



ORIGINAL RESEARCH PAPER

The effect of different levels of settleable solids on water quality and performance of Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*) culture in a biofloc system

M.H.Khanjani

Department of Fisheries Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Kerman, Iran

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article History:

Received: 2025/03/29

Revised: 2025/09/3

Accepted: 2025/09/6

Keywords

Pacific white shrimp,
Settleable solids,
Growth performance,
Water quality,
Biofloc

*Corresponding author:

✉ h.khanjani@ujiroft.ac.ir

Doi: [10.52547/joc.16.61.5](https://doi.org/10.52547/joc.16.61.5)

ORID: [0000-0002-3891-8082](https://orcid.org/0000-0002-3891-8082)

Background and Objectives: Aquaculture, as a source of supply, plays a significant role in food security. The use of new technologies in aquaculture that pursue the goals of sustainable aquaculture has attracted the attention of farmers. Biofloc technology is a new technology in aquaculture in which bacteria play a major role in improving water quality and producing supplementary feed. Managing settleable suspended solids is important for farmers to improve the performance of their aquaculture system. Pacific white shrimp is an important aquaculture species in the country, and its cultivation plays an important role in creating employment and generating foreign exchange. The purpose of the study was to evaluate the effect of different levels of settleable solids on water quality, growth performance, and biochemical quality of body composition of Pacific white shrimp.

Methods: Pacific white shrimp postlarvae with an average weight of 79.50 ± 14.8 mg were transferred to the Bandar Kolahi marine shrimp hatchery located in Minab, Hormozgan province for testing. Twelve fiberglass tanks were filled with 140 liters of water purified by sand filtration, and then 140 postlarvae (with a biomass of 1 ind./L) were stored in each tank and tested for 28 days. Four experimental treatments were considered, including a control group (with water exchange, settleable solids less than 1 ml/L), and three biofloc treatments with different amounts of settleable solids (less than 5 ml (SS1), 5 to 10 ml (SS2), and more than 10 ml/L (SS3)).

Findings: According to the results, the dissolved oxygen and pH decreased with increasing settleable solids. The lowest dissolved oxygen (45.5 mg/L) was observed in the afternoon in the SS3 treatment and the lowest pH in the biofloc treatments was observed in the afternoon in the range of 8.13-8.16. The highest total ammonia nitrogen (0.51 mg/L), the highest nitrite (4.85 mg/L), and the lowest nitrate (3.29 mg/L) were observed in the control group. The results of growth performance show that the final weight of shrimp, growth rate, and biomass increase in treatments SS1 and SS2 are higher than the control group and SS3, and show a significant difference ($P < 0.05$). The lowest survival rate (65.47%) was observed in treatment SS3. The lowest feed conversion ratio (2.48) and the lowest feed efficiency (40.96%) were obtained in the SS3 treatment, which indicates that the increase in settleable solids reduces the growth performance, survival and feed efficiency. The results of body biochemical composition show that the lowest amount of protein (74.66% of dry weight) and lipid (6.10% of dry weight) and the highest amount of body ash (14.09% of dry weight) were obtained in the SS3 treatment.

Conclusion: The results show that settleable solids affect growth performance and body composition of Pacific white shrimp. With increasing settleable solids in the culture medium, growth performance (final weight, specific growth rate) and biochemical quality of body composition (protein and lipid) decrease. The most suitable performance of Pacific white shrimp was obtained at settleable solids up to 10 ml/L.

مقاله پژوهشی

تأثیر سطوح مختلف مواد جامد قابل ته نشین بر کیفیت آب و عملکرد پرورش میگوی سفید غربی (Penaeus vannamei) در سیستم آبی پروری توده ساز زیستی

محمد حسین خانجانی

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

چکیده

اطلاعات مقاله

پیشینه و اهداف: آبی پروری به عنوان یکی از منابع تامین پروتئین نقش بسزایی در امنیت غذایی دارد. بکارگیری فناوری های نوین در آبی پروری که بتواند اهداف آبی پروری پایدار را دنبال کند، مورد توجه پرورش دهندگان قرار گرفته است. فناوری توده ساز زیستی از فناوری های نوین در آبی پروری است که در آن باکتری ها نقش اصلی را در جهت بهبود کیفیت آب و تولید خوراک مکمل بر عهده دارند. مدیریت مواد جامد معلق قابل ته نشین جهت بهبود عملکرد سیستم آبی پروری برای پرورش دهندگان حائز اهمیت می باشد. میگوی سفید غربی از گونه های آبی پروری مهم در کشور می باشد که پرورش آن نقش مهمی در ایجاد اشتغال و ارزآوری دارد. هدف از مطالعه حاضر ارزیابی تأثیر سطوح مختلف مواد جامد قابل ته نشین بر کیفیت آب، عملکرد رشد و کیفیت بیوشیمیایی ترکیبات بدن میگوی سفید غربی می باشد.

روش ها: پست لاروهای میگوی سفید غربی با میانگین وزن $79/50 \pm 8/14$ میلی گرم جهت انجام آزمایش به کارگاه تکثیر و پرورش آبزیان بندرکلاهی واقع در میناب، استان هرمزگان انتقال داده شدند. ۱۲ مخزن فایبرگلاس با ۱۴۰ لیتر آب تصفیه شده با فیلتر شنی پر شدند و سپس تعداد ۱۴۰ قطعه پست لارو (با بیومس ۱ قطعه در لیتر) در هر مخزن ذخیره سازی و آزمایش به مدت ۲۸ روز انجام گردید. ۴ تیمار آزمایشی شامل گروه کنترل (با تعویض آب، مواد جامد قابل ته نشین کمتر از ۱ میلی لیتر بر لیتر)، و سه تیمار توده ساز زیستی با مقادیر مختلف مواد جامد قابل ته نشین (کمتر از ۵ میلی لیتر (SS۱)، ۵ تا ۱۰ میلی لیتر (SS۲) و بیشتر از ۱۰ میلی لیتر بر لیتر (SS۳) در نظر گرفته شد.

یافته ها: بر طبق نتایج با افزایش میزان مواد جامد قابل ته نشین از میزان اکسیژن محلول و pH کاسته می شود. کمترین میزان اکسیژن محلول (۵/۴۵ میلی گرم بر لیتر) در بعد از ظهر در تیمار SS۳ و کمترین میزان pH در تیمارهای توده ساز زیستی در بعد از ظهر در محدوده ۸/۱۶-۸/۱۳ مشاهده شد. بیشترین میزان نیتروژن آمونیاکی کل (۰/۵۱ میلی گرم بر لیتر)، بیشترین میزان نیتريت (۴/۸۵ میلی گرم بر لیتر) و کمترین میزان نیترات (۳/۲۹ میلی گرم بر لیتر) در گروه کنترل مشاهده شد. نتایج عملکرد رشد نشان می دهد وزن نهایی میگو، سرعت رشد، افزایش بیومس در تیمارهای SS۱ و SS۲ بیشتر از گروه کنترل و SS۳ می باشد و اختلاف معنی داری را نشان می دهد ($P < 0/05$). کمترین میزان درصد بقاء (۶۵/۴۷ درصد) در تیمار SS۳ مشاهده شد. کمترین ضریب تبدیل غذایی (۲/۴۸) و کمترین میزان کارایی خوراک (۴۰/۹۶ درصد) در تیمار SS۳ بدست آمد که نشان می دهد با افزایش مواد جامد قابل ته نشین از میزان عملکرد رشد، بقاء و کارایی خوراک کاسته می شود. نتایج ترکیبات بیوشیمیایی بدن نشان می دهد کمترین میزان پروتئین (۷۴/۶۶ درصد وزن خشک) و چربی (۶/۱۰ درصد وزن خشک) و بیشترین میزان خاکستر بدن (۱۴/۰۹ درصد وزن خشک) در تیمار SS۳ بدست آمد.

نتیجه گیری: نتایج نشان داد مواد جامد قابل ته نشین بر عملکرد رشد و ترکیبات بدن میگوی سفید غربی تأثیر می گذارد. با افزایش مواد جامد قابل ته نشین در محیط پرورش عملکرد رشد (وزن نهایی، ضریب رشد ویژه) و کیفیت بیوشیمیایی ترکیبات بدن (پروتئین و چربی) کاهش می یابد. مناسب ترین عملکرد میگوی سفید غربی در مواد جامد قابل ته نشین تا ۱۰ میلی لیتر بر لیتر بدست آمد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱/۹

تاریخ بازبینی: ۱۴۰۴/۶/۱۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۶/۱۵

واژگان کلیدی

میگوی سفید غربی،

مواد جامد قابل ته نشین،

عملکرد رشد،

کیفیت آب،

توده زیستی

*نویسنده مسئول

✉ h.khanjani@ujiroft.ac.ir

Doi: 10.52547/joc.16.61.5

ORID: 0000-0002-3891-8082

مقدمه

از مخازن پرورش نقش مهمی در حفظ کیفیت و پایداری سیستم‌های آبی‌پروری با تعویض آب محدود را دارد، همچنین ساختار جامعه میکروبی را تغییر داده و تنوع آن را کاهش می‌دهد [۱۶].

در طول دوره پرورش نوزادگاهی میگو، لاروها به تغییرات جزئی محیط حساس هستند. در سیستم‌های آبی‌پروری توده‌ساز زیستی، تعویض محدود آب، غذادهی پیوسته، غذاهای باقی مانده و تعداد بالای جمعیت باکتری‌ها منجر به رشد سریع توده‌های زیستی و مواد جامد قابل ته نشین می‌گردد [۱۷]. مقدار بالای مواد جامد قابل ته نشین نشان می‌دهد آب آبی‌پروری حاوی توده‌های زیستی زیادی است که توانایی بالایی در کنترل کیفیت آب دارد. با این حال هنگامی که مواد جامد قابل ته نشین بالا باشد باعث ایجاد استرس در آبی‌پرورش یافته می‌شود و بر تغذیه و تنفس آنها تاثیر می‌گذارد [۱۸]. در نتیجه محدوده مواد جامد قابل ته نشین در سیستم آبی‌پروری توده‌ساز زیستی بایستی مدیریت و کنترل گردد. با توجه به اهمیت مواد جامد معلق قابل ته نشین در چنین سیستمی و مرحله نوزادگاهی در پرورش میگوی سفید غربی، در مطالعه حاضر تاثیر سطوح مختلف مواد جامد قابل ته نشین بر کیفیت آب، عملکرد رشد و ترکیبات بدن میگوی سفید غربی در مرحله نوزادگاهی مورد بررسی قرار گرفت.

روش پژوهش

طراحی آزمایش

پست لاروهای میگوی سفید غربی با میانگین وزن $79/50 \pm 8/14$ میلی‌گرم جهت انجام آزمایش به کارگاه تکثیر و پرورش آبزیان بندرکلاهی واقع در میناب، استان هرمزگان انتقال داده شدند. بعد از انتقال به کارگاه به مدت سه روز نگهداری و آدپتاسیون صورت گرفت. ۱۲ مخزن فایبرگلاس با حجم آبگیری ۳۰۰ لیتر برای تحقیق حاضر در نظر گرفته شد. هر یک از مخازن با ۱۴۰ لیتر آب تصفیه شده با فیلتر شنی پر شدند و سپس تعداد ۱۴۰ قطعه پست لارو (با بیومس ۱ قطعه در لیتر) در هر مخزن ذخیره‌سازی و آزمایش به مدت ۲۸ روز انجام گردید. ۴ تیمار آزمایشی شامل گروه کنترل (با تعویض آب)، و سه تیمار توده‌ساز زیستی با مقادیر مختلف مواد جامد قابل ته نشین (کمتر از ۵ میلی لیتر، ۵ تا ۱۰ میلی لیتر و بیشتر از ۱۰ میلی لیتر بر لیتر) در نظر گرفته شد (جدول ۱).

غذادهی میگوها با جیره تجاری حاوی ۳۸ درصد پروتئین، ۳ مرتبه در روز (۸ صبح، ۱۴ عصر، ۲۰ شب) بطور مشابه در همه تیمارها انجام شد. غذادهی روزانه در ابتدای آزمایش (۱۵ روز اول) ۱۵ درصد وزن بدن و ۱۰ روز آخر پرورش، ۱۲ درصد وزن بدن انجام شد. تعویض آب در گروه کنترل ۳۵ تا ۵۰ درصد حجم آب روزانه قبل از غذادهی و در گروه‌های توده‌ساز ۵/۵ تا ۱ درصد بود.

برای هوادهی و تامین اکسیژن، ۲ عدد سنگ هوا در کف مخازن که به منبع هواده متصل بود نصب گردید. هوادهی در صبح و بعدازظهر مرتباً تنظیم و چک می‌شد که علاوه بر تامین اکسیژن منجر به معلق ماندن توده‌های زیستی گردد. در طول دوره آزمایش، به تیمارهای توده‌ساز بعد از وعده غذایی ساعت ۱۲، ماده کربن‌دار ملاس (حاوی ۵۳/۱۵ درصد ماده خشک،

گسترش روز افزون آبی‌پروری با مشکلاتی از قبیل کاهش کیفیت آب و شیوع بیماری در سیستم‌های آبی‌پروری متراکم همراه است [۱]. با استفاده از سیستم‌های آبی‌پروری بسته می‌توان تعویض آب را کاهش و امنیت زیستی را افزایش داد. استفاده از فناوری توده‌ساز زیستی (Biofloc technology, BFT) از جمله فناوری‌های است که اهداف آبی‌پروری پایدار را دنبال می‌کند [۲]. فناوری توده‌ساز زیستی برای کمک به بهبود کیفیت آب، تولید خوراک طبیعی و باکتری‌های با خاصیت پروبیوتیکی در آبی‌پروری استفاده می‌شود و به عنوان یک روش امیدوارکننده برای دستیابی به توسعه پایدار آبی‌پروری می‌باشد [۳]. از این فناوری عمدتاً برای آبزیانی که بتوانند سطوح متوسط اکسیژن محلول، تراکم پذیری بالا و غلظت بالای مواد جامد قابل ته نشین را تحمل کنند، نظیر گونه‌های تیلایپای نیل [۴] میگوی سفید غربی [۵]، گربه ماهی [۶] استفاده می‌شود. در سیستم آبی‌پروری توده‌ساز زیستی، مواد جامد قابل ته نشین شامل مقدار زیادی کربن آلی است که به صورت غذای خورده نشده، مدفوع، و میکروارگانیسم‌ها (باکتری‌ها، جلبک‌ها و ژئوپلانکتون‌ها) وجود دارند [۷]. در سیستم‌های آبی‌پروری اگر کل مواد جامد معلق بیش از ۵۰۰ میلی‌گرم بر لیتر باشد بر عملکرد آبشش تاثیر می‌گذارد، فراوانی باکتری‌های عفونی را افزایش، سطح اکسیژن را کاهش، میزان مرگ و میر را افزایش و تغییرات نامطلوبی را در کیفیت بافت میگو ایجاد می‌کند [۸]. حذف مواد جامد قابل ته نشین و مدیریت آن در سیستم‌های آبی‌پروری حائز اهمیت است.

برخی از مطالعات نشان داده که حذف مواد جامد قابل ته نشین از سیستم آبی‌پروری توده‌ساز زیستی، فراوانی باکتری‌های فرصت طلب را افزایش می‌دهد که ممکن است با کاهش بار میکروبی (باکتری‌های هتروتروف) و افزایش مواد مغذی به ازای هر سلول میکروبی مرتبط باشد [۹]. از سوی دیگر، تجمع مواد جامد قابل ته نشین با فراوانی سیانوباکتری‌ها در محیط‌های آبی همراه است [۱۰]. علاوه بر این، حذف کل مواد جامد معلق باعث ناپایداری در جذب نیتروژن می‌شود تا جایی که مواد مغذی و باکتری‌ها از سیستم اکولوژیکی خارج می‌شوند. این تغییرات بر ساختار باکتری‌ها و فعالیت آنها در جذب ترکیبات نیتروژن تاثیر می‌گذارد [۱۱]. تخلیه یا تجمع مواد جامد قابل ته نشین در سیستم آبی‌پروری توده‌ساز زیستی منجر به افزایش فراوانی باکتری‌های بیماری‌زا می‌شود. تجمع مواد جامد، از جمله توده‌های زیستی، مواد آلی باقیمانده، مدفوع و لاشه، در سیستم آبی‌پروری با تعویض آب محدود به دلیل فعالیت‌های مداوم آبی‌پروری اجتناب ناپذیر است [۱۲]. مواد جامد بیش از حد ممکن است با آسیب رساندن به آبشش‌ها، بر سلامت فیزیولوژیکی گونه‌های آبی‌پروری تاثیر بگذارد و نیاز به افزایش اختلاط برای حفظ تعلیق توده‌های زیستی داشته باشد، که مصرف اکسیژن را افزایش می‌دهد و احتمالاً فلزات سنگین بیشتری را به دام می‌اندازد [۱۳]. برای کاهش این اثرات نامطلوب و افزایش سلامت و بهره‌وری، بایستی مواد جامد از جمله توده‌های زیستی را به طور منظم مدیریت و کنترل کرد [۱۴]. مدیریت موثر توده‌های زیستی پیامدهای قابل توجهی برای پایداری و دوام اقتصادی عملیات آبی‌پروری دارد [۱۵]. حذف و مدیریت توده‌های زیستی

درصد بقاء: $\{ \text{تعداد میگوهای انتهایی دوره} / \text{تعداد میگوهای ابتدای دوره} \} \times 100$

ضریب رشد ویژه (درصد در روز): $\{ \text{لگاریتم طبیعی وزن نهایی} - \text{لگاریتم طبیعی وزن ابتدایی} \} / \text{دوره پرورش (روز)} \times 100$

ضریب تبدیل غذایی: $\{ \text{میزان غذای خورده شده} / \text{میزان گوشت تولید شده} \}$

کارایی خوراک: $\{ \text{وزن نهایی} - \text{وزن ابتدایی} \} / \text{کل غذای مصرفی} \times 100$

آنالیز بیوشیمیایی ترکیبات بدن میگو

در پایان دوره پرورش ۳۰ میگو از هر تکرار تیمارها برای آنالیز ترکیبات بیوشیمیایی بدن (پروتئین، چربی، و خاکستر) برداشته شد. پس از برداشتن اسکلت بیرونی و سر، نمونه‌ها با چرخ گوشت همگن شدند، سپس در دمای ۱۸- درجه سانتیگراد تا تجزیه و تحلیل نگهداری شدند. برای تعیین وزن خشک، پروتئین خام، چربی و خاکستر از روش (AOAC, 2012) استفاده شد [۲۲]. نمونه‌ها (به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتیگراد) در ظروف چینی با وزن ثابت خشک شدند و از اختلاف وزن برای تخمین رطوبت استفاده شد. محتوای پروتئین خام با ضرب درصد نیتروژن در ۶/۲۵ محاسبه شد [۲۳]. از روش سوکسله با اتر برای تعیین چربی خام استفاده شد. محتوای خاکستر با سوزاندن در دمای ۶۰۰ درجه سانتیگراد به مدت ۳ ساعت در یک کوره تعیین شد [۲۴].

تجزیه و تحلیل آماری

داده‌ها با نرم افزار SPSS نسخه ۲۱ مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. در ابتدا برای تعیین نرمال بودن داده‌ها از آزمون آزمون کولموگوروف-اسمیرنوف استفاده شد و سپس برای مقایسه میانگین بین تیمارها از آنالیز واریانس یک طرفه با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن در سطح ۵ درصد استفاده شد و نتایج بصورت میانگین $\pm$ انحراف معیار ارائه گردید. نمودارها نیز با اکسل نسخه ۲۰۱۳ ترسیم گردید.

جدول ۱: مشخصات تیمارهای استفاده شده بر اساس مقادیر مختلف مواد جامد قابل ته نشین در پرورش میگوی سفید غربی

تیمارها	علامت اختصاری تیمار	میزان مواد جامد قابل ته نشین (میلی لیتر بر لیتر)*	تعویض آب روزانه (%)
کنترل	CW	کمتر از ۱	۳۵-۵۰
تیمار ۲	SS1	کمتر از ۵	۰/۵-۱
تیمار ۳	SS2	۵-۱۰	۰/۵-۱
تیمار ۴	SS3	بیشتر از ۱۰	۰/۵-۱

* Settleable solids (SS)

۷۲/۲۰ درصد کربوهیدرات) افزوده شد. ملاس تقریباً به میزان ۶۰ درصد خوراک ورودی (میزان خوراکی که روزانه داده می‌شد) جهت تحریک و توسعه توده زیستی و کنترل کیفیت آب با درنظر گرفتن نسبت کربن به نیتروژن ۱۵ بر اساس روش (Avnimelech, 2012) اضافه شد [۱۹]. ملاس پس از توزین به درون ظروف پلاستیکی یک لیتری ریخته شده و به خوبی با آب مخزن پرورش مخلوط گردید و به‌طور یکنواخت در سرتاسر سطح مخزن بعد از استفاده خوراک توزیع شد، تا توسعه بیوفلاک را تقویت کند.

از سه مخزن ۲۰۰۰ لیتری برای تهیه توده زیستی استفاده شد و با استفاده از یک توری ۲۰ میکرون توده‌های زیستی فیلتر و به مخازن پرورش جهت تنظیم مقدار مواد جامد قابل ته نشین (Settleable solids) اضافه می‌گردید.

اندازه‌گیری پارامترهای کیفیت آب

اندازه‌گیری عوامل کیفی آب شامل pH و اکسیژن محلول روزانه دو بار در ساعت ۹ تا ۱۰ صبح و ۱۵ تا ۱۶ عصر و شوری روزانه در ساعت ۹ با کمک دستگاه (HQ30D Multi Meter HACH) انجام شد. اندازه‌گیری میزان مواد جامد قابل ته نشین (Settled solid -SS) و کل مواد جامد معلق (Total Suspended Solid -TSS) هر ۵ روز یکبار انجام شد. برای تعیین میزان مواد معلق قابل ته نشین، یک لیتر آب مخزن را به داخل قیف مدرج شده مخروطی شکل ریخته و به مدت ۳۰ دقیقه نگه داشته تا ته نشین شود. برای اندازه‌گیری کل مواد جامد معلق ۱۰۰ میلی‌لیتر از آب مخزن را با کاغذ صافی واتمن فیلتر نموده و در آون در درجه حرارت ۱۰۳ درجه سانتی‌گراد به مدت ۳ ساعت قرار داده تا خشک شود. اندازه‌گیری آمونیاک، نیتريت و نیترات آب هر هفته با استفاده از روش طیف‌سنجی به کمک دستگاه اسپکتروفتومتر و بر اساس MOOPAM (۱۹۹۹) سنجیده شد [۲۰]. تعداد کل باکتری‌های هتروتروف (total heterotroph bacteria, THB) بر اساس روش (APHA, 2012) و محیط کشت آر دو- آگار شمارش و بصورت لگاریتم واحد تشکیل کلونی (log cfu/ml) بیان گردید [۲۱].

محاسبه شاخص‌های رشد

به منظور محاسبه شاخص‌های رشد شامل افزایش وزن بدن، سرعت رشد، بیومس و ضریب رشد ویژه بین تیمارها، زیست سنجی میگوها شامل اندازه‌گیری طول و وزن در ابتدای آزمایش و هر هفته در طی دوره پرورش انجام شد. تعداد میگوهای ذخیره‌سازی شده در ابتدای آزمایش و تعداد باقیمانده در انتهای آزمایش ثبت شد تا بر اساس آن میزان بقاء میگو محاسبه شود. همچنین شاخص‌های تغذیه‌ای شامل ضریب تبدیل غذایی و بازده غذایی بر اساس فرمول‌های ذیل محاسبه شدند.

افزایش وزن (میلی‌گرم): $\{ \text{وزن ثانویه} - \text{وزن اولیه} \}$

سرعت رشد (گرم): $\{ \text{وزن نهایی} - \text{وزن ابتدایی} \} / \text{دوره پرورش (به روز)}$

بیومس (گرم): $\{ \text{وزن نهایی} - \text{وزن ابتدایی} \} \times \text{میزان بقاء} \times \text{تعداد میگوهای ذخیره سازی شده}$

نتایج و بحث

کیفیت آب

نتایج حاصل از پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب در تیمارهای مختلف در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج نشان داد که مقادیر اکسیژن محلول و pH در تیمارهای توده‌ساز زیستی کمتر از گروه کنترل می‌باشد که اختلاف معنی‌داری مشاهده شد ($P < 0.05$). در مطالعه حاضر پارامترهای کیفی آب در محدوده قابل قبول برای پرورش میگوی سفید غربی مشاهده شد [۲۵]. میگوها برای انجام فعالیت‌های خود به سطح اکسیژن محلول حداقل ۵ میلی گرم بر لیتر نیاز دارد و کمتر از ۳/۷ میلی گرم بر لیتر برای آنها بحرانی محسوب می‌شود [۲۶ و ۲۷]. در مطالعه حاضر حداقل اکسیژن محلول (۵/۴۵ میلی گرم بر لیتر) در بعدازظهر در تیمار SS۳ مشاهده شد که با افزایش میزان مواد جامد قابل ته نشین و تراکم باکتری‌های هتروتروف مرتبط است. مطالعات نشان داده که هر چه تراکم باکتری‌ها و مواد معلق قابل ته نشین افزایش یابد از میزان اکسیژن محلول در سیستم پرورش کاسته می‌شود [۲۶]. میزان pH در تیمارهای توده‌ساز کمتر از گروه کنترل مشاهده شد و این میزان در بعدازظهر بیشتر نمایان گردید ($P < 0.05$) که احتمالاً به دلیل افزودن مواد آلی کربن دار به سیستم پرورش در بعدازظهر باشد که سبب تولید دی اکسید کربن و در نتیجه ایجاد حالت اسیدی در تیمارهای توده‌ساز می‌گردد [۲۸]. کمترین میزان شوری در گروه کنترل ۳۲/۴۲ گرم بر لیتر بدست آمد ($P < 0.05$). تیمارهای توده‌ساز با تعویض آب محدود میزان شوری بالاتری نسبت به گروه کنترل نشان دادند که احتمالاً به دلیل تعویض محدود آب، تبخیر و تجمع نمک از غذاهای خورده نشده در این تیمارها باشد [۲۹].

در مطالعه حاضر، تفاوت معنی‌داری در کل مواد جامد قابل ته نشین در بین تیمارهای مختلف مشاهده شد ($P < 0.05$)، بطوری که بیشترین آن ۳۲۴/۹ میلی گرم بر لیتر در تیمار SS۳ بدست آمد. میزان کل مواد جامد معلق در تیمارهای توده‌ساز افزایش نشان داد که احتمالاً به دلیل افزودن منبع کربن آلی به این تیمارها در طی دوره پرورش باشد [۳۰]. نوسانات مقادیر نیتروژن آمونیاکی کل، نیتريت و نیترات در شکل آورده شده است، که عملکرد تیمارهای توده‌ساز نسبت به گروه کنترل بهتر بود ($P < 0.05$). نتایج نشان می‌دهد بیشترین میزان نیتروژن آمونیاکی کل (۰/۵۱ میلی گرم بر لیتر)، بیشترین میزان نیتريت (۴/۸۵ میلی گرم بر لیتر) و کمترین میزان نیترات (۳/۲۹ میلی گرم بر لیتر) در گروه کنترل مشاهده شد. که احتمالاً به دلیل عدم حضور باکتری‌های موثر جهت تبدیل ترکیبات نیتروژن باشد. مطالعات نشان داده افزودن منابع آلی کربن دار به سیستم پرورش منجر به کاهش نیتروژن آمونیاکی کل می‌شود [۲ و ۳۱]. بیشترین میزان نیترات در تیمار SS۳ بدست آمد که احتمالاً با افزایش تراکم باکتری‌ها در این تیمار مرتبط باشد. مطالعات نشان داده که حضور باکتری‌های هتروتروف و شیمواتوتروف منجر به جذب و تبدیل ترکیبات نیتروژن می‌شوند [۳۲ و ۲۶]. در سیستم‌های پرورش ابتدا مقدار نیتروژن آمونیاکی افزایش می‌یابد که تحت تاثیر باکتری‌های اکسید کننده آمونیاک نظیر نیتروباکتر به نیتريت تبدیل می‌شوند و سپس با افزایش نیتريت در محیط پرورش باکتری‌های اکسید

کننده نیتريت نظیر نیتروزوموناس‌ها فعال شده و نیتريت را به نیترات تبدیل می‌کنند [۲۵ و ۲۶].

نیتروژن آمونیاکی کل از روش‌های مختلفی شامل جذب توسط باکتری‌های هتروتروف و نیتروفيکاسيون توسط باکتری‌های شیمواتوتروف قابلیت مصرف و متابوليز دارد [۳۳ و ۳۴]. غلظت پایین‌تر نیتروژن آمونیاکی کل در تیمارهای توده‌ساز به دلیل افزودن مواد آلی کربن دار و فعال شدن باکتری‌های هتروتروف برای جذب آمونیاک می‌باشد [۲۶].

تراکم کل باکتری‌های هتروتروف در جدول ۳ ارائه شده است، نتایج نشان می‌دهد کمترین آن در گروه کنترل و بیشترین تراکم کل باکتری‌های هتروتروف در تیمار SS۳ بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد ($P < 0.05$)، که احتمالاً به دلیل افزودن مواد جامد معلق قابل ته نشین به تیمارهای پرورش باشد.

بر طبق نتایج مشخص شد که حضور مواد جامد قابل ته نشین به همراه افزودن مواد آلی کربن دار به سیستم پرورش نسبت به گروه کنترل منجر به بهبود کیفیت آب در مخازن پرورش میگوی سفید غربی می‌شود.

عملکرد رشد و بقاء

نتایج حاصل از پارامترهای رشد و تغذیه در جدول ۴ ارائه شده است، نتایج نشان می‌دهد وزن نهایی میگو، سرعت رشد، افزایش بیومس در تیمارهای SS۱ و SS۲ بیشتر از گروه کنترل و SS۳ می‌باشد و اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهد ($P < 0.05$). در حالی که تفاوت معنی‌داری در این مقادیر بین تیمارهای SS۱ و SS۲ مشاهده نشد ($P > 0.05$). کمترین میزان درصد بقاء (۶۵/۴۷ درصد) در تیمار SS۳ با بیشترین میزان مواد جامد قابل ته نشین مشاهده شد، که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد ($P < 0.05$). به عبارت دیگر هنگامی که مواد جامد قابل ته نشین بین ۱ تا ۱۰ میلی لیتر بر لیتر باشد عملکرد رشد و بازماندگی میگوی سفید غربی بهتر است. مطالعات قبلی نشان داده اگر سطح کل مواد جامد قابل ته نشین بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ میلی گرم بر لیتر حفظ شود منجر به بهبود بقاء و افزایش وزن آبی پرورش یافته می‌شود [۳۵ و ۳۶]. افزایش میزان مواد جامد قابل ته نشین منجر در محیط به بالا رفتن استرس محیطی برای آبی پرورش یافته می‌شود [۳۷] و در نتیجه میزان بازماندگی را تحت تاثیر قرار می‌دهد، که کاهش میزان بازماندگی در تیمار SS۳ احتمالاً به همین دلیل می‌باشد. همچنین افزایش میزان مواد جامد معلق قابل ته نشین در سیستم پرورش بر کیفیت آب، اکسیژن محلول و عملکرد آبشش آبی پرورش یافته تاثیر می‌گذارد. افزایش بیش از حد منجر به مسدود شدن آبشش‌ها، کاهش دسترسی به اکسیژن و در نهایت خفگی می‌گردد [۳۵]. در سیستم آبی‌پروری توده‌ساز زیستی میزان مواد جامد قابل ته نشین به دلیل تعویض آب محدود، افزودن کربوهیدرات، خوراک، متابولیسم جوامع میکروبی، غذاهای باقی مانده و مدفوع افزایش می‌یابد که بر عملکرد آبی پرورش یافته تاثیر می‌گذارد [۳۸]. عملکرد رشد و ضریب رشد ویژه در تیمارهای SS۱ و SS۲ بالاتر از گروه کنترل مشاهده شد که احتمالاً به دلیل حضور توده‌های زیستی باشد. توده‌های زیستی در کنار خوراک مصنوعی یک

نتایج حاصل از ترکیبات بیوشیمیایی بدن (پروتئین، چربی و خاکستر) در جدول ۵ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد کمترین میزان پروتئین (۷۴/۶۶ درصد وزن خشک)، چربی (۶/۱۰ درصد وزن خشک) و بیشترین میزان خاکستر بدن (۱۴/۰۹ درصد وزن خشک) در تیمار SS۳ (با بیشترین میزان مواد جامد قابل ته نشین) بدست آمد ($P < 0.05$)، که مشخص می‌کند با افزایش میزان مواد جامد قابل ته نشین در سیستم پرورش از کیفیت ترکیبات بیوشیمیایی بدن کاسته می‌شود.

در مطالعه حاضر ترکیبات بیوشیمیایی بدن تحت تاثیر مواد جامد قابل ته نشین قرار گرفت، بطوری که با افزایش میزان مواد جامد قابل ته نشین از مقادیر پروتئین و چربی بدن کاسته شد و به میزان خاکستر بدن میگو افزوده شد. مطالعات نشان داده، توده‌های میکروبی حاوی مواد مغذی مناسب جهت تغذیه آبی پرورش یافته هستند و حضور آنها در سیستم پرورش منجر به بهبود کیفیت بیوشیمیایی بدن می‌شود [۴۴]. در مطالعه Dorothy و همکاران (۲۰۲۱) مقادیر پروتئین (۳۳ درصد)، چربی (۵/۶ درصد) و خاکستر (۱/۶ - ۱/۵ درصد وزن مرطوب) در سیستم آبی پروری توده‌ساز زیستی گزارش شد، که تقریباً مشابه نتایج مطالعه حاضر می‌باشد [۴۵].

۲: مقادیر برخی از پارامترهای کیفی آب در تیمارهای مختلف (میانگین $\pm$ انحراف معیار).

زنجیره غذایی کامل را برای آبی پرورش یافته فراهم می‌کند [۳۹]. همچنین توده‌ها دارای مواد مغذی فراوان (پروتئین، چربی، مواد معدنی و...) هستند که در ۲۴ ساعت شبانه روز در ستون آب معلق بوده و توسط آبی پرورش یافته مصرف می‌شوند [۴۰].

بالاترین ضریب تبدیل غذایی (۲/۴۸) و کمترین میزان کارایی خوراک (۴۰/۹۶ درصد) در تیمار SS۳ بدست آمد که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد ($P < 0.05$). گویای این است که با افزایش مواد جامد قابل ته نشین از میزان عملکرد رشد، بقاء و کارایی خوراک کاسته می‌شود. حضور توده‌های زیستی در محیط پرورش علاوه بر کمک به بهبود کیفیت آب [۲۶]، خوراک مکمل [۴۱]، منجر به بهبود ضریب تبدیل غذایی و کارایی بهتر خوراک می‌گردد [۴۲]. در مطالعه حاضر کمترین ضریب تبدیل غذایی به میزان ۱/۴ و مناسب ترین کارایی خوراک در تیمارهای SS۱ و SS۲ مشاهده شد. مطالعات نشان داده ضریب تبدیل غذایی در سیستم‌های آبی پروری با تعویض آب محدود بهتر از سیستم‌های سنتی با تعویض آب می‌باشد [۴۳]. بر طبق نتایج کنترل و مدیریت مواد جامد قابل ته نشین در حد قابل قبول منجر به بهبود عملکرد رشد، بقاء و کارایی بهتر خوراک می‌گردد.

ترکیبات بدن

جدول ۲: مقادیر برخی از پارامترهای کیفی آب در تیمارهای مختلف (میانگین $\pm$ انحراف معیار).

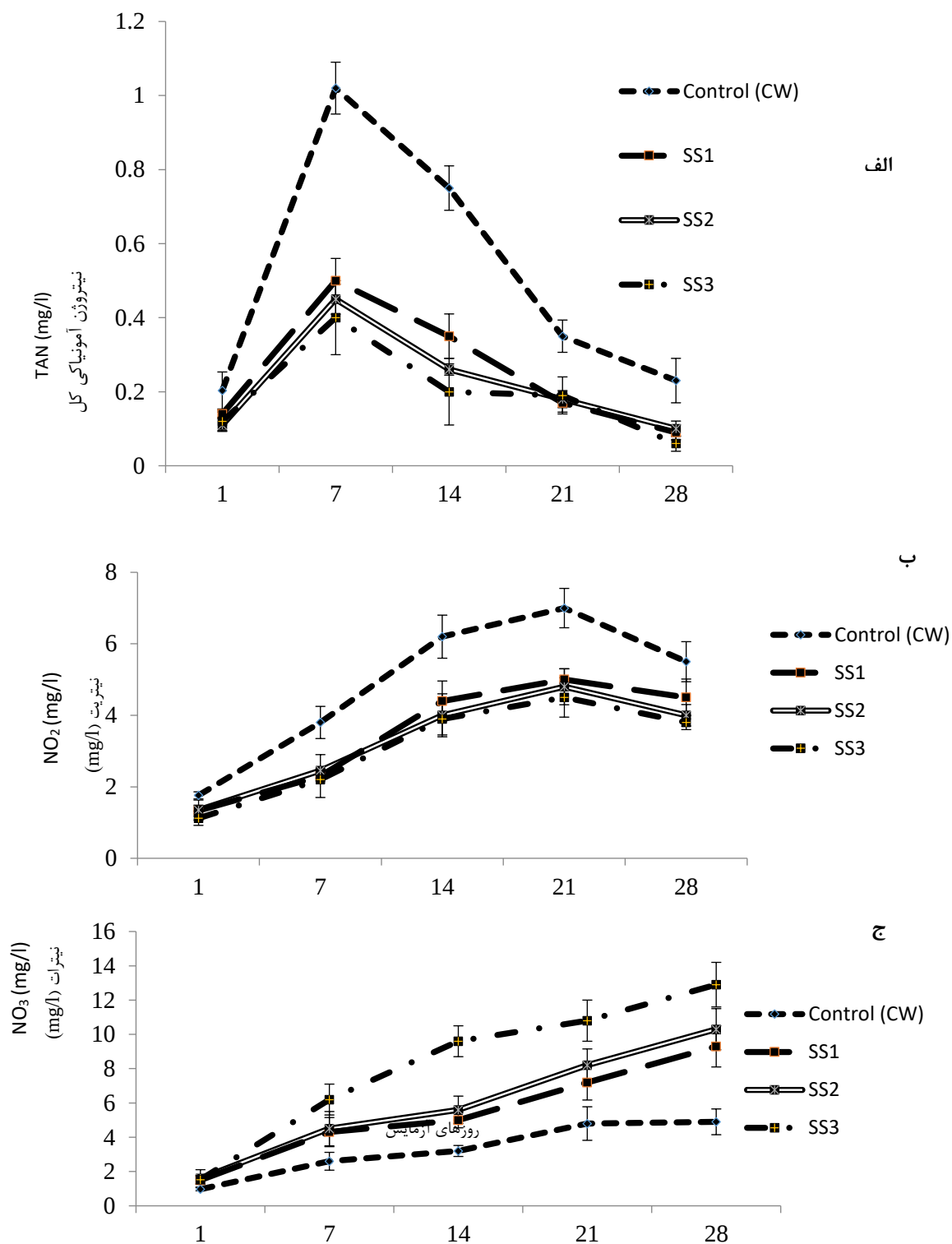
پارامترها	CW	SS1	SS2	SS3
اکسیژن محلول صبح (mg/l)	6.86 ± 0.48	6.28 ± 0.38	6.05 ± 0.34	5.93 ± 0.37
اکسیژن محلول بعد از ظهر (mg/l)	6.45 ± 0.42	5.83 ± 0.44	5.70 ± 0.38	5.45 ± 0.33
pH صبح	8.31 ± 0.07	8.27 ± 0.09	8.26 ± 0.07	8.27 ± 0.07
pH بعد از ظهر	8.30 ± 0.06	8.16 ± 0.06	8.14 ± 0.09	8.13 ± 0.08
شوری (ppt)	32.42 ± 0.45	33.45 ± 0.77	33.39 ± 0.65	33.56 ± 0.83
(mg/l)/TSS	39.19 ± 0.15	134.46 ± 0.70	228.24 ± 32.16	324.94 ± 44.2
نیترژن آمونیایی کل (mg/l)	0.51 ± 0.39	0.25 ± 0.16	0.22 ± 0.13	0.19 ± 0.12
نیتریت (mg/l)	4.85 ± 1.97	3.50 ± 1.50	3.32 ± 1.31	3.10 ± 1.31
نیترات (mg/l)	3.29 ± 1.54	5.46 ± 2.79	6.04 ± 3.16	8.2 ± 4.19

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

جدول ۳: تراکم کل باکتری‌های هتروترف در آب تحت تاثیر تیمارهای مختلف آزمایش (میانگین $\pm$ انحراف معیار).

تیمارها	CW	SS1	SS2	SS3
THB ($\times 10^6$ cfu/ml)	0.23 ± 0.14	2.3 ± 2.08	2.86 ± 2.35	9.88 ± 2.05

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



شکل ۱: تغییرات نیتروژن آمونیاکی کل (الف)، نیتريت (ب) و نترات (ج) در تیمارهای مختلف آزمایش

جدول ۴: شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای میگوی سفید غربی پرورش یافته تحت تاثیر تیمارهای مختلف (میانگین $\pm$ انحراف از معیار).

شاخص‌های رشد	CW	SS1	SS2	SS3
وزن نهایی (g)	$b_{1/0.46 \pm 0.116}$	$a_{1/2.82 \pm 0.100}$	$a_{1/2.91 \pm 0.09}$	$c_{0.884 \pm 0.117}$
میزان افزایش وزن بدن (g)	$b_{0.9665 \pm 0.116}$	$a_{1/2.25 \pm 0.100}$	$a_{1/2.115 \pm 0.09}$	$c_{0.8045 \pm 0.117}$
سرعت رشد (mg/day)	$b_{34/51 \pm 4/17}$	$a_{42/94 \pm 3/57}$	$a_{42/26 \pm 3/19}$	$c_{28/73 \pm 4/18}$
افزایش بیومس (گرم)	$b_{10.8/89 \pm 13/15}$	$a_{142/696 \pm 11/87}$	$a_{142/96 \pm 10/54}$	$c_{73/745 \pm 10/727}$
درصد بقا (%)	$b_{80/47 \pm 1/88}$	$a_{84/76 \pm 1/49}$	$a_{84/28 \pm 1/89}$	$c_{65/47 \pm 1/29}$
ضریب رشد ویژه (درصد بر روز)	$b_{9/18 \pm 0/38}$	$a_{9/92 \pm 0/28}$	$a_{9/94 \pm 0/24}$	$c_{8/57 \pm 0/47}$
ضریب تبدیل غذایی	$b_{1/86 \pm 0/20}$	$c_{1/41 \pm 0/12}$	$c_{1/4 \pm 0/09}$	$a_{2/48 \pm 0/37}$
کارایی خوراک (%)	$b_{54/44 \pm 6/57}$	$a_{71/34 \pm 5/94}$	$a_{71/47 \pm 5/27}$	$c_{40/96 \pm 5/96}$

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

جدول ۵: مقادیر ترکیبات تقریبی (درصد وزن خشک) میگوی سفید غربی تحت تأثیر تیمارهای مختلف آزمایش (میانگین $\pm$ انحراف معیار).

تیمارها	ماده خشک (%)	پروتئین خام (%DW)	چربی خام (%DW)	خاکستر (%DW)
CW	$a_{24/75 \pm 0/32}$	$a_{75/0.5 \pm 0/30}$	$b_{6/75 \pm 0/12}$	$c_{10/85 \pm 0/15}$
SS1	$b_{24/45 \pm 0/27}$	$a_{75/12 \pm 0/25}$	$a_{7/45 \pm 0/17}$	$b_{11/79 \pm 0/37}$
SS2	$b_{24/40 \pm 0/31}$	$a_{75/0.1 \pm 0/32}$	$a_{7/28 \pm 0/19}$	$b_{12/0.8 \pm 0/52}$
SS3	$b_{24/42 \pm 0/28}$	$b_{74/66 \pm 0/21}$	$c_{6/10 \pm 0/42}$	$a_{14/0.9 \pm 0/68}$

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

شایسته است مراتب قدردانی خود را از همکاران در کارگاه تکثیر و پرورش آبزیان دریایی خلیج فارس، واقع در بندرکلاهی، میناب، استان هرمزگان بویژه آقای دکتر جمشید اسلامی اعلام دارم.

منابع

- [1] Yusoff, F.M.; Umi, W.A.D.; Ramli, N.M.; Harun, R., (2024). Water quality management in aquaculture. Cambridge Prisms: Water, 2, e8, 1–22 <https://www.cambridge.org/core/journals/cambridge-prisms-water/article/water-quality-management-in-aquaculture/3EEA40E016F10E0702F134F361B5736A>
- [2] Khanjani, MH.; Zahedi, S.; Sharifinia, M.; Hajirezaee, S.; Singh, S.K., (2025b) Biological removal of nitrogenous waste compounds in the biofloc aquaculture system: a review. Ann. Anim. Sci., 25: 3-21. <https://sciendocom/article/10.2478/aoas-2024-0060>

نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه حاضر نشان داد مقادیر مختلف مواد جامد معلق قابل ته نشین بر کیفیت آب، عملکرد رشد، بقا و ترکیبات بدن میگوی سفید غربی تأثیر می‌گذارد. استفاده از سیستم آبزی‌پروری توده‌ساز زیستی با میزان مواد جامد قابل ته نشین تا ۱۰ میلی لیتر بر لیتر به کیفیت آب، عملکرد رشد، بقا و ترکیبات بیوشیمیایی بهتر میگوی سفید غربی کمک می‌کند. به طور کلی استفاده از سیستم BFT با میزان مواد جامد قابل ته نشین کمتر از ۱۰ میلی لیتر بر لیتر برای پرورش دوره نوزادی میگوی سفید غربی مناسب می‌باشد. پیشنهاد می‌گردد در طی دوره پرورش میگو میزان مواد جامد قابل ته نشین و شفافیت آب جهت دست یابی به عملکرد بهینه مدیریت و کنترل گردد.

تشکر و قدردانی

- 605–615.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/are.14408>
- [11] Du, Y.; Song, K.; Wang, Q.; Li, S.; Wen, Z.; Liu, G.; Tao, H.; Shang, Y.; Hou, J.; Lyu, L.; Zhang, B., (2022) Total suspended solids characterization and management implications for lakes in East China. *Sci. Total Environ.* 806, 151374.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721064524>
- [12] Zhu, Z.; Yogeve, U.; Keesman, K.J.; Gross, A., (2024) Promoting circular economy: comparison of novel coupled aquaponics with anaerobic digestion and conventional aquaponic systems on nutrient dynamics and sustainability. *Resour. Conserv. Recycl.* 208, 107716.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344924003100>
- [13] Copetti, F.; Gregoracci, G.B.; Vadstein, O.; Schweitzer, R., (2021) Management of biofloc concentrations as an ecological strategy for microbial control in intensive shrimp culture. *Aquaculture* 543, 736969.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848621006323>
- [14] Kuhn, D.D.; Lawrence, A.L.; Crockett, J.; Taylor, D., (2016) Evaluation of bioflocs derived from confectionary food effluent water as a replacement feed ingredient for fishmeal or soy meal for shrimp. *Aquaculture* 454, 66–71.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848615302799>
- [15] Abakari, G.; Wu, X.; He, X.; Fan, L.; Luo, G., (2022) Bacteria in biofloc technology aquaculture systems: roles and mediating factors. *Rev. Aquac.* 1–25.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/raq.12649>
- [16] Schweitzer, R.; Fonseca, G.; Orteney, N.; Menezes, F.C.T.; Thompson, F.L.; Thompson, C. C.; Gregoracci, G.B., (2020) The role of sedimentation in the structuring of microbial communities in biofloc-dominated aquaculture tanks. *Aquaculture* 514, 734493.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848619317363>
- [17] Liu, W.; Luo, G.; Chen, W.; Tan, H.; Wu, S.; Zhang, N.; Yu, Y., (2018). Effect of no carbohydrate addition on water quality, growth performance and microbial community in water -reusing biofloc systems for tilapia production under high -density cultivation. *Aquac. Res.*, 49(7), 2446–2454.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/are.13704>
- [3] Emerenciano, M.G.C.; Khanjani, M.H.; Sharifinia, M.; Miranda-Baeza, A., (2025) Could Biofloc Technology (BFT) Pave the Way Toward a More Sustainable Aquaculture in Line With the Circular Economy?. *Aquac. Res.*, Volume 2025, Article ID 1020045, 23 pages.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1155/are/1020045>
- [4] Khanjani, M.H.; Alizadeh, M., (2024) Effects of different salinity levels on performance of Nile tilapia fingerlings in a biofloc culture system. *Ann. Anim. Sci.*, 24:1 235–245.
<https://sciencedirect.com/article/10.2478/aoas-2023-0077>
- [5] Khanjani M.H.; Eslami, J.; Emerenciano M.G.C., (2025a) Wheat flour as carbon source on water quality, growth performance, hemolymph biochemical and immune parameters of Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*) juveniles in biofloc technology (BFT), *Aquac. Res.*, 40, 102623,
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352513425000092>
- [6] Deswati, Zein, R.; Dwisani, R.; Fitri, W.E.; Putra, A., (2023) Biofloc-based catfish cultivation and its effect on the dynamics of water quality, *AACL Bioflux*, 16 (6), 3123–3137.
<https://bioflux.com.ro/docs/2023.3123-3137.pdf>
- [7] Ray, A.J.; Lewis, B.L.; Browdy, C.L.; Leffler, J.W., (2010) Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plantbased feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. *Aquaculture* 299 (1), 89–98.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848609009375>
- [8] El-Sayed, A.F.M., (2021) Use of biofloc technology in shrimp aquaculture: a comprehensive review, with emphasis on the last decade. *Reviews in Aquaculture*, 13(1), 676–705.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/raq.12494>
- [9] Soaudy, M. R.; Ghonimy, A.; Lopez Greco, L.S.; Chen, Z.; Dyzenchauz, A.; Li, J., (2023) Total suspended solids and their impact in a biofloc system: Current and potentially new management strategies, *Aquaculture*, 572, 739524.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848623002983>
- [10] de Sales, S.C.M.; Leite, N.R.; Bezerra, V.M.; Moraes, S.G.D.S.; Teixeira, E.D.A., (2020) Feeding management strategies to optimize the use of suspended feed for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultivated in bioflocs. *Aquaculture Research*, 51 (2),

- sources and protein levels on water quality, growth performance and immune responses in black tiger shrimp *Penaeus monodon* (Fabricius, 1978). Aquac. Res., 48, 1168–1182. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/are.12958>.
- [28] Hassan, S.A.H.; Sharawy, Z.Z.; El Nahas, A.F.; Hemeda, S.A.; El-Haroun, E.; Abbas, E.M., (2022) Carbon sources improve water quality, microbial community, immune-related and antioxidant genes expression, and survival of challenged *Litopenaeus vannamei* Postlarvae in biofloc system. Aquac. Res., 53, 5902–5914. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/are.16058>.
- [29] Alves, G.F.O.; Fernandes, A.F.A.; Alvarenga, E.R.; Turra, E.M.; Sousa, A.B.; Teixeira, E.A., (2017). Effect of the transfer at diferent moments of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to the biofloc system in formation. Aquaculture 479, 564–570. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848617312565>.
- [30] Schweitzer, R.; Baccarat, R.F.C.; Gaona, C.A.P.; Wasielesky, W.; Arantes, R., (2024) Concentration of suspended solids in superintensive culture of the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* with biofloc technology (BFT): a review. Rev. Aquac. 16 (2), 785–795. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/raq.12867>.
- [31] Chakrapani, S.; Panigrahi, A.; Sundaresan, J.; Mani, S.; Palanichamy, E.; Rameshbabu, V. S.; Krishna, A., (2022) Utilization of complex carbon sources on biofloc system and its influence on the microbial composition, growth, digestive enzyme activity of pacific white shrimp, *Penaeus vannamei* culture. TRJFAS18813 Turk. J. Fish. Aquat. Sci. 22 (4). https://www.trjfas.org/uploads/pdf_14888.pdf
- [32] Xu, W.; Xu, Y.; Su, H.; Hu, X.; Xu, Y.; Li, Z.; Wen, G.; Cao, Y., (2021) Production performance, inorganic nitrogen control and bacterial community characteristics in a controlled biofloc-based system for indoor and outdoor super-intensive culture of *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture 531, 735749. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848620312369>.
- [33] Roy, D.; Benkaraache, S.; Lemay, J.F.; Landry, D.; Drogui, P.; & Tyagi, R.D., (2019). High-strength ammonium wastewater treatment by MBR: Steady-state nitrification kinetic parameters. J. Water Process Eng., 32, 100945. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214714419304696>.
- [34] Leong, W. H.; Lim, J. W.; Lam, M. K.; Lam, S. M.; Sin, J. C.; Samson,
- [18] Gaona, C. A. P.; de Almeida, M. S.; Viau, V.; Poersch, L. H.; Wasielesky, W., (2017). Effect of different total suspended solids levels on a *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) BFT culture system during biofloc formation. Aquac. Res., 48(3), 1070-1079. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/are.12949>.
- [19] Avnimelech, Y., (2012) Biofloc technology-a practical guide book, 2nd edn. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, USA, p 272. <https://www.was.org/shopping/biofloc-technology-a-practical-guidbook-3rd-edition>.
- [20] Moopam, R., (1999) Manual of oceanographic observations and pollutant analysis methods. Kuwait: ROPME. 1, 20. <https://catalog.hathitrust.org/Record/007251767>.
- [21] APHA, (2012) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (22nd ed.). American Public Health Association, Washington, DC, USA. <https://www.scrip.org/reference/ReferencesPapers?ReferencelD=1982598>.
- [22] AOAC, (Association of Official Analytical Chemists) (2012) Official method of analysis, 19th edition. AOAC, Washington, D.C. <https://www.scrip.org/reference/ReferencesPapers?ReferencelD=1819676>.
- [23] Krul, E.S., (2019). Calculation of nitrogen-to-protein conversion factors: a review with a focus on soy protein. JAOCS 96 (4), 339–364. <https://aocs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/aocs.12196>.
- [24] Mabroke, R.S.; Zidan, A.F.A.; Tahoun, A.; Mola, H.R.A.; Abo- State, H.; & Suloma, A., (2021) Feeding frequency affect feed utilization of tilapia under biofloc system condition during nursery phase. Aquac. Rep., 19, 100625. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352513421000417>.
- [25] Emerenciano, M.G.C.; Martínez-Córdova, L.R.; Martínez-Porchas, M.; Miranda-Baeza, A., (2017) Biofloc technology (BFT): a tool for water quality management in aquaculture. Water Quality. InTech, London, UK, pp 91–109. <https://www.intechopen.com/chapters/53211>.
- [26] Khanjani, M.H.; Mohammadi, A.; Emerenciano, M.G.C., (2024a) Water quality in biofloc technology (BFT): an applied review for an evolving aquaculture. Aquac. Int., vol. 23, pp.9321-9374. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10499-024-01618-w>.
- [27] Kumar, S.; Anand, P.S.S.; De, D.; Deo, A.D.; Ghoshal, T.K.; Sundaray, J.K.; Ponniah, A.G.; Jithendran, K.P.; Raja, R.A.; Biswas, G.; Lalitha, N., (2017). Effects of biofloc under different carbon

- [3888/10/4/144](https://doi.org/10.1111/jwas.12093).
- [42] Krummenauer, D.; Samocha, T.; Poersch, L.; Lara, G.; Wasielesky, W. Jr., (2014) The Reuse of Water on the Culture of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in BFT System. J. World Aquac. Soc., 45(1), 3-14. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jwas.12093>.
- [43] Lyu, X.; Kuang, H.; Liu, W.; Tan, H.; Luo, G.; Hu, X.; Zhao, Z., (2023) Evaluation of short-term anaerobic fermentation using bioflocs waste and performance assessment, Aquaculture, 577, 739929. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848623007032>
- [44] Tao, C.T.; Khoa, T.N.D.; Truyen, P.M.; Hoa, N.V.; An, C.M.; Hai, T.N., (2021). Effects of light intensity on growth and survival rate of freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) at larvae and postlarvae stages in biofloc system. AACL Bioflux 14 (6), 3556–3565. <https://bioflux.com.ro/docs/2021.3556-3565.pdf>
- [45] Dorothy, M. S.; Vungarala, H.; Sudhagar, A.; Reddy, A. K.; Rani Asanaru Majeedkutty, B., (2021) Growth, body composition and antioxidant status of *Litopenaeus vannamei* juveniles reared at different stocking densities in the biofloc system using inland saline groundwater. Aquac. Res., 00, 1–9. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/are.15493>.
- A., (2021). Novel sequential flow baffled microalgal-bacterial photobioreactor for enhancing nitrogen assimilation into microalgal biomass whilst bioremediating nutrient-rich wastewater simultaneously. J. Hazard. Mater., 409, 124455. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389420324456>.
- [35] Liu, W.; Guo, Y.; Li, S.; Luo, G.; Tan, H., (2022) The effect of total suspended solids on the nursery of *Penaeus vannamei* nauplius based on biofloc technology system, Aquac. Res., <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/are.16110>.
- [36] Gaona, C. A. P.; da Paz Serra, F.; Furtado, P. S.; Poersch, L. H.; Wasielesky, W., (2016). Effect of different total suspended solids concentrations on the growth performance of *Litopenaeus vannamei* in a BFT system. Aquac. Eng., 72-73, 65-69. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144860916300486>.
- [37] Poli, M. A.; Schweitzer, R.; de Oliveira, N.; Alex P., (2015). The use of biofloc technology in a South American catfish (*Rhamdia quelen*) hatchery: Effect of suspended solids in the performance of larvae. Aquac. Eng., 66, 17-21. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144860915000059>.
- [38] Gaona, C. A. P.; Poersch, L. H.; Dariano, K.; Foes, G. K.; Wasielesky, W., (2011). The effect of solids removal on water quality, growth and survival of *Litopenaeus vannamei* in a biofloc technology culture system. International Journal of Recirculating Aquaculture, 12(1), 54-73. <https://vtechworks.lib.vt.edu/items/e8e55b11-4393-45e3-9f9d-d54a3768e617>.
- [39] Khanjani, M.H.; Sharifinia, M.; Akhavan-Bahabadi, M.; Emerenciano, M.G.C., (2024b) Probiotics and phytobiotics as dietary and water supplements in biofloc aquaculture systems. Aquac. Nut., Article ID 3089887, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/anu/3089887>.
- [40] Avnimelech, Y., (2007) Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bioflocs technology ponds. Aquaculture, 264, 140–147. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0044848606008933>.
- [41] Matishov, G.; Meskhi, B.; Rudoy, D.; Olshevskaya, A.; Shevchenko, V.; Golovko, L.; Maltseva, T.; Odabashyan, M.; Teplyakova, S., (2025) Using BioFloc Technology to Improve Aquaculture Efficiency. Fishes, 10, 144.

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

Khanjani, M.H., Associate Professor, Department of Fisheries Sciences and Engineering, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Kerman, Iran

✉ m.h.khanjani@ujiroft.ac.ir

 0000-0002-3891-8082

این قسمت توسط نشریه تکمیل می گردد:



HOW TO CITE THIS ARTICLE

 <http://doi.org/10.52547/joc.16.61.5>
 <http://joc.inio.ac.ir/article-1-1846-fa.html>
 <https://orcid.org/0000-0002-3891-8082>

COPYRIGHTS

©2021 The author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.

