

# پرورش متراکم میگو در سیستم بیوفلاک

مهدی نادری کوشک<sup>۱،۲</sup>، بابک قائدنیا<sup>۳</sup> و اکبر عباسزاده<sup>۴</sup>

Mahdi.naderi67@yahoo.com

۱. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خوزستان، ایران
۲. شرکت پرورش ماهیان دریایی راموز، بوشهر، ایران
۳. موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۴. گروه شیلات، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر، ایران

## چکیده

قرار گیرد. به نظر می‌رسد که این سیستم برای پرورش میگو در آب‌های غیرمتعارف داخلی و دور از ساحل مناسب می‌باشد اما اجرایی شدن این سیستم در جنوب کشور، مستلزم مطالعه پایلوت می‌باشد که همکاری سازمان شیلات، محققین آبی‌پروری و پرورش دهندگان میگو را می‌طلبد.

**واژگان کلیدی:** فناوری بیوفلاک، تراکم، میگو، رشد، کیفیت آب

## مقدمه

امروزه با توجه به رشد روزافزون جمعیت جهان، مسئله تأمین غذای سالم و کافی یکی از مسائل و مشکلات بحرانی بسیاری از کشورهای جهان به ویژه کشورهای در حال توسعه می‌باشد. با افزایش جمعیت جهان، گسترش آبی‌پروری نیز ضروری به نظر می‌رسد. ایران در سال ۲۰۱۴ با تولید آبی‌پروری معادل ۳۲۰۱۷۴ تن جزء ۲۵ کشور اصلی تولید کننده دنیا بوده است (FAO, 2016). میگو یکی از ذخایر بسیار مهم و ارز آور آب‌های کشور را تشکیل داده که به دلیل دارا بودن ارزش اقتصادی، به عنوان یکی از منابع تأمین پروتئین و درآمد، همواره مورد توجه قرار گرفته است. در سال ۱۳۹۵ میزان تولید میگوی پرورشی آب شور کشور ۲۱۳۳۱ تن بوده است (سالنامه آماری سازمان شیلات ایران، ۱۳۹۶). بنابراین افزایش تولیدات آبی‌پروری، مورد نیاز و

امروزه توجه به سیستم‌های آبی‌پروری متراکم به دلیل افزایش سوددهی، امکان اجرای ایمنی زیستی و کاهش آسیب‌های زیست‌محیطی در حال افزایش است. یکی از سیستم‌هایی که به طور نسبی سودآوری قابل قبولی دارد و هزینه‌های تولید را کاهش می‌دهد، فناوری بیوفلاک است. فناوری بیوفلاک می‌تواند اهداف آبی‌پروری پایدار را با استفاده از سیستم بدون تعویض آب دنبال کند. این فناوری به عنوان یک روش جایگزین مؤثر که قادر است اثرات زیست‌محیطی را کاهش داده و از ورود عامل بیماری‌زایی جلوگیری نماید، پیشنهاد شده است. این مطالعه به بررسی استفاده از سیستم بیوفلاک برای تولید متراکم میگو و جنبه‌های مختلف این سیستم نوین پرداخته است. در سیستم بیوفلاک، غلظت آمونیاک و نیتريت به طور مؤثری کنترل شده و این امر موجب حفظ سطوح آمونیاک و نیتريت در محدوده قابل قبول برای پرورش میگو حتی در تراکم‌های بالای ذخیره‌سازی می‌گردد. منابع کربنی مثل سلولز، نشاسته، آرد گندم، ملاس و ... به سیستم بیوفلاک اضافه می‌شوند. منابع کربوهیدرات اضافه شده به ستون آب در توده‌سازی زیستی مؤثر هستند. با اضافه کردن منبع کربنی به استخر، باکتری‌ها نیتروژن غیرآلی آب را مصرف نموده و توده میکروبی (بیوفلاک) تولید می‌شود که می‌تواند به عنوان غذا مورد استفاده میگوهای پرورشی

میگو یکی از ذخایر بسیار مهم و ارز آور آب‌های کشور را تشکیل داده که به دلیل دارا بودن ارزش اقتصادی، به عنوان یکی از منابع تأمین پروتئین و درآمد، همواره مورد توجه قرار گرفته است.



قابل پیش‌بینی است اما مشکلاتی مانند دسترسی به آب و زمین مناسب تولید را محدود می‌کنند. راه حلی عملی و قابل قبول از نظر ملاحظات زیست محیطی برای افزایش تولیدات آبی‌پروری استفاده از سیستم‌های متراکم است (Avnimelech, 2012). بنابراین از جمله عواملی که باعث رویکرد کشورها به روش پرورش متراکم شده است افزایش تولید و افزایش سودآوری، صرفه‌جویی در مصرف آب، زمین و نیروی کار، امکان گسترش تولید در مناطق کم‌آب و کاهش خطر بروز بیماری‌ها به خاطر امکان اجرای ایمنی زیستی<sup>۱</sup> بهتر می‌باشد. یکی از معضلات مهم زیست محیطی در صنعت آبی‌پروری، تولید و تخلیه حجم زیادی پساب غنی از مواد مغذی (آلی و معدنی) حاصل از مزارع پرورشی در طبیعت می‌باشد که خسارت جبران ناپذیری را به محیط زیست وارد می‌کند. تعویض آب مزارع پرورش به روش مرسوم سبب هدررفت غذای زنده تولیدی و نیاز مجدد به توسعه پلانکتونی دارد. علاوه بر این، تعویض مداوم آب سبب بالا رفتن خطر آلودگی و بیماری و در نتیجه لزوم استفاده از داروها و آنتی‌بیوتیک می‌شود که سبب افزایش هزینه‌ها و کاهش کیفیت محصول می‌گردد (Avnimelech, 2007). بنابراین توجه به سیستم‌های آبی‌پروری متراکم به دلیل امنیت زیستی بیشتر و مزایای زیست‌محیطی در حال افزایش است. در این سیستم‌ها برخی از خطرات مانند ورود پاتوژن‌ها و گونه‌های بیگانه<sup>۲</sup> به سیستم پرورش و مشکلات مربوط به تخلیه آب خروجی که باعث ایجاد آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌گردد، کاهش می‌یابد (Ray, 2012).

برای گسترش تولیدات آبی‌پروری باید سه هدف عمده آبی‌پروری پایدار را در نظر گرفت. هدف اول این که توسعه آبی‌پروری باید تولیدات بیشتر را بدون افزایش قابل توجه استفاده از منابع طبیعی (آب و زمین) مدنظر قرار دهد (Avnimelech, 2012). هدف دوم این که توسعه سیستم‌های پایدار که اثرات زیان‌آوری بر محیط زیست نداشته باشند مورد توجه قرار گیرد (Naylor et

### کنترل آمونیاک در سیستم بیوفلاک

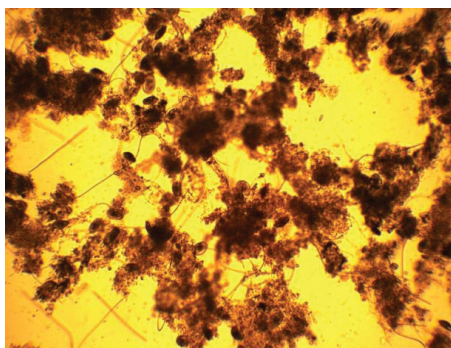
در سیستم‌های پرورش متراکم، غلظت بالای آمونیاک یکی از فاکتورهای اصلی محیط است که موجب استرس و شروع بیماری‌ها می‌شود (Hong et al., 2007). ثابت شده است که اغلب اوقات شیوع بیماری‌های مهم بعد از بروز استرس رخ می‌دهد. منابع کربنی مثل سلولز، نشاسته، آرد گندم، ملاس و ... به سیستم بیوفلاک اضافه می‌شود و افزایش نسبت کربن (۱۰ تا ۲۰) به نیتروژن (۱) سبب تقویت جذب نیتروژن توسط باکتری‌ها و تسریع در کاهش میزان آمونیوم در مقایسه با نیتریفیکاسیون می‌شود (Crab et al., 2012). منابع کربوهیدرات اضافه شده به ستون آب در توده‌سازی زیستی مؤثر هستند. منبع کربن به عنوان یک بستر برای سیستم‌های عامل بیوفلاک و تولید سلول‌های پروتئین میکروبی عمل می‌کند. استفاده میکروب‌ها از کربوهیدرات با تثبیت نیتروژن غیرآلی همراه است. این فرایند به عنوان اساس فرایند میکروبی و به طور ویژه عملکرد هر توده میکروبی می‌باشد (Avnimelech, 1999, Avnimelech, 2012). مواد آلی کربن‌دار به دو صورت ساده (ملاس، شکر، دکستروز و ...) و پیچیده (سلولز، نشاسته، آرد گندم و ...) به سیستم بیوفلاک اضافه می‌شوند. اضافه کردن کربوهیدرات به سیستم‌های بدون تعویض آب برای پرورش

در سیستم‌های پرورش متراکم، غلظت بالای آمونیاک یکی از فاکتورهای اصلی محیط است که موجب استرس و شروع بیماری‌ها می‌شود.

1. biosecurity
2. invasive species
3. Biofloc technology



پروتئین و چربی قابل دسترس در استخر پرورش برای آبی می باشد (Avnimelech, 2007). توده‌های زیستی ترکیبات متنوعی شامل پروتئین میکروبی، پلی‌مر آلی (Poly-β-hydroxybutyrate, PHP) ایجاد شده توسط باکتری‌ها، ریزجلبک‌ها، پروتوزوا، نماتودها، کپه‌پودا و روتیفرها را دارند (Avnimelech, 2012). PHP یک پلی‌مر تجزیه‌پذیر زیستی با چندین مزیت شامل کمک به بهبود قابلیت هضم در روده، افزایش اسیده‌های چرب غیراشباع و بهبود رشد می باشد (Crab et al., 2010, Emerenciano et al., 2013).



شکل ۱. توده‌های زیستی تولید شده در سیستم بیوفلاک (عباس‌زاده و همکاران، ۱۳۹۶)

جذب مواد مغذی به دلیل وجود مقادیر بیشتری از اسیده‌های آمینه ضروری، اسیده‌های چرب و دیگر عناصر غذایی در توده زیستی، بهتر است (Izquierdo et al., 2006). برخی از مواد مغذی (ویتامین‌ها و مواد معدنی) از توده زیستی موجود در استخر پرورش تأمین می‌شود. بنابراین بیوفلاک می‌تواند به عنوان منبع غذایی مکمل برای آبی استفاده شود (Xu and Pan, 2014). مصرف توده‌های زیستی کارایی استفاده از خوراک را با بازیافت خوراک‌های ته‌نشین شده و برخی از مواد مغذی دفع شده افزایش می‌دهد. در ستون آب تعامل پیچیده‌ای بین ماده آلی، بستر فیزیکی و طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌ها مانند فیتوپلانکتون، باکتری‌های آزاد و متصل و روتیفرها، مژه‌داران، تاژکداران تک یاخته و کپه‌پودا برقرار است. این تولیدات طبیعی نقش مهمی در بازیافت مواد مغذی و حفظ

متراکم میگوی سفید غربی به طور قابل توجهی کیفیت آب، فعالیت‌های باکتریایی و رشد زئوپلانکتون‌ها را بهبود می‌دهد (Gao et al., 2012). نتایج مطالعه Wang و همکاران (۲۰۱۵) نیز نشان داد که فناوری بیوفلاک به طور مؤثری می‌تواند غلظت نیتروژن آمونیاکی ( $\text{NH}_4^+\text{-N}$ )، نیتريت و نیترات را زمانی که نسبت کربن به نیتروژن بیشتر از ۱۵ به ۱ است، در تانک‌های پرورشی کاهش دهد.

### گونه‌های مناسب برای پرورش در سیستم بیوفلاک

همه گونه‌های آبی برای پرورش در سیستم بیوفلاک مناسب نیستند. به نظر می‌رسد برخی از ویژگی‌های لازم برای دستیابی به عملکرد رشد بهتر مانند مقاومت به تراکم بالا، تحمل سطوح متوسط اکسیژن محلول (تقریباً ۳ تا ۶ میلی‌گرم در لیتر)، تغذیه از مواد معلق و ذرات غذایی آب، عادت همه‌چیزخواری و قابلیت سازگاری دستگاه گوارش به جذب بهتر ذرات میکروبی، بایستی از ویژگی‌های گونه مورد نظر باشد. تاکنون گونه‌هایی از قبیل میگو، تیلپیا و کپور ماهیان به طور موفقیت‌آمیز در سیستم بیوفلاک پرورش داده شده‌اند (Hargreaves, 2013). نتایج مطالعه Supono و همکاران (۲۰۱۴) نشان داد که بیوفلاک تولید شده در سیستم پرورشی بیوفلاک هتروتروفیک (باکتری‌های هتروتروف نقش اصلی را در این سیستم دارند) به دلیل ارزش غذایی بالا می‌تواند به عنوان یک جایگزین غذایی مناسب برای میگو مورد استفاده قرار گیرد و این محققین سیستم بیوفلاک هتروتروفیک را به عنوان سیستم قابل قبول برای پرورش میگوی سفید غربی تایید کرده‌اند.

### تأثیر تغذیه‌ای توده زیستی تولید شده در سیستم بیوفلاک برای میگو

در فناوری بیوفلاک، تحقیقات در زمینه استفاده از توده زیستی به عنوان یک منبع پروتئینی متمرکز شده است. توده‌های زیستی به عنوان یک منبع غذایی غنی در سیستم‌های بدون تعویض آب تولید شده و در تمام شبانه روز در دسترس آبی می‌باشد (شکل ۱). سیستم بیوفلاک یک منبع طبیعی غنی از

در فناوری  
بیوفلاک،  
تحقیقات در  
زمینه استفاده  
از توده زیستی  
به عنوان یک  
منبع پروتئینی  
متمرکز  
شده است.

مواد کربنی بدست آمد. همچنین بیشترین ضریب تبدیل غذایی و کمترین بازده غذایی در تیمار تعویض آب و بدون بیوفلاک مشاهده گردید. Megahed و Mohamed (۲۰۱۴) به منظور ارزیابی بیوفلاک به عنوان یک جایگزین مناسب برای پودر ماهی در خوراک میگو مطالعه ای انجام دادند. در این آزمایش، میگوها با سه جیره مختلف (تیمار کنترل با جیره ۴۵٪ پروتئین، تیمار بیوفلاک با جیره ۲۵٪ پروتئین، تیمار بیوفلاک با جیره ۳۰٪ پروتئین) به مدت ۱۵۰ روز تغذیه شدند. نتایج نشان داد که کل محصول میگو در دو تیمار بیوفلاک به طور معنی داری بالاتر از تیمار کنترل است. بنابراین تولید بیوفلاک از طریق اضافه کردن کربوهیدرات به سیستم پرورش، عملکرد رشد میگو را بهبود می دهد. علاوه بر این، بهبود معنی دار پارامترهای رشد، خون‌شناسی، ایمنی و آنتی‌اکسیدانی در سیستم بیوفلاک گزارش شده است (Mansour and Esteban, 2017; Wang et al., 2015). بیوفلاک نه تنها منبعی از مواد مغذی مانند پروتئین‌ها، چربی‌ها، مواد معدنی و ویتامین‌ها می‌باشد، بلکه میکروبرهای طبیعی و ترکیبات فعال زیستی فراوانی مانند کاروتنوئیدها و ترکیبات محرک ایمنی دیگری فراهم می‌کند که ممکن است پاسخ ایمنی آبزیان پرورشی را تحریک نماید (Crab et al., 2012).

### یافته‌های قابل ترویج

#### سیستم پرورشی بیوفلاک

در فناوری بیوفلاک، جوامع میکروبی توسعه یافته از طریق تنظیم نسبت کربن به نیتروژن مدیریت می‌شود که موجب کنترل غلظت نیتروژن غیرآلی در آب می‌گردد. این توده‌های میکروبی سبب بهبود کیفیت آب می‌شوند. در سیستم بیوفلاک مواد مغذی به طور پیوسته بازیافت و مجدداً به عنوان غذا در دسترس آبزی قرار می‌گیرند (شکل ۲). با سیستم بدون تعویض آب و اضافه کردن مواد آلی می‌توان تراکم باکتری‌های هتروتروف و توسعه فلاک را افزایش داد و فلاک تولیدی را به عنوان استوک باکتری‌های موثر در سیستم بدون تعویض آب استفاده نمود. عامل محرک اصلی

کیفیت آب ایفا می‌کنند (Avnimelech, 2007).

بیوفلاک بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی میگو نیز اثرات مثبت دارد (Xu and Pan, 2014). این توده‌های زیستی یا میکروارگانیسم‌های متصل به آن فعالیت‌های پروتئازی و آمیلازی بالایی را ارائه می‌دهند. این آنزیم‌های میکروبی به شکستن پروتئین، کربوهیدرات و سایر ترکیبات غذایی کمک می‌کنند و خوراک را به واحدهای کوچکتر تجزیه و هضم و جذب خوراک را تسهیل می‌کنند (Xu and Pan, 2014). پس از این که غذا همراه با توده میکروبی فرو برده شد، توده زیستی به عنوان آنزیم خارجی مکمل عمل کرده و بر عملکرد آنزیم‌های دستگاه گوارش تأثیر مثبت می‌گذارد (Lin et al., 2007).

بیوفلاک با فراهم نمودن پروتئین با کیفیت بالا و اسیدهای چرب ضروری می‌تواند استفاده از پودر ماهی را در جیره کاهش دهد. پروفایل اسید آمینه و اسید چرب بیوفلاک نشان دهنده پتانسیل آن به عنوان یک غذای زنده می‌باشد (Moreno-Arias et al., 2018). بیوفلاک به عنوان خوراک مکمل موجب کاهش درصد پروتئین جیره و میزان خوراک می‌گردد. با استفاده از سیستم پرورشی بیوفلاک می‌توان میزان غذادهی را در پرورش میگوی سفید غربی کاهش داد و حضور بیوفلاک سبب بهبود عملکرد رشد و تولید پست لارو میگوی سفید غربی می‌شود (خانجانی و همکاران، ۱۳۹۴b).

### اثرات بیوفلاک بر عملکرد میگو

گزارش‌ها بهبود رشد و بقای پست لاروهای میگوی صورتی (*Farfantepenaeus paulensis*)، رشد میگوی ببری سبز (*Penaeus semisulcatus*) و میگوی سفید غربی (وانامی) را در سیستم پرورش متراکم به روش بیوفلاک نشان داده است (Megahed, 2010; Emerenciano et al., 2011). در مطالعه خانجانی و همکاران (۱۳۹۴a)

بیشترین میزان رشد پست لاروهای میگوی سفید غربی در تیمار بیوفلاک ملاس و بالاترین ضریب بقاء در تیمار بیوفلاک مخلوط

در فناوری بیوفلاک،  
جوامع میکروبی  
توسعه یافته از  
طریق تنظیم نسبت  
کربن به نیتروژن  
مدیریت می‌شود که  
موجب کنترل غلظت  
نیتروژن غیر آلی در  
آب می‌گردد.





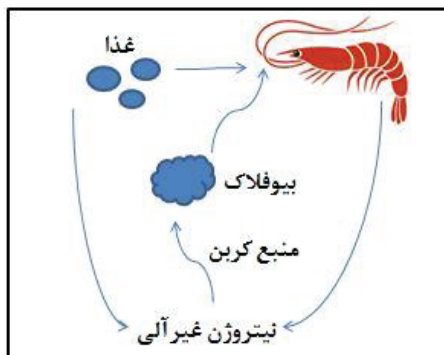
باسیلوس با فرایند جذب) که نقش اصلی را در سیستم بیوفلاک دارند. در سیستم بیوفلاک، غلظت TAN می‌تواند از طریق جذب آن توسط باکتری‌های هتروتروف به داخل توده میکروبی به طور مؤثری کنترل شود (Xu et al., 2016). در این سیستم، تعداد کل باکتری‌های هتروتروف، باسیلوس و ویبریو در توده بیوفلاک بالا است. ضریب رشد باکتری‌های هتروتروف ۱۰ برابر بیشتر از باکتری‌های نیتروژن‌تبدیل‌کننده می‌باشد (Hargreaves, 2006).

تعویض محدود آب طی دوره پرورش، به حداقل رساندن پساب خروجی و کاهش اثرات زیست‌محیطی، حفظ کیفیت آب، بازیافت مواد مغذی دفعی، تامین غذا، کاهش مصرف پروتئین در خوراک و در نتیجه کاهش هزینه خوراک، کاهش ضریب تبدیل غذایی و رشد مطلوب، امنیت زیستی و تولید محصول ارگانیک از مزایای فناوری بیوفلاک هستند (Crab et al., 2012). این ویژگی‌ها سیستم بیوفلاک را به عنوان یک سیستم پایدار برای گسترش آبی‌پروری معرفی می‌نماید که این مهم سبب توسعه این فناوری خواهد شد.

### روش اجرای عملی سیستم بیوفلاک

ابتدا مقدار کربن روزانه مورد نیاز برای رشد بیوفلاک در استخر پرورش میگو محاسبه می‌شود. در صورتی که غذادهی روزانه میگو به میزان ۴ درصد وزن بدن انجام شود، به ازای هر یک تن میگوی پرورشی ۴۰ کیلوگرم خوراک به استخر اضافه می‌شود. اگر خوراک حاوی ۲۵ درصد پروتئین باشد، روزانه به ازای هر تن میگو ۱۰ کیلوگرم پروتئین به استخر پرورش اضافه می‌گردد. از آنجایی که ۱۶ درصد پروتئین نیتروژن می‌باشد، بنابراین ۱/۶ کیلوگرم نیتروژن استفاده شده است. به طور کلی ۷۵ درصد نیتروژن خوراک از طریق آمونیفیکاسیون<sup>۵</sup> غذای خورده نشده و دفع توسط میگوهای پرورشی به آب استخر بر می‌گردد (Piedrahita, 2003). پس روزانه ۱/۲ کیلوگرم نیتروژن به ازای هر تن میگو به آب استخر پرورش وارد می‌شود.

برای رشد متراکم باکتری‌های هتروتروف مصرف کربن آلی است (Avnimelech, 2012). با اضافه کردن کربوهیدرات به آب استخرهای پرورش و تنظیم نسبت کربن به نیتروژن، باکتری‌های هتروتروف مواد مغذی را جذب نموده و با تشکیل بیوفلاک منجر به حذف نیتروژن آمونیاکی کل (TAN) و نیتريت می‌گردند (Asaduzzaman et al., 2008). بنابراین اضافه کردن کربوهیدرات به سیستم‌های پرورشی متراکم روشی مناسب برای کاهش غلظت نیتروژن غیرآلی می‌باشد (شکل ۲).



شکل ۲ عملکرد بیوفلاک در استخر پرورش میگو

نکته مهم در این سیستم، هوادهی شدید و آن هم از کف استخر می‌باشد که مواد آلی استخر را به صورت معلق (سوسپانسیون) نگه دارد تا به مصرف باکتری‌ها برسد و انباشت مواد آلی اتفاق نیفتد (Azim and Little, 2008). در سیستم بیوفلاک سه دسته ارگانیزم اثرگذار شامل فتواتوتروف‌ها، شیمیواتوتروف‌ها<sup>۴</sup> و هتروتروف‌ها<sup>۳</sup> وجود دارد (Avnimelech, 2012). فتواتوتروف‌ها شامل فیتوپلانکتون‌ها که در حضور نور کارایی بالاتری دارند و به دلیل دارا بودن کاروتنوئید و اسیدهای چرب غیراشباع دارای ارزش غذایی بالا هستند. شیمیواتوتروف‌ها مانند باکتری نیتروزوموناس که طی فرایند نیتریفیکاسیون<sup>۴</sup>، آمونیاک را به نیتريت و باکتری نیتروباکتر که نیتريت را به نیترات تبدیل می‌کنند. دسته سوم باکتری‌های هتروتروف (گونه‌های

به طور کلی ۷۵ درصد نیتروژن خوراک از طریق آمونیفیکاسیون غذای خورده نشده و دفع توسط میگوهای پرورشی به آب استخر بر می‌گردد.

1. Photoautotrophic  
3. Heterotrophic  
5. Ammonification

2. Chemoautotrophic  
3. Nitrification

### نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت صنعت پرورش میگو، مطالعه سیستم بیوفلاک و معرفی آن به این صنعت می‌تواند اهمیت زیادی داشته باشد که در نهایت پرورش دهندگان را به سمت بکارگیری این فناوری هدایت نماید. در سیستم پرورشی بیوفلاک به دلیل فراوانی باکتری‌های فعال هتروتروف در سیستم آنها می‌توانند نیتروژن زائد را جذب و توده‌های زیستی تشکیل دهند که به مصرف میگو برسد. در نتیجه این سیستم علاوه بر تقویت ایمنی میگو و امکان اجرای ایمنی زیستی در مزرعه می‌تواند باعث بهبود عملکرد میگو (رشد و ضریب تبدیل غذا) شود. همچنین این سیستم باعث بهبود کیفیت آب می‌گردد. غلظت TAN و نیتريت می‌تواند به طور مؤثری از طریق جذب هتروتروفیک (جذب TAN توسط باکتری‌های هتروتروف به داخل توده میکروبی) یا نیتريفیکاسیون اتوتروفیک (تبدیل TAN به نیتريت و سپس به نیترات) کنترل شود. این امر موجب حفظ سطوح TAN و نیتريت در محدوده قابل قبول برای پرورش میگو حتی در تراکم‌های بالای ذخیره‌سازی می‌گردد. با استفاده از سیستم پرورشی بیوفلاک علاوه بر صرفه جویی در مصرف پودر ماهی، کاهش درصد پروتئین جیره و در نهایت کاهش هزینه‌های تولید، می‌توان به تولید میگوی ارگانیک دست یافت که در بازارهای صادراتی از کیفیت بیشتری برخوردار بوده و از مزایای زیست محیطی این تکنولوژی نوین پرورشی نیز بهره برد. با توجه به بومی شدن (اندمیک) بیماری لکه سفید در بیشتر مجتمع‌های پرورش میگوی کشور و حضور دائمی عامل بیماری در آب‌های دریایی، رویکرد جدید شیلاتی، پرورش میگو در سیستم‌های بدون تعویض آب (مانند سیستم بیوفلاک) است. درحالی‌که این سیستم برای پرورش میگو در آب‌های غیرمتعارف داخلی و دور از ساحل مناسب می‌باشد اما نکته‌ای که اجرایی شدن این سیستم در جنوب کشور را مستلزم مطالعه پایلوت می‌کند، شوری بالا و میزان تبخیر بالا

میکروارگانیس‌م‌ها به یک نسبت کربن به نیتروژن ۱۰ نیاز دارند (Avnimelech, 1999)، از اینرو ۱۲ کیلوگرم کربن به ازای هر تن میگو برای جذب نیتروژن و تولید بیوفلاک در استخر پرورش به صورت روزانه مورد نیاز است.

مقدار منبع کربنی اضافه شده به استخر پرورش میگو به محتوای کربن این منابع بستگی دارد. از آنجایی که ۵۰ درصد وزن خشک بیشتر منابع کربنی را کربن تشکیل می‌دهد (De Schryver et al., 2008)، بنابراین روزانه ۲۴ کیلوگرم منبع کربنی (وزن خشک) به ازای هر تن میگوی پرورشی مورد نیاز است. ماده کربوهیدراتی (منبع کربنی) درون یک ظرف به خوبی حل شده و سپس به صورت یکنواخت به استخر پرورش میگو اضافه می‌گردد. در طول دوره پرورش، برای تعیین میزان مواد جامد ته نشین شده روزانه یک لیتر از آب استخر پرورش داخل قیف مدرج مخروطی شکل ریخته و به مدت یک ساعت ثابت نگهداری می‌شود تا ذرات معلق ته نشین شود (شکل ۳). سپس میزان رسوب ته نشین شده بر حسب میلی‌لیتر در لیتر ثبت می‌شود. میزان مناسب مواد جامد ته نشین شده بین ۲ تا ۴۰ میلی‌لیتر در لیتر توصیه شده است (Avnimelech, 2012). با افزایش میزان مواد جامد معلق، هوادهی بیشتر و کنترل دقیق‌تری بر فاکتورهای فیزیکوشیمیایی آب در سیستم بیوفلاک مورد نیاز است و بنابراین بازدید روزانه جهت کنترل میزان آن لازم است.



شکل ۳. قیف مدرج مخروطی شکل (Imhoff cone) برای تعیین میزان مواد جامد ته نشین شده آب استخر

در سیستم پرورشی بیوفلاک به دلیل فراوانی باکتری‌های فعال هتروتروف در سیستم آنها می‌توانند نیتروژن زائد را جذب و توده‌های زیستی تشکیل دهند که به مصرف میگو برسد.

#### 1. Biofloc volume (BFV)



- Verstraete, W., 2008. The basics of bio-flocs technology: The added value for aquaculture. *Aquaculture*, 277, 125-137.
13. Emerenciano, M., Ballester, E.L., Cavalli, R.O. and Wasielesky, W., 2011. Effect of biofloc technology (BFT) on the early postlarval stage of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*: growth performance, floc composition and salinity stress tolerance. *Aquaculture International*, 19, 891-901.
14. Emerenciano, M., Cuzon, G., Arévalo, M., Miquelajauregui, M.M. and Gaxiola, G., 2013. Effect of short-term fresh food supplementation on reproductive performance, biochemical composition, and fatty acid profile of *Litopenaeus vannamei* (Boone) reared under biofloc conditions. *Aquaculture international*, 21, 987-1007.
15. FAO, 2016. The State of World Fisheries and Aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all. Rome. 200 pp.
16. Gao, L., Shan, H.-W., Zhang, T.-W., Bao, W.-Y. and Ma, S., 2012. Effects of carbohydrate addition on *Litopenaeus vannamei* intensive culture in a zero-water exchange system. *Aquaculture*, 342, 89-96.
17. Hargreaves, J.A., 2006. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. *Aquacultural engineering*, 34, 344-363.
18. Hargreaves, J.A., 2013. Biofloc production systems and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds. *Aquaculture*, 280, 117-123.
- 6- Avnimelech, Y., 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*, 176, 227-235.
7. Avnimelech, Y., 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bio-flocs technology ponds. *Aquaculture*, 264, 140-147.
8. Avnimelech, Y., 2012. Biofloc technology, a practical guide book. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, EUA.
9. Azim, M.E. and Little, D.C., 2008. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 283, 29-35.
10. Crab, R., Chielens, B., Wille, M., Bossier, P. and 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.
11. Crab, R., Defoirdt, T., Bossier, P. and Verstraete, W., 2012. Biofloc technology in aquaculture: beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, 356, 351-356.
12. De Schryver, P., Crab, R., Defoirdt, T., Boon, N. and در مناطق ساحلی جنوب کشور می‌باشد. بنابراین راه‌اندازی این سیستم در مزارع پرورش به عنوان اساس آبی‌پروری پایدار میگوی سفید غربی در کشور نیازمند همکاری محققین آبی‌پروری و پرورش دهندگان میگو می‌باشد. مطالعه مروری حاضر نشان می‌دهد که امکان اجرای سیستم بیوفلاک برای پرورش میگو به صورت تجاری در جنوب کشور باید بررسی شود.
- ### منابع
1. خانجانی، م.ح.، سجادی، م.م.، علی زاده، م. و سوری نژاد، ا. ۱۳۹۴. b. تاثیر نسبت های مختلف غذاهای بر کیفیت آب، عملکرد رشد و بقای پست لاروهای میگوی سفید غربی (*Litopenaeus vannamei* Boone 1931) با استفاده از تکنولوژی بیوفلوک. مجله علمی شیلات ایران، ۲۴، ۱۳-۲۷.
  2. خانجانی، م.ح.، علی زاده، م.، سجادی، م.م. و سوری نژاد، ا. ۱۳۹۴. a. تاثیر منابع مختلف کربن بر کیفیت آب، عملکرد رشد و بقای میگوی سفید غربی (*Litopenaeus vannamei* Boone) در سیستم پرورشی بدون تعویض آب. مجله علمی شیلات ایران، ۲۴، ۷۷-۹۱.
  3. سازمان شیلات ایران، ۱۳۹۶. سالنامه آماری سازمان شیلات ایران ۱۳۹۵-۱۳۹۱. ۶۴ صفحه.
  4. عباس‌زاده، ا.، یآوری، و.، حسینی، س.ج. و نفیسی بهابادی، م. ۱۳۹۶. ارزیابی تغییرات بیان ژن کاتاپسین L و فاکتورهای رشد در میگوی سفید غربی (*Litopenaeus vannamei*) تحت تاثیر بیوفلاک‌های متفاوت. رساله دوره دکتری رشته شیلات گرایش تکثیر و پرورش آبزیان، گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، ۱۴۴ ص.
- 5- Asaduzzaman, M., Wahab, M., Verdegem, M., Huque, S., Salam, M. and Azim, M., 2008. C/N ratio control



- technology for super-intensive shrimp culture. *Biofloc Technology-a practical guide book*, 2nd ed., The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA, 167-188.
30. Supono, H.J., Prayitno, S.B. and Darmanto, Y., 2014. White shrimp (*Litopenaeus vannamei*) culture using Heterotrophic Aquaculture System on nursery Phase. *International Journal of Waste Resources*, 4, 142.
31. Wang, G., Yu, E., Xie, J., Yu, D., Li, Z., Luo, W., Qiu, L. and Zheng, Z., 2015. Effect of C/N ratio on water quality in zero-water exchange tanks and the biofloc supplementation in feed on the growth performance of crucian carp, *Carassius auratus*. *Aquaculture*, 443, 98-104.
32. Xu, W.J. and Pan, L.Q., 2014. Dietary protein level and C/N ratio manipulation in zero-exchange culture of *Litopenaeus vannamei*: Evaluation of inorganic nitrogen control, biofloc composition and shrimp performance. *Aquaculture research*, 45, 1842-1851.
33. Xu, W.-J., Morris, T.C. and Samocho, T.M., 2016. Effects of C/N ratio on biofloc development, water quality, and performance of *Litopenaeus vannamei* juveniles in a biofloc-based, high-density, zero-exchange, outdoor tank system. *Aquaculture*, 453, 169-175.
- effect of microbial biofloc on water quality, survival and growth of the green tiger shrimp (*Penaeus semisulcatus*) fed with different crude protein levels. *Journal of the Arabian Aquaculture Society*, 5, 119-142.
25. Moreno-Arias, A., López-Elías, J.A., Martínez-Córdova, L.R., Ramírez-Suárez, J.C., Carvallo-Ruiz, M.G., García-Sánchez, G., Lugo-Sánchez, M.E. and Miranda-Baeza, A., 2018. Effect of fishmeal replacement with a vegetable protein mixture on the amino acid and fatty acid profiles of diets, biofloc and shrimp cultured in BFT system. *Aquaculture*, 483, 53-62.
26. Najdegerami, E.H., Bakhshi, F. and Lakani, F.B., 2016. Effects of biofloc on growth performance, digestive enzyme activities and liver histology of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings in zero-water exchange system. *Fish physiology and biochemistry*, 42, 457-465.
27. Naylor, R.L., Goldburg, R.J., Primavera, J.H., Kautsky, N., Beveridge, M.C., Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J., Mooney, H. and Troell, M., 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405, 1017-1024.
28. Piedrahita, R.H., 2003. Reducing the potential environmental impact of tank aquaculture effluents through intensification and recirculation. *Aquaculture*, 226, 35-44.
29. Ray, A., 2012. Biofloc for aquaculture, Southern Regional Aquaculture Center.
19. Hong, M., Chen, L., Gu, S., Liu, C., Long, Z. and Zhang, W., 2007. Effects of ammonia exposure on immunity indicators of haemolymph and histological structure of hepatopancreas in Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*). *Journal of Fishery Sciences of China*, 14, 412-417.
20. Izquierdo, M., Forster, I., Divakaran, S., Conquest, L., Decamp, O. and Tacon, A., 2006. Effect of green and clear water and lipid source on survival, growth and biochemical composition of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquaculture Nutrition*, 12, 192-202.
21. Lin, S., Mai, K. and Tan, B., 2007. Effects of exogenous enzyme supplementation in diets on growth and feed utilization in tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. *Aquaculture research*, 38, 1645-1653.
22. Mansour, A.T. and Esteban, M.Á., 2017. Effects of carbon sources and plant protein levels in a biofloc system on growth performance, and the immune and antioxidant status of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish and Shellfish Immunology*, 64, 202-209.
23. Megahed, M.E. and Mohamed, K., 2014. Sustainable growth of shrimp aquaculture through biofloc production as alternative to fishmeal in shrimp feeds. *Journal of Agricultural Science*, 6, 176.
24. Megahed, M.E., 2010. The