فناوری بیوفلاک بعنوان ابزاری برای مدیریت کیفیت آب در آبزی پروری

علی حلاجیان[۱]

انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، رشت، ایران

چکیده

در سال های اخیر، استفاده از بیوفلاک به عنوان یک روش پرورشی برای حفظ کیفیت آب، کاهش هزینه غذای مصرفی در محیط پرورش و به حداقل رسانیدن تخلیه پساب به اکوسیستم آبی مورد توجه قرار گرفته است. بیوفلاک ترکیبی از باکتریها، جلبکها، پروتوزوآ، پلانکتونهای جانوری، مژه داران، تاژکداران، قارچها، روتیفرها و سایر موجودات آبزی است. بنابراین بیوفلاک سیستمی است که با استفاده از بیوتکنولوژی میکروبی، مواد سمی مانند اجزای نیتروژن را به یک محصول مفید در پرورش آبزیان تبدیل می کند. برهمین اساس بیوفلاک یک فناوری عالی است که برای توسعه سیستم آبزی پروری تحت تبادل آب محدود یا صفر با تراکم زیاد ماهی، هوادهی قوی و زیست‌های زنده (میکروبی) استفاده می‌شود. این سیستم دارای امنیت زیستی مناسب، سازگار با محیط زیست و تولید اقتصادی پایدار می باشد. بطوریکه تحقیقات محققین سیستم‌های بیوفلاک را به عنوان چهره‌ای نوین از بیوتکنولوژی میکروبی با استدلال برای توسعه این سیستم در تولید بهتر آبزی پروری با منابع طبیعی محدود آب مورد تاکید خود قرار دادند. از آنجائیکه محیط پرورش آبزیان از یک سو به کیفیت فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی آب بستگی دارد و از طرفی این محیط کاملاً یک محیط شکننده و حساس هست، لذا مدیریت صحیح در پرورش آبزیان با استفاده از سیسم بیوفلاک می تواند نقش حیاتی و موثری در پرورش آبزیان داشته باشد.

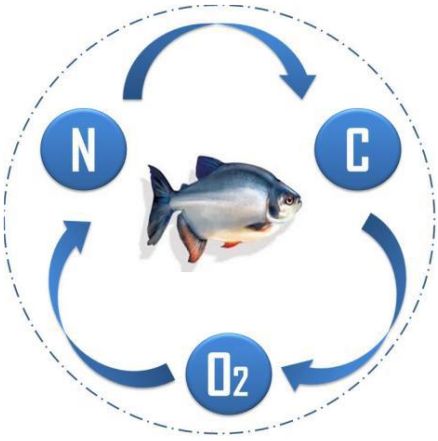
واژگان کلیدی: آبزی پروری، فناوری بیوفلاک، کیفیت آب، امنیت زیستی

[۱] - نویسنده مسئول:alihallajian@gmail.com

بیان مسئله

رشد سریع جمعیت باعث افزایش چشمگیر تقاضای غذا شده و برای پاسخگویی به این تقاضا، افزایش تولید پروتئین حیوانی که منبع اصلی تغذیه برای مصرف انسان می باشد، بسیار مورد نیاز است. آبزی پروری منبع ایده آل تامین پروتئین های حیوانی است که می تواند با کمترین هزینه و بسیار سریع تولید شود. افزایش بهره وری آبزی پروری منجر به افزایش بیش از حد آلاینده ها در محیط اطراف می شود. همچنین در آبزی پروری از حجم زیادی آب استفاده می شود که عموماً بدون تصفیه تخلیه شده و باعث کمبود آب و آلودگی می گردد. در سالهای اخیر استفاده از سیستم بیوفلاک به عنوان روشی نوین و پایدار در آبزی پروری مورد توجه قرار گرفته است. اساس فناوری بیوفلوک مواد زیستی، ذرات آلی مرده، میکروب ها، جلبک ها، تک یاخته ها و سایر موجودات است(Aghabarari *et al.*, 2021).

سیستم بیوفلاک در ابتدا برای حل مشکلات کیفیت آب ایجاد و به تدریج در آبزی پروری نیز بکار گرفته شد. با کمک این تکنیک، مدیریت کیفیت آب بر اساس توسعه و کنترل باکتریها در محیط پرورش، با تعویض آب بسیار محدود امکانپذیر گشت. بر همین اساس فناوری بیوفلاک (BFT=Biofloc Technology) به عنوان "انقلاب آبی" در آبزی پروری نام برده می شود. این سیستم قادر است تا ۹۵ درصد مصرف آب را کاهش دهد. با توجه به اینکه ایران با کمبود آب مواجه بوده و لزوم استفاده بهینه از منابع آبی موجود همواره منطبق بر سیاست های کلی نظام و مورد تاکید وزارت جهاد کشاورزی است، لذا تغییر نگرش نسبت به سیستم های سنتی تولید محصولات امری اجتناب ناپذیر بوده، و فناوری بیوفلاک که به عنوان یک سیستم بدون تعویض آب یا با تعویض آب کم یاد می شود می تواند نقش مهم و بسزایی در کاهش مصرف آب و کاهش آلودگی محیط زیست ایفا نماید(Emerenciano et.al., 2017; Jamal etal., 2020). بر همین اساس پرورش ماهی در حوضچه های با حداقل تبادل آب با فناوری بیوفلاک، که در آن میکروارگانیسم‌ها با اکسیژن اشباع شده و نسبت C:N بالا رشد می کنند، شرایط کیفیت آب را نیز تضمین می نمایند (Ueno-Fukura *et al.*, 2019). لذا اگر کربن و نیتروژن در محلول به خوبی تنظیم شوند، آمونیوم و نیتروژن آلی دفع شده به توده باکتریایی تبدیل می شوند (شکل ۱).



شکل ۱. مکانیسم چرخش کربن، نیتروژن و اکسیژن، در پرورش ماهی در فناوری بیوفلاک

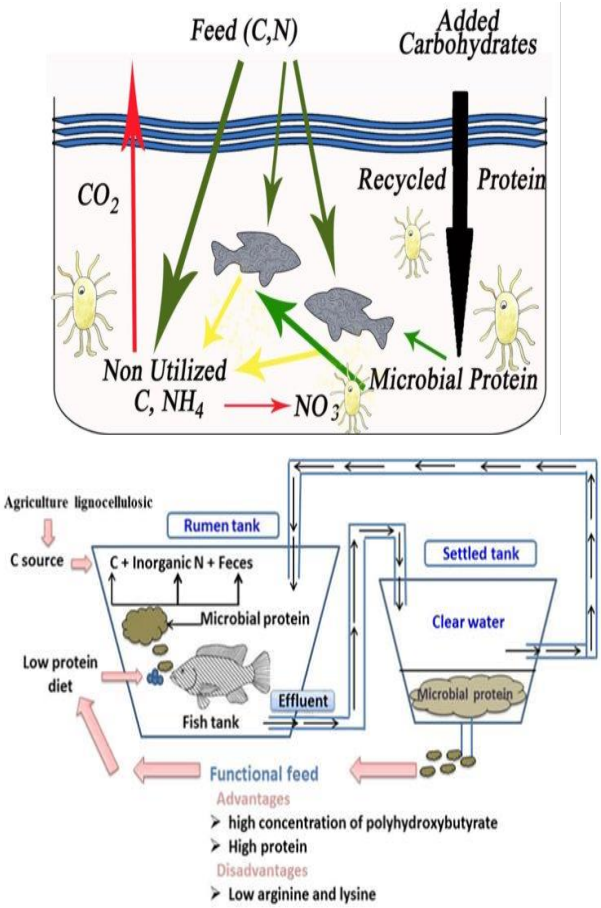
بیوفلاک متشکل از جامعه میکروبی توسعه یافته از باکتریها، پروتوزوآ، پلانکتونهای جانوری و سایر

میکروارگانیسم ها می باشد(Emerenciano *et al.*, 2017)، این سیستم فلاک از طریق بالابردن و تنظیم نسبت کربن به نیتروژن و افزایش جذب آمونیوم از طریق باکتریها، از تجمع مواد سمی نیتروژنی جلوگیری می نماید. این تکنولوژی برپایه تحریک باکتری های هتروتروف برای معدنی کردن نیتروژن غیرآلی استوار است. این باکتری ها با مصرف کربوهیدرات، آمونیوم و ضایعات نیتروژنی را برای ساخت سلول های جدید مورد استفاده قرار داد و همزمان مواد آلی، ارگانیسم های میکروبی و جامدات معلق را به شکل فلوک در می آورند. این فرایند باعث استفاده مجدد غذاهای خورده نشده و مدفوع شده، تعویض آب را کاهش داده و از این طریق خطر ابتلا به بیماری های واگیر را از مسیر آب ورودی کاهش می دهد. همچنین به دلیل عدم نیاز به آب جاری و ورود مستمر آب از ورود عوامل بیماریزا به مزرعه نیز جلوگیری می کند.

البته تحقیقات نشان داده است که همه گونه های آبزیان نمی توانند در سیستم بیوفلاک عملکرد مناسبی داشته باشند. بنابراین آبزیانی که رژیم غذایی فیلترکنندگی، عادت به همه چیزخواری و قابلیت سازگاری دستگاه گوارش به جذب بهتر ذرات میکروبی را دارند مناسب برای استفاده در این سیستم می باشند. همچنین محققین گزارش دادند که استفاده از سیستم بیوفلاک برای پرورش ماهی فوائد متعددی همچون بهبود نرخ رشد و کاهش ضریب تبدیل غذایی را در پی دارد. در چنین سیستم هایی مدیریت کنترل بیوفلاک بسیار حائز اهمیت است، چرا که تولید بیش از حد بیوفلاک در محیط آبی می تواند پاسخ منفی در روند رشد و بازماندگی بوجود آورد.

عملکرد سیستم بیوفلاک

فناوری بیوفلاک مبتنی بر ترکیب ماهی و جامعه میکروبی در یک حوضچه بوده و باید به عنوان یک فناوری مدیریت اکوسیستم در نظر گرفته شود. متابولیت های دفع شده توسط ماهی در داخل حوضچه، بدون نیاز به یک دستگاه تصفیه کننده آب جداگانه، تصفیه می شوند. یک جامعه میکروبی بسیار متراکم زمانی ایجاد می شود که تبادل آب محدود بوده و بسترهای آلی اجازه تجمع پیدا کنند. به طور معمول، ۱۰-۱۰۰۰ میلیون سلول میکروبی ($۱۰^{۱۰}$-$۱۰^{۷}$) را در ۱ سانتی متر مکعب آب حوضچه می توان یافت. یکی از ویژگی های ضروری مورد نیاز برای حفظ شرایط مناسب در چنین سیستم های بارگذاری شده، هوادهی و اختلاط مناسب است. در این سیستم کل آب حوضچه باید اشباع از اکسیژن باشد تا تجمع جامداتی را که به محیط های بی هوازی تبدیل می شوند به حداقل رسانده شود. می توان با افزودن مواد کربن دار (کربوهیدرات هایی مانند ملاس، نشاسته، تاپیوکا و غیره) تجمع نیتروژن معدنی را کنترل نمود تا نسبت C:N در خوراک (یا در حوضچه) به ۲۰-۱۵ تنظیم شود. لذا اگر مواد کربن دار نظیر ملاس، نشاسته و غیره به استخر اضافه شوند، جلبکها و باکتریها آمونیاک را از آب گرفته و پروتئین زیستی تولید میکنند (شکل ۲). بنابراین با تنظیم نسبت C:N مشکل نیتروژن را می‌توان به راحتی و به طور مداوم حل نمود(Singh. 2020). لذا بیوفلاک به عنوان یک فیلتر بیولوژیکی عمل نموده و محیطی را برای باکتری ها عمل می نماید که می تواند آمونیاک را حذف کند.



شکل ۲: شماتیکی از عملکرد سیستم بیوفلاک در استخر

روش‌های استفاده از بیوفلاک

امروزه از بیوفلاک در سیستم‌های آبزی‌پروری به دو روش مستقیم و غیرمستقیم استفاده می شود. در حالت مستقیم، نیتروژن وارد شده به آب از طریق غذا و مدفوع به‌عنوان منبع نیتروژن و با افزودن کربن مورد نیاز به آب استخر، توده بیوفلاک در همان استخر پرورشی تشکیل شده و به‌طور مستقیم سبب بهبود کیفیت آب می‌شود. این روش بیشتر برای پرورش به روش نیمه متراکم کاربرد دارد، ولی استفاده از بیوفلاک در حالت غیرمستقیم بیشتر برای روش‌های متراکم و فوق متراکم کاربرد دارد. در این حالت، توده‌های بیوفلاکی در یک مخزن مجزا از مخازن پرورشی تولید و سپس در دسترس آبزی قرار داده می‌شود.

از آنجایی که در فناوری بیوفلاک تبادل آب انجام نمی گیرد، تجمع بالایی از مواد جامد در آب رخ می دهد. این مواد جامد که از موجودات مرده، مدفوع و غذای باقی مانده به دست می آید، می تواند در عرض یک ساعت در کف آن ته نشین شود. لذا از مخروط های ایمهوف (شکل ۳) می توان برای اندازه گیری جامدات قابل ته نشینی در آب بیوفلاک استفاده کرد. جامدات قابل ته نشینی بالا باعث کدورت زیاد آب شده و برای اکسیژن محلول با ارگانیسم کشت شده رقابت می کنند. در واقع، باید جامد قابل ته نشینی را در محدوده ۱۵-۱۰ میلی لیتر در لیتر نگه داشت. از آنجایی که ارگانیسم های کشت شده برای چند ماه به رشد خود ادامه می دهند، همیشه زمانی وجود دارد که جامدات قابل ته نشین شدن بسیار زیاد است و قبل از اینکه از کنترل خارج شوند نیازمند اقدام سریع می باشند. روش تجاری که می توان برای حذف این جامدات اضافی اعمال کرد، تعویض آب یا استفاده از مخزن ته نشینی است. مفهوم کلی مخازن ته نشینی مطابق شکل ۲ این است که آب حاوی بیوفلاک را با سرعت بسیار کم (۵ لیتر در دقیقه) به یک مخزن جداگانه پمپاژ نموده تا جامدات داخل مخزن ته نشین شده و به راحتی خارج شود (Ogello., *et al.*, 2021 ; Singh. 2020; رضایی و رفیعی، ۱۳۹۵: ملکزاد، ۱۳۹۷).

شکل ۳: نمونه ای از قیف‌های مدرج ایمهوف جهت اندازه گیری مواد جامد معلق

همچنین بار آلی در حوضچه‌های فشرده‌تر زیاد بوده و بخش زیادی از مواد آلی در کف حوضچه با اکسیژن محدود ته نشین شده و شرایط بی‌هوازی ایجاد نموده، توالی بازیافت زیستی را کاهش داده و حتی منجر به تولید ترکیبات سمی می‌شود. همچنین مقادیر بالای غذای ماهی و کاهش اکسیژن، منجر به تجمع آمونیوم و نیتریت ها گشته که هر دو برای ماهی مضر هستند.

هوادهی و جابجایی آب

حرکت آب در سیستم‌های بیوفلاک بسیار مهم و ضروری است. جابجایی و حرکت آب برای معلق نگه‌داشتن ذرات مهم و ضروری است. زیرا اگر ذرات بیوفلاک ته‌نشین شوند بخش‌های بی‌هوازی در میان لجن‌های کف ایجاد شده و می‌توانند تولید آمونیاک، متان و سولفید هیدروژن کند. حفظ اکسیژن محلول نیز از موارد مهم و اساسی در عملکرد درست این سیستم است. چگالی آب در حالت هوادهی و وجود حباب‌های هوا در ستون آب، کمتر از حالت ساکن (بدون هوادهی) است. این امر باعث کشش آب از کف به سطح شده تا از رسوب و لایه‌بندی آب جلوگیری گردد. در این سیستم اکسیژن دهی و جابجایی آب به‌صورت توأم و با تجهیزات مشابه حاصل می‌شود(عبدی راد و همکارا، ۱۳۹۴: ملکزاد، ۱۳۹۷).

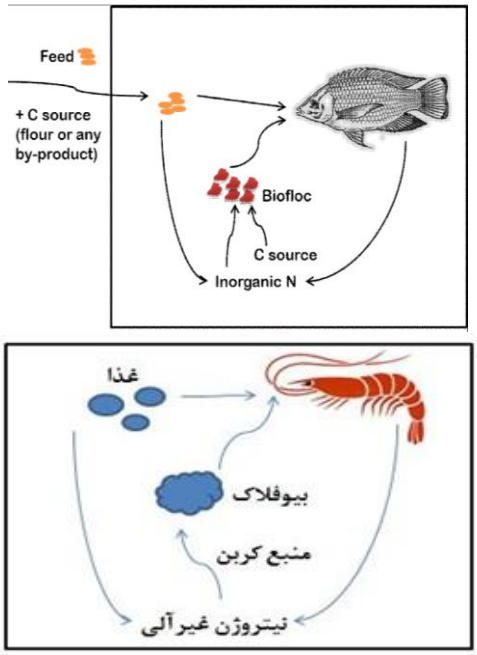
کنترل مواد معلق

میزان مواد جامد معلق در سیستم بیوفلاک از جمله پارامترهای مهم و ضروری در حفظ و کنترل شرایط پرورشی است. در این سیستم به دلیل ورود حجم زیادی از مواد غذایی و کربوهیدراتی و به دنبال آن تولید ذرات بیوفلاک و تعویض حداقلی آب، مقدار مواد جامد معلق به‌سرعت افزایش می‌یابد. در پرورش میگو ۳۰۰-۵۰۰ میلی گرم در لیتر مواد معلق برای جذب آمونیاک و جلوگیری از مصرف بیش‌ازحد اکسیژن مناسب است. برای اندازه‌گیری تقریبی این مقدار در مزارع معمولاً از قیف‌های مدرجی به نام ایمهوف با استفاده از استوانه مدرج استفاده می‌شود(عبدی راد و همکاران، ۱۳۹۴: ملکزاد، ۱۳۹۷).

گونه‌های پرورشی مناسب برای سیستم بیوفلاک

مناسب‌ترین گونه برای پرورش در چنین سیستمی گونه‌هایی هستند که تحمل مقادیر بالایی از مواد معلق جامد را داشته و همچنین قابلیت تغذیه مستقیم از مواد معلق جامد و ذرات بیوفلاک را دارا باشند. گونه‌هایی مانند میگو و تیلاپیا از نظر فیزیولوژیکی توانایی سازگاری در این سیستم و قابلیت تغذیه و جذب پروتئین میکروبی

را دارا هستند(شکل ۴). در حال حاضر تمام سیستم‌های بیوفلاک در دنیا در حال پرورش میگو و کپور هستند(حافظیه و دادگر، ۱۳۹۵ : ملک زاد، ۱۳۹۷).



شکل۴: عملکرد بیوفلاک در استخرهای پرورش آبزیان

معرفی دستاورد یا راهکار

سیستم‌های بیوفلاک بر پایه جامعه میکروبی آب، سبب حفظ مناسب کیفیت آب و بازیافت مواد دفعی و خوراکی استفاده نشده، گشته و بر همین اساس از بیوفلاک "که بر پایه رشد میکروارگانیسم ها در محیط پرورش استوار می باشد" به عنوان یک سیستم مناسب و سودمند نام برده می شود. این جامعه میکروبی در باز چرخ مواد زاید و تغذیه مکمل برای ماهی نقش دارد. چنین تکنیکی مبتنی بر تولید میکروارگانیسم در استخر، سه نقش اصلی را ایفا می کند: (۱) حفظ کیفیت آب، با جذب ترکیبات نیتروژن که پروتئین میکروبی در استخر تولید می کند. (۲) تغذیه، افزایش امکان سنجی کشت با کاهش ضریب تبدیل خوراک (FCR) و کاهش هزینه های خوراک و (۳) رقابت با پاتوژن ها. بیوفلاک ها به دلیل تعامل پیچیده بین مواد آلی، بستر فیزیکی و طیف وسیعی از میکروارگانیسم ها، یک منبع طبیعی غنی پروتئین- لیپیدی از مواد غذایی بوده که به صورت ۲۴ ساعته در روز در دسترس هستند. این بهره وری طبیعی نقش مهمی در بازیافت مواد مغذی و حفظ کیفیت آب دارد(Emerenciano *et.al.*, 2017; Hargreaves, 2013). برای تولید بیوفلاک، ابتدا بایستی مخازن ضدعفونی، شستشو و آبگیری گشته و سپس از کود اوره، تریپل فسفات، خاک رس، کربنات کلسیم و غذای آرد شده ماهی استفاده شود. بعنوان مثال، ابتدا برای ذخیره سازی بیوفلاک مخزن ۲۵۰ لیتری با حجم ۲۰۰ لیتر آب آماده شود. بعد از آماده شدن مخزن آب ۴۰ گرم غذا ماهی را با ۱۰ گرم مخلوط آرد و سبوس گندم، ۵۰ گرم ملاس چغندر قند، یک گرم خاک رس و یک گرم اوره را در مخزن آب ریخته سپس این مخزن بمدت ۱۰ روز شدیداً هوادهی می گردد. جهت تداوم تولید بیوفلاک و حفظ نسبت کربن به ازت (حدود ۲۰:۱) برای رشد باکتریهای هتروتروفی در طول این ۱۰ روز یک روز در میان ۲۰ گرم سبوس و آرد، ۱۰ گرم غذای ماهی و ۳ گرم ملاس به مخزن اضافه می گردد. حجم فلاک بایستی دوبار در هفته با استفاده از بشر یک لیتری و استوانه مدرج ۵۰ سی سی مورد ارزیابی قرار گیرد (سرسنگی و همکاران، ۱۴۰۰: آدینه و هرسیج، ۱۳۹۷).

سیستم بیوفلوک یک سیستم نوآورانه است که در آن ماهی می‌تواند در مخازن مصنوعی با تراکم بالا تولید شود. این سیستم نیاز به فضای بسیار کمتری نسبت به شکل سنتی

پرورش ماهی دارد، و به گفته کارشناسان، در مساحتی بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ متر مربع همراه با آب کافی برای پرورش ۲۰۰۰ کیلوگرم از انواع گونه های ماهی آب شیرین را در چهار مخزن کوچک(شکل ۵) می توان به راحتی پرورش داد(Ventures, 2019).

شکل ۵: پروش ماهی در سیستم بیوفلاک به همراه هوادهی

مزایای استفاده از سیستم بیوفلاک

الف- پرورش آبزیان با حداقل تبادل آب

در سیستم آبزی‌پروری به‌طور میانگین ۲۵ درصد (۱۱ تا ۳۶ درصد) از نیتروژن مصرف شده به بیوماس ماهی تبدیل گشته و باقیمانده به شکل آمونیاک و نیتروژن آلی در مدفوع و غذای نخورده شده از دست می‌رود(ملکزاد، ۱۳۹۷). تجمع آمونیاک در سیستم آبزی‌پروری برای ماهی سمی بوده و غلظت بالای آمونیاک می‌تواند باعث افزایش تلفات، کاهش رشد و انواع اختلالات فیزیولوژیکی در ماهی گردد. لذا جهت حفظ کیفیت آب و کنترل مواد دفعی نیتروژنی در بیشتر سیستم‌های آبزی‌پروری، تبادل آب استخر پرورشی با آب تازه صورت می‌گیرد. این تبادل آب، مشکلات زیست‌محیطی و هزینه‌های بالای پمپ کردن به‌منظور برگشت آب را به همراه دارد. تأثیرات منفی سیستم پرورش آبزیان بر محیط‌زیست، زمینه را برای توسعه سیستم‌های آبزی‌پروری با حداقل تبادل آب ایجاد کرد. با کاهش قابل توجه آب علی‌الخصوص در سیستم بازگردشی (RAS) رهاسازی مواد مغذی و عوامل بیماری‌زا به محیط آبی کاهش یا حذف خواهد شد. سیستم بیوفلاک یک نوع منحصربه‌فرد از سیستم بازگردشی آب می‌باشد که جمعیت میکروجلبک های معلق، باکتری‌های اتوتروفیک و هتروتروفیک را در سیستم پرورش با آب محدود حفظ می‌کند. سیستم بیوفلاک اثرات سودمند و مهمی روی سیستم‌های پرورشی مانند بهبود کیفیت آب از طریق حذف ترکیبات نیتروژنی سمی (آمونیاک و نیتریت)، بهبود مصرف غذایی و عملکرد رشد آبزیان از طریق تولید طبیعی ایجاد می‌کند که شامل مصرف فتواتوتروفیک توسط جلبک‌ها، تبدیل نیتروژن آمونیاکی به نیتروژن نیتراتی توسط باکتری‌های شیمیواتوتروفیک و هضم مستقیم نیتروژن آمونیاکی و تبدیل آن به بیوماس باکتریایی توسط باکتری‌های هتروتروفیک می‌باشد(عظیمی و همکاران، ۱۳۹۵: ملکزاد، ۱۳۹۷).

ب –کاهش هزینه خرید غذا:

تلاش تکنولوژی بیوفلاک در جهت کاهش تعویض آب استخرهای پرورشی تا حد صفر، هدفی است که محققان به دنبال آن هستند که در کنار ارزش افزوده بیوفلاک در جهت کاهش غذای مصرفی نیز کاملاً چشمگیر می‌باشد. تغذیه یکی از مهم‌ترین ارکان آبزی‌پروری می باشد که با تأمین پودر و روغن ماهی به‌عنوان دو نهاد اصلی غذایی، اسیدهای آمینه و چرب ضروری به‌خوبی تأمین شده است. در آبزی پروری معمولی، تنها ۱۵ تا ۲۵ درصد

پروتئین خوراک در واقع توسط ماهی حفظ شده و بیشتر به صورت آمونیوم در آب دفع می شود. از زی‌توده جدید همچون ریز جلبک‌ها و باکتری‌های هتروتروف که می‌توانند در پساب غنی از مواد غذایی آب خروجی آبزی‌پروری به راحتی کشت داده شوند، بعنوان غذای جایگزین(آلترناتیو) و یکی از روش‌های پیشنهادی برای تولید استفاده نمود. بنابراین در سیستم های بیوفلاک آمونیوم به پروتئین میکروبی تبدیل می شود که می تواند به عنوان منبع پروتئین مورد استفاده قرار گیرد. از این منظر ترکیب غذایی بیوفلاک نقش مهمی در اقتصاد و سلامت تولید خواهد داشت. میکروارگانیسم های موجود در آب تمایل به تجمع و تشکیل توده های زیستی دارند که می توانند توسط ماهی فیلتر شده و مصرف شوند. با توجه به بالا بودن هزینه های خوراک، پرورش دهنده در صورت استفاده از سیستم بیوفلاک در استخر پرورش ماهی علاوه بر حفظ پروتئین از ۱۵ تا ۲۵ درصد میزان می تواند درصد پروتئین در استخرهای معمولی را به ۴۵ درصد افزایش دهد. لذا استفاده از این سیستم می تواند یک عامل بسیار مهم برای پرورش دهندگان محسوب گردد(Hisano *et al.*, 2019 ;Choo,H.X. and ;Caipang, 2015ملکزاد، ۱۳۹۷).

ب- کاهش هزینه‌های تولید

بیوفلاک می تواند در آبزی‌پروری کاهش هزینه‌های تولید را به همراه داشته و ۵۰-۴۰ درصد هزینه‌های غذا را پوشش دهد. بنابراین در صورت استفاده از سیستم بیوفلاک،۲۰-۱۰درصد هزینه‌های تولید پرورش آبزیان کاهش می یابد(حافظیه و دادگر، ۱۳۹۵: میرزایی و همکارا، ۱۳۹۵: ملکزاد، ۱۳۹۷).

ج- ایمنی زیستی

با توجه به افزایش جمعیت، روش متراکم پرورش آبزیان و بالابردن بازدهی تولید یکی از اهداف مهم صنعت آبزی‌پروری است. با این حال، روش متراکم پرورش خطر ابتلا به عوامل بیماری‌زا را افزایش داده و پیشگیری از بروز این عوامل نقش مهمی در اقتصاد آبزی‌پروری دارد. استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها باعث مقاومت بسیاری از باکتری‌های بیماری‌زا می‌شود. علاوه بر این، آنتی‌بیوتیک‌ها تأثیر طولانی‌مدت در کنترل عوامل بیماری‌زا را ندارند. قابلیت بیوفلاک جهت مقابله با عوامل بیماری‌زا در مقایسه با دیگر سیستم‌های پرورش آبزیان، بیانگر موفقیت این فناوری در صنعت آبزی‌پروری است(میرزایی و همکاران،۱۳۹۵: ملکزاد، ۱۳۹۷).

توصیه ترویجی (جمع‌بندی)

در حال حاضر پژوهش انجام کار سیستم بیوفلاک بر روی آبزیان از جمله آرتمیا، میگو، تیلاپیا، کپور و فیلماهی در جهان و ایران توسط محققین صورت گرفته و به نتایج قابل قبولی دست یافتند. در سیستم های بیوفلاک میکروارگانیسم ها نقش مهمی در بهبود باروری، چرخه عناصر، کیفیت آب و تغذیه آبزیان دارند. دستکاری نسبت کربن به نیتروژن (C:N) برای توسعه سیستم بیوفلاک بوسیله استفاده از منابع کربنی خارجی و یا بالا بردن سطح کربن در غذا انجام می شود. از پسماندهای کشاورزی_ صنعتی حاوی منابع کربن قابل دسترس همچون ملاس، آرد و سبوس گندم، سبوس برنج، ضایعات شالی کوبی، پسماند گلوتن، پسماند مالت، پودر آب پنیر و باگاس(تفاله‌ای است که پس از استخراج شکر از نیشکر و سورگوم، حاصل شده و با نام های زیادی از جمله کاه نیشکر، تفاله نیشکر نیز شناخته می شود)، همچنین از منابع ازت قابل استفاده می توان به کنجاله کلزا، کنجاله سویا، بذرگوجه فرنگی، بذر چای،

پپتون، ویناس(پساب صنایع الکل سازی) الکل، کازئین و آمونیوم سولفات نام برد.

بطور کلی باید توجه داشت که، افزایش نسبت کربن به نیتروژن برای رشد بهینه باکتری های هتروتروف ضروری است. بنابراین با افزودن مقدار مناسب کربوهیدرات به آب و تنظیم نسبت کربن به ازت، باکتریهای هتروتروفی مواد غذایی حاصل را جذب و بطور بهینه بیوفلاک تشکیل گردیده و در نتیجه آمونیاک و نیتریت در آب کاهش می یابد. در چنین سیستم‌هایی حفظ کیفیت آب با جذب ترکیبات نیتروژنی در تولید پروتئین میکروبی و همچنین استفاده از ضایعات کشاورزی جهت کاهش هزینه های غذایی بسیار حائز اهمیت است. لذا برای جلوگیری از رسوب مواد معلق(مواد معلق قابل ته نشینی در محدوده ۱۰-۱۵ میلی لیتر) و کمبود اکسیژن، جابجایی و حرکت آب برای معلق نگه‌داشتن ذرات و اکسیژن دهی (جهت جلوگیری از بی‌هوازی و سمی شدن محیط آب) در این سیستم با توجه به نکات اشاره شده امری مهم و ضروری به نظر می رسد.

فهرست منابع

آدینه، ح. و هرسیج، م.، ۱۳۹۷. تأثیر سطوح مختلف بیوفلاک بر کیفیت آب، عملکرد رشد و بازماندگی پست لارو میگوی وانامی(*Litopenaeus vannamei*). مجله تحقیقات دامپزشکی، دوره ۷۳ ، شماره ۴، ص ۴۰۱-۳۹۳ .

حافظیه، م. و دادگر، ش.، ۱۳۹۵. بیوفلاک و کاربرد آن در آبزی‌پروری، مجله آبزیان زینتی، سال ۳، شماره ۱، صفحات ۷-۱۷.

عظیمی، ع.، جعفریان، ح.، هرسیج، م.، قلی پور، ح. و پاتیمار، ا.، ۱۳۹۵. تأثیر نسبت‌های مختلف کربن به نیتروژن بر پارامترهای کیفی آب و عملکرد بچه ماهیان کپور معمولی (*cyprinus carpio*) در سیستم بیوفلاک، نشریه توسعه آبزی‌پروری، سال ۱۰، شماره ۴، ص ۸۹-۷۵.

رضایی توابع، ک. و رفیعی، غ.، ۱۳۹۵. تکثیر و پرورش میگوهای دریایی. چاپ اول. انتشارات دانشگاه تهران.

سرسنگی، ح.، ناجی، ا.، مرتضائی، س.ر.، سوری نژاد،ا. و اکبرزاده، آ.، ۱۴۰۰. تاثیر سیستم بیوفلاک بر کیفیت آب، عملکرد رشد، شاخصهای ایمنی و ترکیب لاشه ماهی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) در تراکم های مختلف در آب لب شور. مجله علمی شیلات ایران. شماره ۳۰ جلد ۲، ص ۱۸۵-۱۷۵.

عبدی راد، ز. و قائدنیا، ب.، ۱۳۹۴. پرورش میگو با سیستم بیوفلاک، فصل‌نامه میگو و سخت‌پوستان، دوره ۱، شماره ۲، ص ۱۵-۱۲.

ملکزاد، ع.، ۱۳۹۷. معرفی سیستم بیوفلاک و کاربرد آن در آبز یپروری. فصلنامه علمی-تخصصی-دانشجویی نیلگون. سال نخست، شماره دوم. ص ۳۹-۳۶.

میرزایی، ن. و محمدی آزرم، ح.، ۱۳۹۵. سیستم‌های نوین آبزی‌پروری (بیوفلاک)، چهارمین همایش ملی شیلات و آبزیان ایران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس.

Aghabarari M.1; Abdali S.1; Yousefi Jourdehi A. 2021. The effect of Biofloc system on water quality, growth and hematological indices of Juvenile great sturgeon (*Huso huso*) . 20(5) . 1467-1482

Choo,H.X. and Caipang, M.C.A., 2015. Biofloc technology (BFT) and its application towards improved production in freshwater tilapia culture.

AACL Bioflux, V.8(3). http://www.bioflux.com.ro/aacl.

Emerenciano, M., Martínez-Cordova, L. R., Martínez-Porchas, M. and Miranda-Baeza, A., 2017. Biofloc Technology (BFT): A Tool for Water Quality Management in Aquaculture. Biology, Engineering. http://dx.doi.org/10.5772/66416.

Hargreaves, J.A., 2013. Biofloc production systems for aquaculture. Stoneville (USA): Southern Regional Aquaculture Center; p. 1–11.

Hisano, H., Barbosa, P.T.L., Hayd, L.A. and Mattioli. C.C., 2019. Evaluation of Nile tilapia in monoculture and polyculture with giant freshwater prawn in biofloc technology system and in recirculation aquaculture system. Int Aquatic Research.11(4):335–346. https://doi.org/10.1007/s40071-019-00242-2

Jamal, M.T., Broom, M., Al-Myr, B.A., Al Harbi, M., Ghandourah, M., Al-Otaibi, A. and Haque, M.F., 2020. Biofloc Technology: Emerging Microbial Biotechnology for the Improvement of Aquaculture Productivity. Polish Journal of Microbiology. Vol. 69, No 4, 401–409. https://doi.org/10.33073/pjm-2020-049.

Ogello,. E.O., Outa, N.O., Obiero, K.O., Kyule, D.N. and Munguti, J.M., 2021. The prospects of biofloc technology (BFT) for sustainable aquaculture development. Scientific African. 14. e01053. https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e01053 .

Singh, R., 2020. Important Water Parameters for Indoor Biofloc Shrimp Farming. https://www.pashudhanpraharee.com

Ueno-Fukura, M., Corredor-Ruiz , J.S., Jiménez-Ojeda , Y.K. and Collazos-Lasso , L.F. 2019. Usage of alkalizers in the nursery culture of Piaractus brachypomus with Biofloc technology - BFT. AACL Bioflux, 12(4). 989- 995.

Ventures, E., 2019. Bioflux Fish Farming. https://evoreach.in/biofloc.html

Biofloc technology as the tool for water quality management in aquaculture

*Ali Hallajian**

International Sturgeon Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Rasht, Iran

Corresponding Author: alihallajian@gmail.com

Abstract

In recent years, the use of biofloc as a breeding method to maintain water quality, reduce the cost of food consumed in the breeding environment and minimize the discharge of wastewater to the aquatic ecosystem has been considered. Biofloc is a combination of bacteria, algae, protozoa, zooplankton, ciliates, flagellates, fungi, rotifers and other aquatic organisms. Therefore, biofloc is a system that uses microbial biotechnology to convert toxic substances such as nitrogen components into a useful product in aquaculture. On this basis, biofloc is an excellent technology used to develop an aquaculture system under limited or zero water exchange with high fish density, strong aeration and live (microbial) biota. This system has appropriate biosecurity, compatible with the environment and sustainable economic production. So the researchers' research emphasized biofloc systems as a new face of microbial biotechnology with arguments for the development of this system in better aquaculture production with limited natural water resources. Since the aquaculture environment depends on the physico-chemical and biological quality of water on the one hand, and on the other hand, this environment is a fragile and sensitive environment, so proper management using biofloc system can play a vital and effective role in aquaculture.

Keywords: Aquaculture, Biofloc Technology, Water Quality, Biosecurity