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[1*]، میر مسعود سجادی[2]، مرتضی علیزاده[3]، ایمان سوری نژاد[4]

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 دریافت: ۱۳۹۸/۱/۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۴/۲۰

چکیده

در مطالعه حاضر تاثیر تغذیه میگوی سفید غربی (سه مرحله پست لاروی، نوزادی و نوجوانی) با بیومس توده‌های 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 (پست‌لاروی)، یک قطعه در لیتر (نوزادی) و یک گرم در لیتر (نوجوانی) در سه تیمار توده‌ساز زیستی به ترتیب در نسبت‌های مختلف غذایی ۲۵، ۱۵ و ۶ درصد وزن بدن (با توده‌های زیستی مرطوب) تغذیه شدند. نتایج بدست آمده نشان داد که تفاوت معنی‌داری در پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب شامل دما، شوری، اکسیژن محلول و pH بین تیمارهای توده‌ساز وجود نداشت ($P>0/05$). بیشترین میزان اکسیژن محلول (۰/۳۱±۶/۳۴) و بیشترین pH (۰/۰۵±۸/۳۳ میلی‌گرم در لیتر) در تیمار توده‌ساز *زیستی پست‌لاروی بدست آمد. بیشترین (۰/۲۱±۰/۳۴ میلی‌گرم در لیتر) و کمترین (۰/۰۸±۰/۱ میلی‌گرم در لیتر) میزان آمونیاک برای تیمارهای توده‌ساز نوجوانی و پست لاروی مشاهده گردید که اختلاف معنی‌داری نشان داد ($P<0/05$). بیشترین میزان سرعت رشد (۱۰±۵۰ میلی‌گرم در روز)، ضریب رشد ویژه (۱/۳۷±۱۰/۹۲ درصد بر روز) و ضریب بقاء (۰/۷۶±۹۶/۲۹ درصد) به ترتیب در تیمارهای توده‌ساز نوجوانی، پست لاروی و نوزادی بدست آمد. همچنین بیشترین ضریب تبدیل غذایی (۱/۰۸±۴/۱۱) و کمترین بازده غذایی (۶/۳۸±۲۴/۲۸ درصد) در تیمار توده‌ساز زیستی نوجوانی مشاهده شد. نتایج تحقیق نشان داد که حضور توده‌های زیستی کیفیت آب را بهبود می‌دهد و میگوی سفید غربی با تغذیه از بیومس توده‌های زیستی رشد می‌کند ولی منبع غذایی توده تنها برای رشد و تولید کافی نیست.

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

* عهده‌دار مکاتبات (✉). m.h.khanjani@ujiroft.ac.ir , m.h.khanjani@gmail.com

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.8.5]

مقدمه

تـوده‌هـای زیسـتی[1] در سیسـتم بـا تعـویض آب محـدود، بعنـوان یـک منبع مهـم غـذایی بـرای آبـزی، کمک به بهبود و حفظ کیفیـت آب پـرورش و کـاهش بیمـاری‌زایـی مـورد تائیـد و بررسـی قـرار گرفتـه اسـت (Ballester *et al*., 2010; Xu and Pan, 2013; Ahmad *et al*., 2016). مطالعات نشـان داده کـه تـوده های زیستی ایجاد شده در سیستم پرورش یا اضافه شـده به آن، می‌توانـد عملکـرد رشـد آبـزی پـرورش یافتـه را بهبـود ببخشـد (Arnold *et al*., 2009; Megahed, 2010; Xu and Pan, 2012). بـر طبـق مطالعـه Xu و Pan (۲۰۱۲) تـوده‌هـای زیسـتی ۲۴ سـاعت شـبانه روز بعنوان منبع غذایی در دسترس هستند و می‌توانـد بخـش قابل توجهی از نیاز غذایی آبزی پرورش یافتـه را تـامین کند. این توده‌ها به عنوان مکمل جیره‌های غذایی مـاهی و میگو عملکرد رشد را افـزایش مـی‌دهنـد (Anand *et al*., 2014). میزان پـروتئین جیـره غـذایی را در حضـور توده‌های زیستی (بدلیل فراوانی غذای طبیعی) مـی‌تـوان کـاهش داد (Jatobá *et al*., 2014). بنـابراین بـا بکارگیری فن‌آوری توده ساز زیسـتی[2] هزینـه خـوراک آبزی‌پروری کـاهش مـی‌یابـد، بطـوری کـه بـیش از ۵۰ درصد هزینه‌های تولید مربوط به خوراک مـی‌شـود کـه این سیستم می‌تواند نقش بسزائی در کـاهش هزینـه‌هـای تولیـد داشـته باشـد (Chamberlain *et al*., 2001). ارزش غذایی توده‌های زیستی برای ماهی به فاکتورهای مختلفی مثل عادت تغذیه‌ای، توانائی مـاهی در جـذب و فیلتـر کـردن تـوده‌هـا و ذرات معلـق بسـتگی دارد (Hargreaves, 2006). توده‌های زیستی معمولا حـاوی ۳۰٪ پـروتئین خـام و حـدود ۲٪ چربـی در ترکیباتشـان هسـتند (Azim and Little, 2008; Ballester *et al*., 2010; Luo *et al*., 2014; Xu and Pan, 2012). مجموعـه‌ای از پـروتئین‌هـای میکروبـی و مـواد مغـذی توسط توده زیستی در تانک پرورش فراهم می‌شود کـه بـه طـور مسـتقیم در دسـترس آبـزی قـرار مـی‌گیـرد (Avnimelech, 2009; Burford *et al*., 2004). تـوده زیسـتی یـک تـوده غنـی شـامل نماتودهـا، دیاتومـه‌هـا، باکتری‌ها (بویژه هتروتروف‌ها)، قارچ‌هـا، میکروجلبـک هـا، پروتوزوآهـا، غـذاهای خـورده نشـده و دفـع شـده، باقیمانـده ارگانیسـم‌هـای مـرده، ذرات آلـی و غیرآلـی کوچک و دیگر ارگانیسم‌های معلق هسـتند (Valle *et al*.,2015; De Schryver *et al*., 2008) که بـه عنـوان یک منبع غـذایی در سیسـتم بـدون تعـویض آب مـورد استفاده آبزی قرار می‌گیرد. در ستون آب تعامل پیچیده ای بـین مـاده آلـی، بسـتر فیزیکـی و طیـف وسـیعی از میکروارگانیسم‌ها ماننـد فیتوپلانکتـون‌هـا، بـاکتری‌هـای آزاد و متصل و فیلترفیدرهایی مانند روتیفرها، مژه‌داران، تاژک‌داران تک‌یاختـه و کپـه‌پودهـا برقـرار اسـت. ایـن تولیدات طبیعی نقش مهمی را در بازیافت مواد مغذی و حفظ کیفیـت آب ایفـا مـی‌کننـد (Ray *et al*., 2010). مواد مغذی اضافی در این سیسـتم بـه بیـومس میکروبـی تبدیل می‌شوند که می‌تواند توسط آبـزیِ پـرورش یافتـه به‌عنوان منبع غذایی مورد اسـتفاده قـرار گیـرد. ایـن فـن آوری اخیراً در آبزی‌پـروری متـراکم میگـو بکـارگیری شده که در آن بیومس میکروبی، مسئول بهبـود کیفیـت آب، مکمل غـذای مصـنوعی و بهبـود رشـد و سـلامت میگوی پرورشی اسـت (Xu and Pan, 2012). اسـتفاده از سیستم پرورشی بیوفلـوک در پـرورش گونـه‌هـای بـا ویژگـی‌هـایی از قبیـل توانـایی تحمـل سـطوح متوسـط

۱- Biofloc
۲- Biofloc technology

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.8.5]

اکسیژن، ریزه خوار بودن و تراکم‌پذیری بالا معمولا 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 آبزی‌پروری 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 تراکم پذیری 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 های زیستی در سیستم بدون تعویض آب طراحی و انجام گردید.

مواد و روش‌ها

مطالعه حاضر در مرکز تکثیر و پرورش آبزیان بندرکلاهی (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.

جدول۱: مشخصات تیمارها در طی آزمایش

تیمار	وزن	طول (میلی متر)	تراکم ذخیره‌سازی	حجم کشت	تکرار
پست‌لاروی	۰/۷± ۳ میلی گرم	۰/۹۳± ۴/۴	۱۰ قطعه در لیتر	۱۸۰ لیتر	۳
نوزادی	۶/۱۶± ۷۴/۴۶ میلی گرم	۰/۸۸ ± ۱۹/۷۹	۱ قطعه در لیتر	۱۸۰ لیتر	۳
نوجوانی	۰/۳۳ ± ۲/۵۶ گرم	۲/۴۵± ۶۱/۹۰	۱ گرم در لیتر	۱۸۰ لیتر	۳

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 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.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.8.5]

جدول۲: مشخصات توده‌زیستی اضافه شده به مخازن پرورش

	ماده خشک بیوفلوک در هر میلی‌لیتر	پروتئین خام (٪DW*)	چربی (٪DW)	خاکستر(٪DW)
توده‌زیستی اضافه شده به مخازن	۱/۴۷±۲۳/۳۱ میلی‌گرم	۲/۳۵±۲۸/۷۷	۰/۱۰۵±۰/۵۷	۰/۳۴±۳۸/۱۲
تراکم باکتری در توده‌زیستی (CFU/ml)	۰/۱۳×۱۰^{۶}±۲/۴۶ تا ۰/۱۵×۱۰^{۷}±۳/۳۶			

*DW: Dry weight، وزن خشک

جهت ایجاد سیستم تولید توده زیستی، سه مخزن فایبرگلاس (با حجم آب‌گیری 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 میلی‌گرم ماده خشک در هر میلی‌لیتر 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 تولیده شده جهت استفاده میگوی سفید غربی

آزمایش در یک سالن سرپوشیده با دوره نوری ۱۲ ساعت روشنایی، ۱۲ ساعت تاریکی، شوری آب ۳۲ گرم در لیتر، اکسیژن ۶ میلی‌گرم در لیتر، pH ۸ و به مدت ۲۱ روز انجام شد. اندازه گیری عوامل کیفی آب شامل دما (Digital Thermometer)، pH (pH Lutron 208, pH meter) و اکسیژن محلول (DO 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 سچی‌دیسک 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 اندازه‌گیری کل مواد جامد معلق (Total suspended solid) ۱۰۰ میلی‌لیتر 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 سانتی‌گراد به مدت ۱تا ۳ ساعت قرار داده تا خشک شد (Azim and Little, 2008). اندازه‌گیری آمونیاک، نیتریت و نیترات آب با استفاده از روش طیف سنجی به

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.8.5]

کمک دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل ۹۲۰۰ Cecil, CE) 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 اندازه گیری 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= {(وزن نهایی– وزن ابتدایی)/ (وزن ابتدایی)} × ۱۰۰

سرعت رشد (افزایش وزن روزانه): {(وزن نهایی– وزن ابتدایی)/(دوره پرورش به روز)}

بیومس (گرم): {(وزن نهایی – وزن ابتدایی)} × میزان بقاء × تعداد میگوهای ذخیره سازی شده

درصد بقاء: {(تعداد میگوهای انتهای دوره/ تعداد میگوهای ابتدای دوره)} × ۱۰۰

میزان افزایش طول بدن (میلی‌متر): (طول ثانویه- طول اولیه)

ضریب رشد ویژه (SGR) (%/day): {(لگاریتم طبیعی وزن نهایی – لگاریتم طبیعی وزن ابتدایی)/ دوره پرورش (روز)} × ۱۰۰

ضریب تبدیل غذایی (FCR): {(میزان غذای خشک خورده شده / میزان افزایش وزن بدن)}

بازده غذایی (FE): {(وزن نهایی– وزن ابتدایی)/ کل غذای مصرفی} × ۱۰۰

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 Kolomogornov-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 ± 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>۰/۰۵). بر اساس اندازه‌گیری های انجام شده، در مقادیر دما، اکسیژن محلول، pH و شوری از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در بین تیمارها مشاهده نگردید. بیشترین میزان اکسیژن محلول (۶/۳۴ میلی گرم در لیتر) و میزان pH (۸/۳۳) در تیمار توده‌ساز زیستی پست لاروی بدست آمد. کمترین میزان اکسیژن محلول (۵/۶۵ میلی گرم در لیتر) و میزان pH (۸) در تیمار توده‌ساز زیستی نوجوانی مشاهده شد. در مقادیر آمونیاک، نیتریت و نیترات نیز تفاوت محسوسی بین تیمارها مشاهده نگردید. بطوری که کمترین میزان آمونیاک (۰/۱ میلی گرم در لیتر) در تیمار توده‌ساز زیستی پست‌لاروی و بیشترین میزان آن (۰/۳۴ میلی‌گرم در لیتر) در تیمار توده ساز زیستی نوجوانی بدست آمد که این دو تفاوت

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.8.5]

معنـی‌داری نشـان دادنـد. بطـورکلی کمتـرین میـزان ترکیبات ازته در تیمار پست‌لاروی و بیشترین میـزان آن در تیمار نوجوانی مشاهده گردیـد. مقـادیر پارامترهـای میزان مواد معلق قابـل تـه نشـین (SS)، کـل مـواد جامـد معلق (TSS) و شفافیت نیز در جدول ۳ ارائه شده است. کمترین میزان مواد معلق قابل ته نشین، کل مـواد جامـد معلق و شفافیت در تیمار توده ساز زیسـتی پسـت لاروی مشاهده شد، بطـوری کـه اخـتلاف معنـی‌داری بـا سـایر تیمارها نشان نداد. میزان شـفافیت در روز ۲۱ آزمـایش، ۱۸/۴، ۱۵/۹ و ۱۴/۱ سانتی‌متر به ترتیـب در تیمـار تـوده سـاز پسـت لاروی، نـوزادی و نوجـوانی بدسـت آمـد. مقادیر (میـانگین ± انحـراف معیـار) برخـی پارامترهـای رشد در طول دوره آزمایش در دوره‌های پسـت لاروی، نـوزادی و نوجـوانی در جـدول ۴ ارائـه شـده اسـت. بیشـترین میـزان درصـد افـزایش وزن بـدن (۸۹۲/۶۷ درصد) و ضریب رشد ویژه (۱۰/۹۲ درصد در روز) در تیمـار تـوده سـاز زیسـتی پسـت لاروی مشـاهده شـد. بیشترین میـزان سـرعت رشـد (۵۰ میلـی‌گـرم در روز) و بیـومس (۶۷/۹۴ گـرم) بـه ترتیـب در تیمـار تـوده سـاز زیستی نوجوانی و نوزادی بدست آمد. کمترین ضـریب تبدیل غـذایی (۱/۶۶) و بیشـترین بـازده غـذایی (۶۰/۲۱ درصد) در تیمـار تـوده‌سـاز زیسـتی نـوزادی و بیشـترین ضریب تبدیل غـذایی (۴/۱۱) و کمتـرین بـازده غـذایی (۲۴/۲۸ درصـد) در تیمـار تـوده‌سـاز زیسـتی نوجـوانی بدسـت آمـد. مقـادیر (میـانگین ± انحـراف معیـار) بازمانـدگی (درصـد بقـاء) میگـوی سـفید غربـی در تیمارهای مختلف در جدول ۴ آورده شده است. مقادیر بازماندگی ۹۳/۵۱، ۹۶/۲۹ و ۷۸/۵۷ درصد به ترتیب در تیمارهـای تـوده سـاز زیسـتی پسـت لاروی، نـوزادی و نوجوانی مشاهده شد، که بیشـترین میـزان بقـاء در تیمـار توده‌ساز نوزادگاهی بدست آمد.

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

پارامترها	دوره پست لاروی	دوره نوزادی	دوره نوجوانی
دمای آب صبح (°C)	^{a}۳۰/۵۵±۰/۲۹	^{a}۳۰/۶۱±۰/۳۳	^{a}۳۰/۶۹±۰/۳۹
دمای آب بعد از ظهر (°C)	^{a}۳۱/۶۰±۰/۱۸	^{a}۳۱/۶۸±۰/۲۸	^{a}۳۱/۸۴±۰/۲۲
اکسیژن‌محلول صبح (mg/l)	^{a}۶/۳۴±۰/۳۱	^{a}۶/۲۸±۰/۱۸	^{a}۶/۰۹±۰/۲۱
اکسیژن‌محلول بعداز ظهر (mg/l)	^{a} ۶/۰۸±۰/۳۵	^{a} ۵/۹۷±۰/۳۶	^{ab}۵/۶۵±۰/۳۰
pH صبح	^{a}۸/۳۳±۰/۰۵	^{a}۸/۲۸±۰/۰۲	^{a}۸/۱۷±۰/۱۱
pH بعد از ظهر	^{a}۸/۱۸±۰/۰۴	^{a}۸/۲۰±۰/۰۵	^{ab}۸±۰/۰۳
شوری (ppt)	^{a}۳۲/۷۳±۰/۷۶	^{a}۳۲/۸۷±۰/۸۰	^{a} ۳۲/۸۵±۰/۸۳
(mg/l) NH_3	^{b}۰/۱۰±۰/۰۸	^{ab}۰/۲۲±۰/۱۳	^{a}۰/۳۴±۰/۲۱
(mg/l) NO_2	^{ab}۱/۴۲±۰/۷۴	^{ab}۱/۸۸±۰/۸۲	^{a}۲/۶۹±۰/۷۵
(mg/l) NO_3	^{ab}۱/۹۸±۱/۴۳	^{ab}۲/۴۴±۰/۹۶	^{a}۳/۷±۰/۸۳
(ml/l) SS	^{ab} ۵/۷۳±۰/۱۹	^{ab}۵/۹۶±۰/۲۸	^{a}۷/۶±۰/۴۷
(mg/l) TSS	^{ab}۱۶۱±۲/۴۳	^{ab}۱۷۳±۳/۰۵	^{a}۲۱۰±۵/۵۰
شفافیت (cm)	^{a}۱۸/۴±۰/۳۰	^{ab}۱۵/۹±۰/۵۲	^{ab}۱۴/۱±۰/۲۶

* در هر ردیف میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه در سطح ۵ درصد با هم اختلاف معنی‌داری ندارند (P>۰/۰۵).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.8.5]

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

شاخص‌های رشد	دوره پست لاروی	دوره نوزادی	دوره نوجوانی
وزن نهایی (mg)	۲۹/۷۸ ±۳/۴۰	۴۶۶/۴۵ ±۶۲/۰۹	۳/۶۲ ±۰/۲۸ گرم
طول نهایی (mm)	۱۴/۵۳± ۱/۴۸	۳۳/۴۱± ۱/۱۸	۶۹/۲۶± ۱/۸۴
میزان افزایش‌وزن بدن (mg)	۲۶/۷۸±۳/۴۰	۳۹۱/۹۹±۶۲/۰۹	۱/۰۶±۰/۲۸ گرم
میزان افزایش‌طول بدن (mm)	۱۰/۱۳±۱/۴۸	۱۳/۶۲±۱/۱۸	۷/۳۵±۱/۸۴
درصد افزایش وزن بدن (٪)	۸۹۲/۶۷±۱۱۳/۳۳	۵۲۶/۴۵±۸۳/۳۸	۴۱/۵۵±۱۰/۹۷
سرعت رشد(mg)	۱/۲۷±۰/۱۶	۱۸/۶۶±۲/۹۵	۵۰±۱۰
افزایش بیومس (g)	۴۵/۰۸±۵/۷۲	۶۷/۹۴±۱۰/۷۵	۵۸/۵۱±۱۵/۴
(SGR) در وزن(%/day)	۱۰/۹۲±۱/۳۷	۸/۷۳±۱/۳۲	۱/۶۵±۰/۳۳
(SGR) در طول(%/day)	۵/۶۹±۰/۸۳	۲/۴۹±۰/۲۱	۰/۵۳±۰/۱۳
ضریب تبدیل غذایی	۲/۶±۰/۳۳	۱/۶۶±۰/۲۶	۴/۱۱±۱/۰۸
بازده غذایی (٪)	۳۸/۴۷±۴/۸۸	۶۰/۲۱±۹/۴۳	۲۴/۲۸±۶/۳۸
ضریب بقاء (٪)	۹۳/۵۱±۱/۴۳	۹۶/۲۹±۰/۷۶	۷۸/۵۷±۱/۲۷

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 بعدازظهر نسبت به صبح کمتر بدست آمد،که با اضافه کردن ملاس به سیستم بدون تعویض آب، pH آب در نتیجه تبدیل قند به اسیدلاکتیک توسط باکتری‌های گونه‌های لاکتوباسیلوس کاهش می‌یابد که می‌تواند از تکثیر و گسترش پاتوژن‌هایی نظیر گونه‌های ویبریو در پرورش میگو جلوگیری کند (Ma *et el*., 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 ته نشین را در مخزن پرورش بالا ببرند (De Schryver *et al*., 2008). شوری و دما فاکتورهایی هستند که بر غلظت بیوفلوک‌ها تاثیر می گذارند (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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.8.5]

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 می باشد (Emerenciano *et al*., 2012). در مطالعه حاضر غلظت آمونیاک ۰/۱، ۰/۲۲ و ۰/۳۴ میلی‌گرم در لیتر، غلظت نیتریت ۱/۴۲، ۱/۸۸ و ۲/۶۹ میلی‌گرم در لیتر، غلظت نیترات ۱/۹۸، ۲/۴۴ و ۳/۷ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب در تیمارهای توده ساز زیستی پست لاروی، نوزادی و نوجوانی بدست آمد. که در تیمار توده‌ساز 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 نیترات 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 میلی‌گرم در لیتر پیشنهاد شد و بر اساس نتایج Mishra و همکاران(۲۰۰۸)، میزان TSS برای پرورش متراکم نوزادگاهی میگو کمتر از ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر ثبت شد. کنترل میزان TSS و SS در تیمارهای توده‌ساز 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 می کند. 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 توده‌ساز 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، هم‌نوع 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 توده‌ساز زیستی پست لاروی، نوزادی و نوجوانی بدست آمد که در مرحله نوجوانی کمتر نشان داد که احتمالا 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 (میکروجلبک/ 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 توده‌ساز زیستی وجود دارد و تاثیر

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.8.5]

حضور تولیدات طبیعی بر تولید میگوی سفید غربی را تائید کردند. در مطالعه Emerenciano و همکاران (۲۰۱۲) استفاده از تکنولوژی بیوفلوک به‌عنوان 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 تائید 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 توده های زیستی به هضم و استفاده از غذاهای کنسانتره کمک می کنند 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 می افتد هنگامی که بخش قابل توجهی از جیره کنسانتره با توده‌های زیستی مرطوب جایگزین می‌شود (Jatobá *et al*., 2014; Luo *et al*., 2014; Xu *et al*., 2012). در سیستم بدون تعویض آب همراه با توده‌زیستی بدون استفاده از جیره مصنوعی رشد مناسب ماهی و میگو صورت نمی گیرد (Wasielesky *et al*., 2006). توده های 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 توده های زیستی مشاهده شد. در مطالعه Crab و همکاران (۲۰۰۷) مشخص شد که توده های زیستی سبب بهبود کیفیت آب و به عنوان منبع غذایی پروتئین برای آبزی محسوب می‌شود. توده های 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*., 2010; Xu and Pan, 2012). Megahed و Mohamed در سال (۲۰۱۴) به‌منظور ارزیابی توده زیستی به‌عنوان یک جایگزین مناسب برای پودر ماهی در خوراک‌های میگو مطالعه‌ای انجام دادند، نتایج آنها توده‌زیستی را به‌عنوان منبع غذایی مکمل و اضافی برای تغذیه میگو تائید 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 نیستد، 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 توده‌زیستی و یا غذای کنسانتره به عنوان تنها خوراک استفاده می‌شود، دارد (Khanjani

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.8.5]

et al., 2016; Caldini *et al.*, 2015، خانجانی و 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 می باشد اما برای اینکه رشد بهینه صورت گیرد بهتر است که توده‌های زیستی را به همراه غذاهای کنسانتره استفاده کرد. با توجه به گسترش آبزی‌پروری، 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 آبزی‌پروری کشور توصیه می‌گردد.

سپاسگزاری

از مدیریت و کارکنان مرکز تکثیر و پرورش آبزیان بندرکلاهی- 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 غذاهی 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 غذادهی بر کیفیت آب، عملکرد رشد و بقاء پست لاروهای 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 توسعه آبزی پروری، سال دهم، شماره اول ۳۳-۴۲.

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.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.8.5]

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., Defoirdt, T., Bossier, P., Verstraete, W., 2007. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. Aquaculture, 270 (1), 1-14.
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.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.8.5]

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 fasciats*). 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

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]
[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.8.5]

juvenile *Litopenaeus vannamei* in zero-water exchange tanks manipulating C/N ratio in feed. Aquaculture, 356-357, 147-152.
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 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.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-05]

[DOR: 20.1001.1.23223545.1398.13.4.8.5]