودن و تراکم‌پذیری بالا معمولاً با موفقیت بیشتری همراه بوده است (Emerenciano et al., 2012). استفاده از فن‌آوری توده‌ساز زیستی در پرورش میگوی سفید غربی در دهه اخیر با توجه به اثرات زیست محیطی حاصل از آبی‌پروری مورد توجه قرار گرفته است (Wasielesky et al., 2006; Xu and Pan 2012). میگوی سفید غربی به دلیل عادت کفزی خوار بودن، ذره خواری، تحمل ذرات معلق و تراکم‌پذیری بالا در محیط پرورش، گونه مناسب برای بکارگیری در سیستم بدون تعویض آب می‌باشد. این گونه می‌تواند از توده‌های زیستی بعنوان منبع غذایی تکمیلی در کنار جیره‌های کنسانتره استفاده کند (Avnimelech, 2012; Khanjani et al., 2016). تحقیق حاضر با هدف استفاده از توده زیستی مرطوب جهت تغذیه میگوی سفید غربی در سه مرحله پست‌لاروی، نوزادی و جوانی و همچنین عملکرد رشد میگوی سفیدی غربی و کیفیت آب در حضور توده

جدول ۱: مشخصات تیمارها در طی آزمایش

تیمار	وزن	طول (میلی متر)	تراکم ذخیره‌سازی	حجم کشت	تکرار
پست‌لاروی	3 ± 0.7 میلی گرم	4.4 ± 0.93	۱۰ قطعه در لیتر	۱۸۰ لیتر	۳
نوزادی	74.46 ± 6.16 میلی گرم	19.79 ± 0.88	۱ قطعه در لیتر	۱۸۰ لیتر	۳
نوجوانی	2.56 ± 0.33 گرم	61.90 ± 2.45	۱ گرم در لیتر	۱۸۰ لیتر	۳

زیستی مرطوب داده شد) بطور مشابه در همه تیمارها انجام شد (جدول ۲). برای هوادهی و تامین اکسیژن، ۳ عدد سنگ هوا در کف مخازن که به منبع هواده متصل بود نصب گردید.

سه تیمار آزمایشی بدون تعویض آب (با بکارگیری بیوفلوک) برای تحقیق حاضر در نظر گرفته شد. غذادهی، ۲۵ درصد وزن بدن در مرحله پست لاروی، ۱۵ درصد وزن بدن در مرحله نوزادی و ۶ درصد وزن بدن در مرحله نوجوانی انجام شد (خانجانی، ۱۳۹۴; Khanjani et al., 2017). همچنین غذادهی ۳ مرتبه در روز (در ساعت ۸، ۱۴ و ۲۰) با توده های زیستی مرطوب (معادل وزن خشک توده، توده

جدول ۲: مشخصات توده زیستی اضافه شده به مخازن پرورش

ماده خشک بیوفلوک در هر میلی لیتر	پروتئین خام (%DW)	چربی (%DW)	خاکستر (%DW)
۲۳/۳۱±۱/۴۷ میلی گرم	۲۸/۷۷±۲/۳۵	۰/۵۷±۰/۱۰۵	۳۸/۱۲±۰/۳۴
تراکم باکتری در توده زیستی (CFU/ml) $۲/۴۶±۰/۱۳ \times ۱۰^۶$ تا $۳/۳۶±۰/۱۵ \times ۱۰^۷$			

DW*: Dry weight، وزن خشک

جهت ایجاد سیستم تولید توده زیستی، سه مخزن فایبرگلاس (با حجم آب گیری ۲۰۰۰ لیتر) استفاده شد. آب دریای فیلتر شده (فیلتر شنی) با شوری نزدیک ۴۰ گرم در لیتر با آب شیرین مخلوط گردید و شوری آب به حدود ۳۲/۵ گرم در لیتر رسید و مخازن با این آب پر شدند. برای تشکیل بیوفلوک، از مواد آلی شامل خوراک تجاری میگو با ۴۲ درصد پروتئین، آرد و سبوس گندم و ملاس استفاده شد (شکل ۱) (خانجانی و همکاران، ۱۳۹۵). جهت تحریک و توسعه بیشتر فلوک

در طول دوره آزمایش، منبع کربنی ملاس به مخازن اضافه گردید. 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, 2009). برای برآورد میزان توده زیستی ابتدا یک حجم معینی از توده تولیدی خشک گردید (۲۳/۳۱ میلی گرم ماده خشک در هر میلی لیتر حجم توده) و براساس آن، حجم توده مصرفی تخمین زده شد. این کار هر ۵ روز تکرار گردید.



شکل ۱- مخازن تولید توده زیستی و توده زیستی تولید شده جهت استفاده مگویی سفید غریبی

آزمایش در یک سالن سرپوشیده با دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲ ساعت تاریکی، شوری آب ۳۲ گرم در لیتر، اکسیژن ۶ میلی گرم در لیتر، pH ۸ و به مدت ۲۱ روز انجام شد. اندازه گیری عوامل کیفی آب شامل دما (Digital Thermometer)، pH، DO (Lutron 208, pH meter) و اکسیژن محلول (Lutron 510 Oxygen meter) روزانه دو بار ساعت ۸ تا ۹ صبح و ۱۶ تا ۱۷ عصر و شوری (Salinity Refractometer) روزانه در ساعت ۹ انجام شد. اندازه گیری شفافیت به کمک سچی دیسک صورت گرفت برای تعیین میزان مواد جامد قابل ته نشین (Settled

solid)، یک لیتر آب مخزن را به داخل قیف مدرج شده مخروطی شکل ریخته و به مدت ۳۰ دقیقه نگه داشته تا ته نشین شد (Avnimelech and Kochba, 2009). برای اندازه گیری کل مواد جامد معلق (Total suspended solid) ۱۰۰ میلی لیتر از آب مخزن را با کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ (۱۲۵-۱۴۴۲ whatman filter paper Cat No) (با تخلخل ۲/۵ میکرون) فیلتر نموده و در آون در درجه حرارت ۱۰۳ تا ۱۰۵ درجه سانتی گراد به مدت ۱ تا ۳ ساعت قرار داده تا خشک شد (Azim and Little, 2008). اندازه گیری آمونیاک، نیتريت و نیترات آب با استفاده از روش طیف سنجی به

بازده غذایی (FE): $\{(\text{وزن نهایی} - \text{وزن ابتدایی}) / \text{کل غذای مصرفی}\} \times 100$

آنالیز آماری کلیه داده‌ها توسط نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. در ابتدا برای تعیین نرمال بودن داده‌ها از آزمون Kolomogorov-Simirnov استفاده شد و سپس برای مقایسه میانگین بین تیمارها از آنالیز واریانس یک طرفه (One-Way ANOVA) با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن در سطح ۵ درصد استفاده شد و محاسبات نیز با اکسل نسخه ۲۰۱۳ انجام گردید.

نتایج

مقادیر (میانگین $\pm$ انحراف معیار) برخی از پارامترهای کیفی آب در طول دوره آزمایش در جدول ۳ ارائه شده که بر اساس آن تفاوت معنی‌داری در بین تیمارهای آزمایشی مشاهده نگردید ($P > 0.05$). بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده، در مقادیر دما، اکسیژن محلول، pH و شوری از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در بین تیمارها مشاهده نگردید. بیشترین میزان اکسیژن محلول (6.34 میلی گرم در لیتر) و میزان pH (8.33) در تیمار توده‌ساز زیستی پست لاروی بدست آمد. کمترین میزان اکسیژن محلول (5.65 میلی گرم در لیتر) و میزان pH (8) در تیمار توده‌ساز زیستی نوجوانی مشاهده شد. در مقادیر آمونیاک، نیتريت و نیترات نیز تفاوت محسوسی بین تیمارها مشاهده نگردید. بطوری که کمترین میزان آمونیاک (0.1 میلی گرم در لیتر) در تیمار توده‌ساز زیستی پست لاروی و بیشترین میزان آن (0.34 میلی گرم در لیتر) در تیمار توده‌ساز زیستی نوجوانی بدست آمد که این دو تفاوت

کمک دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل CE ۹۲۰۰ Cecil) و بر اساس MOOPAM (۱۹۹۹) سنجیده شد.

به منظور محاسبه شاخص‌های رشد شامل افزایش وزن، درصد افزایش وزن بدن، سرعت رشد، بیومس، ضریب رشد ویژه، ضریب رشد روزانه بین تیمارها، زیست‌سنجی میگوها شامل اندازه‌گیری طول و وزن در ابتدا و انتهای آزمایش انجام گردید. تعداد میگوهای ذخیره‌سازی شده در ابتدای آزمایش و تعداد میگوهای باقیمانده در انتهای آزمایش ثبت شد تا براساس آن میزان بازماندگی محاسبه شود. همچنین شاخص‌های تغذیه‌ای شامل ضریب تبدیل غذایی و ضریب کارآیی تغذیه بر اساس فرمول‌های ذیل محاسبه شدند (Wang et al., 2003; Tacon et al., 2002).

افزایش وزن (میلی گرم): (وزن ثانویه - وزن اولیه)
درصد افزایش وزن بدن = $\{(\text{وزن نهایی} - \text{وزن ابتدایی}) / (\text{وزن ابتدایی})\} \times 100$
سرعت رشد (افزایش وزن روزانه): $\{(\text{وزن نهایی} - \text{وزن ابتدایی}) / (\text{دوره پرورش به روز})\}$
بیومس (گرم): $\{(\text{وزن نهایی} - \text{وزن ابتدایی})\} \times \text{میزان بقاء} \times \text{تعداد میگوهای ذخیره سازی شده}$
درصد بقاء: $\{(\text{تعداد میگوهای انتهای دوره} / \text{تعداد میگوهای ابتدای دوره})\} \times 100$
میزان افزایش طول بدن (میلی متر): (طول ثانویه - طول اولیه)

ضریب رشد ویژه (SGR) (%/day): $\{(\text{لگاریتم طبیعی وزن نهایی} - \text{لگاریتم طبیعی وزن ابتدایی}) / (\text{دوره پرورش (روز)})\} \times 100$
ضریب تبدیل غذایی (FCR): $\{(\text{میزان غذای خشک خورده شده} / \text{میزان افزایش وزن بدن})\}$

معنی‌داری نشان دادند. بطور کلی کمترین میزان ترکیبات ازته در تیمار پست‌لاروی و بیشترین میزان آن در تیمار نوجوانی مشاهده گردید. مقادیر پارامترهای میزان مواد معلق قابل ته نشین (SS)، کل مواد جامد معلق (TSS) و شفافیت نیز در جدول ۳ ارائه شده است. کمترین میزان مواد معلق قابل ته نشین، کل مواد جامد معلق و شفافیت در تیمار توده ساز زیستی پست لاروی مشاهده شد، بطوری که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان نداد. میزان شفافیت در روز ۲۱ آزمایش، ۱۸/۴، ۱۵/۹ و ۱۴/۱ سانتی متر به ترتیب در تیمار توده ساز پست لاروی، نوزادی و نوجوانی بدست آمد. مقادیر (میانگین $\pm$ انحراف معیار) برخی پارامترهای رشد در طول دوره آزمایش در دوره‌های پست لاروی، نوزادی و نوجوانی در جدول ۴ ارائه شده است. بیشترین میزان درصد افزایش وزن بدن (۸۹۲/۶۷ درصد) و ضریب رشد ویژه (۱۰/۹۲ درصد در روز) در

تیمار توده ساز زیستی پست لاروی مشاهده شد. بیشترین میزان سرعت رشد (۵۰ میلی گرم در روز) و بیومس (۶۷/۹۴ گرم) به ترتیب در تیمار توده ساز زیستی نوجوانی و نوزادی بدست آمد. کمترین ضریب تبدیل غذایی (۱/۶۶) و بیشترین بازده غذایی (۶۰/۲۱ درصد) در تیمار توده ساز زیستی نوزادی و بیشترین ضریب تبدیل غذایی (۴/۱۱) و کمترین بازده غذایی (۲۴/۲۸ درصد) در تیمار توده ساز زیستی نوجوانی بدست آمد. مقادیر (میانگین $\pm$ انحراف معیار) بازماندگی (درصد بقاء) میگوی سفید غربی در تیمارهای مختلف در جدول ۴ آورده شده است. مقادیر بازماندگی ۹۳/۵۱، ۹۶/۲۹ و ۷۸/۵۷ درصد به ترتیب در تیمارهای توده ساز زیستی پست لاروی، نوزادی و نوجوانی مشاهده شد، که بیشترین میزان بقاء در تیمار توده ساز نوزادگاهی بدست آمد.

جدول ۳: مقادیر برخی از پارامترهای کیفی آب در طول دوره آزمایش (میانگین $\pm$ انحراف از معیار).

پارامترها	دوره پست لاروی	دوره نوزادی	دوره نوجوانی
دمای آب صبح (°C)	30.55 ± 0.29^a	30.61 ± 0.33^a	30.69 ± 0.39^a
دمای آب بعد از ظهر (°C)	31.60 ± 0.18^a	31.68 ± 0.28^a	31.84 ± 0.22^a
اکسیژن محلول صبح (mg/l)	6.34 ± 0.31^a	6.28 ± 0.18^a	6.09 ± 0.21^a
اکسیژن محلول بعد از ظهر (mg/l)	6.08 ± 0.35^a	5.97 ± 0.36^a	5.65 ± 0.30^{ab}
pH صبح	8.33 ± 0.05^a	8.28 ± 0.02^a	8.17 ± 0.11^a
pH بعد از ظهر	8.18 ± 0.04^a	8.20 ± 0.05^a	8.0 ± 0.03^{ab}
شوری (ppt)	32.73 ± 0.76^a	32.87 ± 0.80^a	32.85 ± 0.83^a
(mg/l) NH ₃	0.10 ± 0.08^b	0.22 ± 0.13^{ab}	0.34 ± 0.21^a
(mg/l) NO ₂	1.42 ± 0.74^{ab}	1.88 ± 0.82^{ab}	2.69 ± 0.75^a
(mg/l) NO ₃	1.98 ± 1.43^{ab}	2.44 ± 0.96^{ab}	3.7 ± 0.83^a
(ml/l) SS	5.73 ± 0.19^{ab}	5.96 ± 0.28^{ab}	7.6 ± 0.47^a
(mg/l) TSS	16.1 ± 2.43^{ab}	17.3 ± 3.05^{ab}	21.0 ± 5.50^a
شفافیت (cm)	18.4 ± 0.30^a	15.9 ± 0.52^{ab}	14.1 ± 0.26^{ab}

* در هر ردیف میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه در سطح ۵ درصد با هم اختلاف معنی‌داری ندارند ($P > 0.05$).

جدول ۴: عملکرد رشد میگوی سفید غربی تغذیه شده با توده‌های زیستی مرطوب پس از سه هفته طول دوره آزمایش (میانگین $\pm$ انحراف از معیار).

شاخص‌های رشد	دوره پست لاروی	دوره نوزادی	دوره نوجوانی
وزن نهایی (mg)	$29/78 \pm 3/40$	$466/45 \pm 62/09$	$3/62 \pm 0/28$ گرم
طول نهایی (mm)	$14/53 \pm 1/48$	$33/41 \pm 1/18$	$69/26 \pm 1/84$
میزان افزایش وزن بدن (mg)	$26/78 \pm 3/40$	$391/99 \pm 62/09$	$1/06 \pm 0/28$ گرم
میزان افزایش طول بدن (mm)	$10/13 \pm 1/48$	$13/62 \pm 1/18$	$7/35 \pm 1/84$
درصد افزایش وزن بدن (%)	$892/67 \pm 113/33$	$526/45 \pm 83/38$	$41/55 \pm 10/97$
سرعت رشد (mg)	$1/27 \pm 0/16$	$18/66 \pm 2/95$	50 ± 10
افزایش بیومس (g)	$45/08 \pm 5/72$	$67/94 \pm 10/75$	$58/51 \pm 15/4$
(SGR) در وزن (%/day)	$10/92 \pm 1/37$	$8/73 \pm 1/32$	$1/65 \pm 0/33$
(SGR) در طول (%/day)	$5/69 \pm 0/83$	$2/49 \pm 0/21$	$0/53 \pm 0/13$
ضریب تبدیل غذایی	$2/6 \pm 0/33$	$1/66 \pm 0/26$	$4/11 \pm 1/08$
بازده غذایی (%)	$38/47 \pm 4/88$	$60/21 \pm 9/43$	$24/28 \pm 6/38$
ضریب بقاء (%)	$93/51 \pm 1/43$	$96/29 \pm 0/76$	$78/57 \pm 1/27$

بحث

در مطالعه حاضر پارامترهای بدست آمده از کیفیت آب برای پرورش میگوی سفید غربی مناسب است که نشان می‌دهد سیستم توده‌ساز زیستی نقش مثبتی در بهبود کیفیت آب دارد. میزان اکسیژن محلول و pH در تیمارهای توده‌ساز زیستی اختلاف معنی‌داری نشان نداد، بطوری که در بعد از ظهر نسبت به صبح کمتر بدست آمد، که با اضافه کردن ملاس به سیستم بدون تعویض آب، pH آب در نتیجه تبدیل قند به اسید لاکتیک توسط باکتری‌های گونه‌های لاکتوباسیلوس کاهش می‌یابد که می‌تواند از تکثیر و گسترش پاتوژن‌هایی نظیر گونه‌های ویبریو در پرورش میگو جلوگیری کند (Ma et al., 2009). مشاهدات قبلی نشان می‌دهد اضافه کردن مواد کربنی به ستون آب منجر به کاهش موقتی غلظت اکسیژن محلول و

متابولیسم میکروبی برای تجزیه مواد آلی می‌شود (Schryver and Verstraete, 2009). در مطالعه حاضر، سطح اکسیژن محلول مناسب بود بطوریکه در طی ۲۴ ساعت هوادهی مطلوب بطور مداوم فراهم شد تا مطمئن شویم که اکسیژن محلول یک فاکتور محدود کننده نباشد. توده‌های زیستی قادرند در ستون آب معلق بمانند بدون اینکه بیش از حد ته‌نشین شوند و میزان مواد جامد قابل ته‌نشین را در مخزن پرورش بالا ببرند (De Schryver et al., 2008). شوری و دما فاکتورهایی هستند که بر غلظت بیوفلوک‌ها تاثیر می‌گذارند (Decamp et al., 2003). تمایل به تجمع ذرات معلق و افزایش اندازه بیوفلوک‌ها با افزایش شوری تائید شده است (Hakanson, 2006; Avnimelech, 2007). در مطالعه حاضر به دلیل عدم تعویض آب افزایش اندکی در میزان شوری اتفاق افتاد

که در مطالعات متعدد گزارش شده که شوری یکی از فاکتورهای مهم است که روی توسعه باکتری‌های هتروتروف و فرایند نیتریفیکاسیون تاثیر می‌گذارد (Timmons et al., 2002). در سیستم‌هایی با تعویض آب محدود بر پایه بیوفلوک از تجمع اشکال نیتروژن غیرآلی سمی با حفظ نسبت بالای کربن به نیتروژن جلوگیری می‌شود (Avnimelech, 1999) که شامل جذب ترکیبات ازته غیرآلی توسط جوامع میکروبی می‌باشد (Emerenciano et al., 2012). در مطالعه حاضر غلظت آمونیاک ۰/۱، ۰/۲۲ و ۰/۳۴ میلی گرم در لیتر، غلظت نیتريت ۱/۴۲، ۱/۸۸ و ۲/۶۹ میلی گرم در لیتر، غلظت نترات ۱/۹۸، ۲/۴۴ و ۳/۷ میلی گرم در لیتر به ترتیب در تیمارهای توده ساز زیستی پست لاروی، نوزادی و نوجوانی بدست آمد. که در تیمار توده ساز زیستی در مرحله نوجوانی به دلیل میزان غذادهی بیشتر ترکیباته ازته بیشتری تولید شده است. در مطالعه Ray و همکاران در سال (۲۰۱۰) هنگامی که تراکم توده زیستی را در سیستم مدیریت کردند، یک کاهش ۶۰ درصدی در غلظت نترات و ۶۱ درصدی در غلظت فسفات مشاهده شد. حفظ نسبت کربن به نیتروژن (بالای ۱۵) با اضافه کردن منبع کربن (ملاس) به کاهش و حفظ غلظت اپتیمم نیتروژن غیرآلی کمک می‌کند (Asaduzzaman et al., 2008). پارامترهای کیفیت آب در همه تیمارها در محدوده قابل قبول برای پرورش میگوی سفید غربی بود. ارزیابی غلظت TSS، SS و شفافیت نشان داد که در تیمار توده ساز زیستی در مرحله نوجوانی تراکم بیوفلوک‌ها بالاتر و شفافیت کمتر است. طبق تحقیقات Samocha و همکاران (۲۰۰۷) میزان TSS برای پرورش میگو کمتر از ۵۰۰ میلی گرم در لیتر پیشنهاد شد و بر اساس نتایج Mishra

و همکاران (۲۰۰۸)، میزان TSS برای پرورش متراکم نوزادگاهی میگو کمتر از ۳۰۰ میلی گرم در لیتر ثبت شد. کنترل میزان TSS و SS در تیمارهای توده ساز حائز اهمیت می‌باشد که با سطوح اکسیژن محلول و ترکیبات غیرآلی نیتروژن در ارتباط بوده (Ray et al., 2010) و همچنین از بسته شدن آبشش جلوگیری می‌کند. میزان TSS در همه تیمارهای این تحقیق قابل قبول و شیب افزایش آن در همه تیمارها ملایم بود که نشان دهنده مصرف فلوک‌ها توسط میگوی سفید غربی است. در مطالعه حاضر، وزن نهایی، افزایش بیومس، افزایش وزن بدن، درصد افزایش وزن بدن، سرعت رشد و ضریب رشد ویژه در تیمارهای توده ساز زیستی نشان داد که میگوی سفید غربی بخوبی از توده‌های زیستی تغذیه می‌کنند اما در مرحله نوزادی عملکرد بهتری در بازده غذایی نسبت به مرحله پست لاروی و نوجوانی بدست آمد. میزان کمتر خوراک و توده زیستی، هم نوع خواری را تحریک می‌کند و برعکس افزایش مواد مغذی و خوراک، بقای بالاتر را تضمین می‌نماید. در مطالعه حاضر میزان بقاء ۹۳/۵۱، ۹۶/۲۹ و ۷۸/۵۷ به ترتیب در تیمار توده ساز زیستی پست لاروی، نوزادی و نوجوانی بدست آمد که در مرحله نوجوانی کمتر نشان داد که احتمالاً به دلیل عدم وجود غذای کنسانتره و کافی باشد که منجر به هم نوع خواری شده است. در مطالعه Wasielesky و همکاران (۲۰۰۶) تاثیر سطوح مختلف تولیدات طبیعی (میکرو جلبک/باکتری) در سیستم پرورش فوق متراکم در شرایط بدون تعویض آب بر بقاء، رشد، مصرف غذا و ضریب تبدیل غذایی نوجوان‌های میگوی سفید غربی بررسی شد، نتیجه شد که رابطه مثبت بین پارامترهای رشد و میزان پروتئین غذا در سیستم توده ساز زیستی وجود دارد و تاثیر

حضور تولیدات طبیعی بر تولید میگوی سفید غربی را تأیید کردند. در مطالعه Emerenciano و همکاران (۲۰۱۲) استفاده از تکنولوژی بیوفلوک به عنوان منبع غذایی در سیستم با تعویض آب محدود برای پست لارو میگوی صورتی *Farfantepenaeus brasiliensis* مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آنها کیفیت مناسب تغذیه‌ای توده‌های زیستی را تأیید کرد و بیان کردند که عملکرد رشد و تولید پست لاروهای *F. brasiliensis* در سیستم بیوفلوک بهتر می‌باشد. توده‌های زیستی را می‌توان بعنوان منبع غذایی مهم برای ماهی تیلاپیا استفاده کرد (Avnimelech, 2007). علاوه بر این توده‌های زیستی به هضم و استفاده از غذاهای کنسانتره کمک می‌کنند و عملکرد رشد را در میگوی سفید غربی بهبود می‌دهند (Xu and Pan, 2012). در مطالعه حاضر رشد میگوی سفید غربی در سه مرحله پست لاروی، نوزادی و نوجوانی با استفاده از توده‌های زیستی صورت گرفت، اما رشد کامل و بهینه‌ای در تغذیه با توده زیستی مشاهده نشد. مطالعات نشان داده که افت قابل توجهی در عملکرد رشد آبزی اتفاق می‌افتد هنگامی که بخش قابل توجهی از جیره کنسانتره با توده‌های زیستی مرطوب جایگزین می‌شود (Jatobá et al., 2012; Luo et al., 2014; Xu et al., 2012). در سیستم بدون تعویض آب همراه با توده زیستی بدون استفاده از جیره مصنوعی رشد مناسب ماهی و میگو صورت نمی‌گیرد (Wasieliesky et al., 2006). توده‌های زیستی می‌تواند حدود ۵۰٪ نیازهای پروتئینی تیلاپیای نیل (Nile tilapia) را فراهم کند (Avnimelech, 2007; Azim and Little, 2008). در مطالعه Caldini و همکاران (۲۰۱۵) عملکرد رشد تیلاپیای نیل در تانک‌های تغذیه شده با توده‌های

زیستی مرطوب بهتر از تیلاپیای تغذیه شده با توده‌های زیستی خشک شده نشان داد و بیان شد که توده‌های زیستی مرطوب که در تانک پرورش تولید و مصرف می‌شود اثرگذاری بهتری دارد و کیفیت آب نیز در حضور توده‌های زیستی مرطوب بهبود نشان می‌دهد. در مطالعه حاضر نیز بهبود کیفیت آب در حضور توده‌های زیستی مشاهده شد. در مطالعه Crab و همکاران (۲۰۰۷) مشخص شد که توده‌های زیستی سبب بهبود کیفیت آب و به عنوان منبع غذایی پروتئین برای آبزی محسوب می‌شود. توده‌های زیستی بعنوان منبع غذایی مکمل برای آبزی همیشه در دسترس هستند (Avnimelech, 1999) و توسط آبزی هضم و جذب شده و می‌تواند جایگزین بخش قابل توجهی از غذای کنسانتره شود (Anand et al., 2014; Crab et al., 2012; Xu and Pan, 2012; Megahed, 2010). Mohamed در سال (۲۰۱۴) به منظور ارزیابی توده زیستی به عنوان یک جایگزین مناسب برای پودر ماهی در خوراک‌های میگو مطالعه‌ای انجام دادند، نتایج آنها توده زیستی را به عنوان منبع غذایی مکمل و اضافی برای تغذیه میگو تأیید نمود. توده‌های زیستی خشک شده را فقط می‌توان به عنوان منبعی از مواد مغذی برای آبزی استفاده کرد (Ju et al., 2008). توده‌ها بعنوان جیره غذایی تنها برای آبزی مناسب نیستند، آنها را می‌توان بصورت طبیعی و مرطوب همراه با غذای کنسانتره به آبزی داد. حائز اهمیت است که جیره مصنوعی همراه با توده زیستی در تغذیه میگو استفاده گردد تا رشد بهینه حاصل شود. میگوی سفید غربی در حضور غذای کنسانتره و توده‌های زیستی رشد بهتری نسبت به هنگامی که فقط از توده زیستی و یا غذای کنسانتره به عنوان تنها خوراک استفاده می‌شود، دارد (Khanjani

میگوی سفید غربی (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) با استفاده از تکنولوژی بیوفلوک. مجله علمی شیلات ایران، ۲۴: ۲۸-۱۳.

۳. خانجانی، م.ح.، سجادی، م.م.، علیزاده، م.، سوری نژاد، ا.، ۱۳۹۵. تولید و ارزیابی بیوفلوک به منظور بکارگیری در سیستم پرورشی بدون تعویض آب. نشریه علمی توسعه آبی پروری، سال دهم، شماره اول ۴۲-۳۳.

4. Ahmad, I., Verma, A.K., Babitha Rani, A.M., Rathore, G., Saharan, N., 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*, 457, 61-67.

5. Anand, P.S.S., Kohli, M.P.S., Kumar, S., Sundaray, J.K., Roy, S.D., Venkateshwarlu, G., Pailan, G.H., 2014. Effect of dietary supplementation of biofloc on growth performance and digestive enzyme activities in *Penaeus monodon*. *Aquaculture*, 418-419, 108-115.

6. Arnold, S.J., Coman, F.E., Jackson, C.J., Groves, S.A., 2009. High-intensity, zero water-exchange production of juvenile Tiger shrimp, *Penaeus monodon*: an evaluation of artificial substrates and stocking density. *Aquaculture*, 293(1), 42-48.

7. Asaduzzaman, M., Wahab, M.A., Verdegem, M.C.J., Huque, S., Salam, M.A., Azim, M.E., 2008. C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance Freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. *Aquaculture*, 280, 117-123.

8. Avnimelech, Y., 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176, 227-235.

9. Avnimelech, Y., 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bioflocs technology ponds. *Aquaculture*, Vol. 264, 140-147.

et al., 2016; Caldini et al., 2015 همکاران، ۱۳۹۴). نتایج مطالعه حاضر نشان می‌دهد کیفیت آب نیز در حضور توده‌های زیستی در شرایط بدون تعویض آب بهبود می‌یابد و استفاده از توده‌های زیستی برای پرورش میگوی سفید غربی مناسب می‌باشد اما برای اینکه رشد بهینه صورت گیرد بهتر است که توده‌های زیستی را به همراه غذاهای کنسانتره استفاده کرد. با توجه به گسترش آبی پروری، بکارگیری فن‌آوری نوین توده‌ساز زیستی به دلیل سازگار بودن با محیط زیست (کاهش اثرات زیان‌بار خروجی پساب کارگاه‌ها)، استفاده مجدد از غذا، پروتئین، کاهش هزینه خوراک، تولید و بهبود عملکرد در آبی پروری کشور توصیه می‌گردد.

سپاسگزاری

از مدیریت و کارکنان مرکز تکثیر و پرورش آبیان بندر کلاهی - میناب، به ویژه مهندس سیرپور، مهندس درویشی، مهندس محمد پور و مهندس اسلامی که در فراهم کردن امکانات این تحقیق نهایت همکاری را مبذول داشتند، قدردانی می‌شود.

منابع

۱. خانجانی، م.ح. ۱۳۹۴. تاثیر نسبت‌های مختلف غذایی بر کیفیت آب، عملکرد رشد و ترکیبات لاشه میگوی سفید غربی (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) در سیستم بیوفلوک. رساله دکتری، دانشگاه هرمزگان، ۱۷۳ صفحه.

۲. خانجانی، م.ح.، سجادی، م.م.، علیزاده، م.، سوری نژاد، ا. ۱۳۹۴. تاثیر نسبت‌های مختلف غذایی بر کیفیت آب، عملکرد رشد و بقاء پست لاروهای

19. Crab, R., Chielens, B., Wille, M., Bossier, P., Verstraete, W., 2010. The effect of different carbon sources on the nutritional value of bioflocs, a feed for *Macrobrachium rosenbergii* postlarvae. *Aquaculture Research*, 41, 559-567.
20. De Schryver, P., Crab, R., Deforidt, T., Boon, N., Verstraete, W., 2008. The basics of bioflocs technology: the added value for aquaculture. *Aquaculture*, 277, 125-137.
21. Decamp, O., Cody, J., Conquest, L., Delanoy, G., Tacon, A.G.J., 2003. Effect of salinity on natural community and production of *Litopenaeus vannamei* (Boone) within experimental zero-water exchange culture systems. *Aquaculture Research*, 34, 345-355.
22. Emerenciano, M., Ballester, E.L.C., Cavalli, R.O., 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*, 43, 447-457.
23. Hakanson, L., 2006. The relationship between salinity, suspended particulate matter and water clarity in aquatic systems. *Ecological Research*, 21, 75-90.
24. Hargreaves, J. A., 2006. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. *Aquacultural Engineering*, 34(3), 344-363.
25. Jatobá, A., Silva, B.C., Silva, J.S., Nascimento Vieira, F., Mouriño, J.L.P., Seiffert, W.Q., Toledo, T.M., 2014. Protein levels for *Litopenaeus vannamei* in semi intensive and biofloc systems. *Aquaculture*, 432, 365-371.
26. Ju, Z., Forster, I., Conquest, L., Dominy, W., 2008. Enhanced growth effects on shrimp (*Litopenaeus vannamei*) from inclusion of whole shrimp floc or floc fractions to a formulated diet. *Aquaculture Nutrition*, 14(6), 533-543.
27. Khanjani M. H., Sajjadi M. M., Alizadeh M., Sourinejad I. 2017. Nursery performance of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) cultivated in a biofloc system: the effect of adding different carbon sources. *Aquaculture Research*, 48 (4), 1491-1501.
10. Avnimelech, Y., 2009. *Biofloc Technology: A Practical Guide Book*. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA. 182 pp.
11. Avnimelech, Y., Kochba, M., 2009. Evaluation of nitrogen uptake and excretion by Tilapia in biofloc tanks, using N-15 tracing. *Aquaculture*, 287, 163-168.
12. Avnimelech, Y., 2012. *Biofloc Technology: A Practical Guide Book*, 2nd Edition. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States. 272p.
13. Azim, M.E., Little, D.C., 2008. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 283, 29-35.
14. Ballester, E.L.C., Abreu, P.C., Cavalli, R.O., Emerenciano, M., Abreu, L., Wasielesky, W., 2010. Effect of practical diets with different protein levels on the performance of *Farfantepenaeus paulensis* juveniles nursed in a zero exchange suspended microbial flocs intensive system. *Aquaculture Nutrition*, 16, 163-172.
15. Burford, M.A., Sellars M.J., Arnold S.J., Keys S.J., Crocos P.J., Preston, N.P., 2004. Contribution of the natural biota associated with substrates to the nutritional requirements of the post-larval shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Haswell), in high-density rearing systems. *Aquaculture Research*, 35, 508- 515.
16. Caldini, N.N., Cavalcante, D.H., Filho, P.R.N., Sá, M.V.D., 2015. Feeding Nile tilapia with artificial diets and dried bioflocs biomass. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 37 (4), 335-341.
17. Chamberlain, G., Avnimelech, Y., McIntosh, R., Velasco, M., 2001. Advantages of aerated microbial reuse systems with balanced C/N. *The Global Aquaculture Advocate*, 4, 53-56.
18. Crab, R., Avnimelech, Y., Deforidt, T., Bossier, P., Verstraete, W., 2007. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture*, 270 (1), 1-14.

- effects of suspended solids management. *Aquaculture*, 310, 130-138.
36. Samocha, T.M., Patnaik, S., Speed, M., Ali, A.M., Burger, J.M., Almeida, R.V., Ayub, Z., Harisanto, M., Horowitz, A., Brock, D.L., 2007. Use of molasses as carbon source in limited discharge nursery and grow-out systems for *Litopenaeus vannamei*. *Aquacultural Engineering*, 36, 184-191.
 37. Schryver, P., Verstraete, W., 2009. Nitrogen removal from aquaculture pond water by heterotrophic nitrogen assimilation in lab-scale sequencing batch reactors. *Bioresource Technology*, 100(3), 1162-1167.
 38. Tacon, A.G.J., Cody, J.J., Conquest, L.D., Divakaran, S., Forster, I.P., 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*, 8, 121-139.
 39. Timmons, M.B., Ebeling, J.M., Wheaton, F.W., Summerfelt, S.T., Vinci, B.J., 2002. *Recirculating Aquaculture Systems*. 2nd ed. Cayuga Aqua Ventures, New York, USA.
 40. Valle, B.C.S., Dantas, J.R., E.M., Silva, J.F.X., Bezerra, R.S., Correia, E.S., Peixoto, S.R.M., Soares, R.B., 2015. Replacement of fishmeal by fish protein hydrolysate and biofloc in the diets of *Litopenaeus vannamei* postlarve. *Aquaculture Nutrition*, 21, 105-112.
 41. Wang, X., Kim, K.W., Bai, S.C., Huh, M.D., Cho, B.Y., 2003. Effect of the different levels of dietary vitamin C on growth and tissue ascorbic acid changes in parrot fish (*Oplegnathus fasciatus*). *Aquaculture*, 215, 203-211.
 42. Wasielesky, W.Jr. Atwood, H., Stokes, A., Browdy, C.L., 2006. Effect of natural production in a zero exchange suspended microbial floc based super-intensive culture system for white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture*, 258, 396-403.
 43. Xu, W.J., Pan, L.Q., 2012. Effects of bioflocs on growth performance, digestive enzyme activity and body composition of
 28. Khanjani, M. H., Sajjadi, M. M., Alizadeh, M., Sourinejad, I., 2016. Study on nursery growth performance of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) under different feeding levels in zero water exchange system. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 15 (4), 1465-1484.
 29. Luo, G., Gao, Q., Wang, C., Liu, W., Sun, D., Li, L., 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*, 422-423, 1-7.
 30. Ma, C. W., Cho, Y. S., Oh, K. H., 2009. Removal of pathogenic bacteria and nitrogens by *Lactobacillus* spp. JK-8 and JK-11. *Aquaculture*, 287, 266-270.
 31. Megahed, M. E., 2010. The effect of microbial biofloc on water quality, survival and growth of the Green tiger shrimp (*Litopenaeus semisulcatus*) fed with different crude protein levels. *Journal of the Arabian Aquaculture Society*, 5(2), 119-142.
 32. Megahed, M.E., Mohamed, K., 2014. Sustainable growth of shrimp aquaculture through biofloc production as alternative to fishmeal in shrimp feeds. *Journal of Agricultural Science*, 6(6), 176- 188.
 33. Mishra, J.K., Samocha, T.M., Patnaik, S., Speed, M., Gandy, R.L., Ali, A., 2008. Performance of an intensive nursery system for the Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, under limited discharge condition. *Aquacultural Engineering*, 38, 2-15.
 34. MOOPAM., 1999. *Manual of oceanographic observations and pollutants analysis methods* (Third Edition). The Regional Organization for the Protection of the Marine Environment (ROPME), Kuwait. 574p.
 35. Ray, A.J., Seaborn, G., Leffler, J.W., Wilde, S.B., Lawson, A., Browdy, C.L., 2010. Characterization of microbial communities in minimal-exchange, intensive aquaculture systems and the

- zero-water exchange culture tanks. Aquaculture, 350-353, 147-153.
45. Xu, W.J. & Pan, L.Q., 2013. Enhancement of immune response and antioxidant status of (*Litopenaeus vannamei*) juvenile in biofloc-based culture tanks manipulating high C/N ratio of feed input. Aquaculture, 412-413, 117-24.
44. Xu, W.J., Pan, L.Q., Zhao, D.H., Huang, J., 2012. Preliminary investigation into the contribution of bioflocs on protein nutrition of *Litopenaeus vannamei* fed with different dietary protein levels in juvenile *Litopenaeus vannamei* in zero-water exchange tanks manipulating C/N ratio in feed. Aquaculture, 356-357, 147-152.