بیوفلاک و کاربرد آن در آبزی‌پروری

محمود حافظیه*، شهرام دادگر
موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

*jhafezieh@yahoo.com

تاریخ دریافت: خرداد ۱۳۹٤ تاریخ پذیرش: آذر ۱۳۹٤

چکیده

بدون شک گسترش تولیدات آبزی‌پروری، به دلیل فشارهای محیط زیستی ناشی از تاثیر آلوده کننده پساب این صنعت برمنابع آبی و وابستگی شدید بـه روغـن و آرد ماهی در تغذیه آبزیان، محدود خواهد شد. امروزه چنین به نظر می‌رسد که استفاده از تکنولوژی بیوفلاک در این صنعت هر دو مشکل را به صورت یکجا حل می‌کند. هم مواد مغذی را از پیکره‌های آبی جدا می‌نماید و هم از آن در جهت تولید زی‌توده باکتریایی (پروتئین میکروبی) استفاده می‌کند که به طـور مسـتقیم و به عنوان غذای اضافی مورد تغذیه آبزیان پرورشی قرار خواهد گرفت و از این طریق ضریب تبدیل غذا را و متعاقب آن هزینه تولید را کاهش مـی‌دهـد. درک و فهم پایه‌ای از فلاکه شدن توده‌ای بسیار ضروری است و می‌تواند در بهینه‌سازی تجربیات موثر باشد. ارگانیسم‌های موجود در فلاک‌ها حتی از فیتوپلانکتون‌ها بهتـر و سریع‌تر خورده، هضم و جذب می‌شوند که با توجه به تشکیل توده‌های فلاک در سیستم‌های آبزی‌پروری غیر متراکم و یا متراکم به ترتیب با نسبت وزنـی ۰/۱ تا ۱۰ گرم در هر متر مکعب، از مزیت بالایی برخوردارند. البته رشد فلاک به غلظت اکسیژن محلول، منبع کربن آلی و بارهای دیگر مواد آلی، بسیار وابسته است. تعیین ویژگی‌های بیوشیمیایی فلاک همچون سطوح پروتئین، اسیدهای چرب و پلی بتا هیدروکسی بوتیرات می‌تواند در شناخت ویژگی‌هـای غـذایی آنهـا مـورد استفاده قرار گیرد. همچنین به منظور شناسایی باکتری‌ها و جوامع میکروبی توده بیوفلاک از روش‌های PCR real time یا DGGE استفاده می‌شود. چنانچه بتوان از میکروب‌هایی با توان بالا در ارزش افزوده توده بیوفلاک و غنی‌سازی مواد تغذیه آن استفاده نمود، قطعا از دید تجربی مورد استقبال آبزی‌پروران قـرار خواهـد گرفت. از این منظر، استراتژی داشتن باکتری‌های غالب که به راحتی به وسیله آبزیان پرورشی خورده و هضم شوند یا برخورداری از محصـولاتی چـون پلـی بتـا هیدروکسی بوتیرات که از نظر محتویات انرژی غنی باشند، بسیار با اهمیت و مورد علاقه خواهند بود.

کلمات کلیدی: بیوفلاک، آبزی‌پروری، غنی‌سازی، تغذیه، ارگانیسم.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1395.3.1.2.1]

مقدمه

متوسط رشد آبزی‌پروری جهانی از دهه ۱۹۷۰ حدود ۹٪ ارزیابی شده است (FAO, 2008). با این وجود به شدت در حوزه محیط زیست و آلودگی‌های آب‌ها مورد انتقاد قرار دارد و لذا از منظر مدیریت‌های زیست‌محیطی و کشت و پرورش نیازمند توجه بسیار می‌باشد. واژه آبزی‌پروری مسئولانه در راستای توجه بیشتر این صنعت به مسائل محیط‌زیستی است که با توسعه اقتصادی کاملا در تضاد بوده و در برخی مواقع با آن مخالف است یعنی نه تنها اجازه توسعه را نمی‌دهد، بلکه تقاضای کاهش روند فعلی توسعه را نیز دارد. علاوه بر آن، گسترش آبزی‌پروری در جاهایی که زمین‌ها دارای ارزش اقتصادی هستند و از آنجا که به شدت به تامین آرد و روغن ماهی وابسته است، دستخوش محدودیت‌هایی است (Browdy *et. al.*, 2001 و De Schryver *et. al.*, 2008). این دو ترکیب از مهمترین ترکیبات تهیه غذای تجاری هستند (Naylor *et. al.*, 2000). هزینه غذا با توجه به منابع متعددی که در این زمینه وجود دارند، حدود ۵۰٪ کل هزینه‌های تولید را به خود اختصاص داده که عمده این هزینه به تامین منابع پروتئینه جیره وابسته است (Bender *et. al.*, 2004). از این نظر، محدودیت‌های محیط‌زیستی و اقتصادی مانع از رشد بیشتر این صنعت، به ویژه اگر روند گسترش در سیستم‌های متراکم و فوق متراکم مورد نظر باشد، خواهد شد چرا که میزان آلایندگی آب در این سیستم‌ها بیشتر و احتمال بروز بیماری در آنها به مراتب بیشتر از سیستم‌های نیمه متراکم و باز می‌باشد. یکی از راه‌های معمول، تعویض آب سیستم است که با توجه به محدودیت آب به خصوص در کشور گزینه مناسبی نخواهد بود. تصور کنید برای هر کیلو گرم میگو، ۵ متر مکعب آب نیاز است، لذا برای یک مزرعه دو تنی میگو، حدود ۱۰۰۰۰ متر مکعب آب نیاز است و یا برای ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در سیستم چرخشی آب (ریس وی) با حجم ۱۴۰ متر مکعب ممکن است روزانه تا ۱۰۰ بار این حجم آب تعویض شود. راه دوم برای حل مشکل، استفاده از سیستم بازچرخش آب یا برگشت آب پساب است (Recirculating Aquaculture System= RAS) که در آن از سیستم‌های فیلتراسیون زیستی، شیمیایی و فیزیکی استفاده می‌شود. در این روش تنها با ۱۰ درصد آب جای‌گزین می‌توان تولید را تا حد زیادی در واحد سطح افزایش داد. با این وجود، این سیستم نیز بسیار گران قیمت است زیرا هم هزینه انرژی و هم هزینه کارگری در آن افزایش قابل توجهی دارد. رهیافت جدید استفاده از تکنولوژی بیوفلاک در آبزی‌پروری است. در این سیستم، باکتری‌های هتروتروف و ریزجلبک‌ها با سایر میکروارگانیسم‌ها، تحت شرایط کنترل‌شده در کنار آبزی هدف تولید که به نام فلام معروف می‌باشند. این فلاک هم در بحث محیط زیست و هم در بحث تغذیه آبزیان پرورشی به ایفای نقش می‌پردازد. زی‌توده باکتریایی بر روی مواد دفعی و یا غذاهای خورده نشده آبزی رشد و لذا برای خارج نمودن این بار آلوده، نیازی به صرف انرژی نخواهد بود. تمام تلاش این تکنولوژی در جهت تولید متراکم این باکتری‌های هتروتروف خواهد بود. بیوفلاک از کربن آلی تغذیه و به ازای یک گرم کربن آلی حدود ۰/۴ گرم وزنی سلول خشک باکتری تولید می‌کند که البته به نرخ کربن به نیتروژن بسیار وابسته است. در آبزی‌پروری معمولی به سختی ۷٪ نیتروژن و ۶٪ فسفر می‌توانند در زی‌توده باکتری ابقا گردند حال آنکه در آبزی‌پروری با تکنولوژی بیوفلاک چنانچه از کربن و نیتروژن متعادل (C/N=4) استفاده شود، به نظر می‌رسد که از کل نیتروژن و فسفر حاصل از مواد دفعی آبزی و غذای خورده نشده بتوان استفاده بهینه نمود و در زی‌توده باکتری آنها را ابقا و به عنوان غذا مورد استفاده قرارداد (Schneider *et. al.*, 2005). به عنوان مثال ۱۰ میلی‌گرم NH_4^+-N L^{-1} در زمان ۵ ساعت بعد از افزودن گلوکز (با نسبت ۱۰ =C/N) به طور کامل از سیستم خارج خواهد شد بدون آن که نیتریت و نیتراتی در سیستم تجمع یابند (Avnimelech, 1999). در یک استخر پرورشی تیلاپیا، میزان برگشت نیتروژن برای استفاده مجدد در حالت عادی ۲۳٪ است حال آنکه با بهره‌گیری از تکنولوژی بیوفلاک این راندمان به ۴۳٪ افزایش می‌یابد. در حقیقت این افزایش ناشی از تولید زی‌توده میکروبی است که مواد آلی آلوده‌کننده سیستم را به شکل غذای مکمل در اختیار ماهی قرار داده‌اند (Schneider *et. al.*, 2005). مجددا یادآوری می‌گردد که برای خارج نمودن نیتروژن از آب محیط کشت از طریق بیوفلاک حتما باید از منابع کربن افزودنی استفاده نمود.

علاقه‌مندی به کشت و پرورش در سیستم مدار بسته در مقایسه با سیستم‌های پرورش باز و یا نیمه متراکم بیشتر به دلایل امنیت زیستی، مزایای زیست محیطی و بازاریابی بهتر آن است (Ray, 2012). زیرا با بازچرخش و استفاده مجدد از آب، خطرات برخی عوامل بیماریزا، فرار گونه های غیر بومی پرورشی به اکوسیستم‌های طبیعی و همچنین فرایند تخلیه فاضلابی (آلودگی) کمتر و کمتر و حتی می‌تواند کاملا حذف گردد. از طرف دیگر، با افزایش تولید در واحد سطح و کاهش مصرف آب، گونه های دریایی در نزدیکی محل طبیعی خود مورد آبزی‌پروری قرار می‌گیرند (Ray, 2012). مثال کلاسیک آن پراکنش مزارع پرورشی میگوهای دریایی در آمریکا که به مزرعه‌داران محلی اجازه فروش تازه این محصول را بدون نیاز به فریز نمودن در منطقه خود داده که قطعاً از ارزش اقتصادی بالایی برخوردار است.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1395.3.1.2.1]

ترکیبات غذایی و اثرات محافظتی بیوفلاک در آبزی‌پروری

تلاش تکنولوژی بیوفلاک در جهت کاهش تعویض آب استخرهای پرورشی تا حد صفر در آبزی‌پروری، هدفی است که محققان به دنبال آن هستند که در کنار آن ارزش افزوده بیوفلاک در جهت کاهش غذای مصرفی نیز کاملاً چشمگیر می‌باشد. تغذیه یکی از مهمترین ارکان آبزی‌پروری است که با تامین آرد و روغن ماهی به عنوان دو نهاد اصلی غذا، اسیدهای آمینه و چرب ضروری به خوبی تامین شده است (Watanabe, 2002). برآورد شده است که از هر ۵-۱ کیلوگرم ماهی صید شده از آب‌های آزاد، یک کیلوگرم ماهی آبزی‌پروری زنده تولید می‌شود (Naylor *et. al.*, 2000). کاملاً مشخص است که این روش غیر مسئولانه و ناپایدار است و استفاده از جایگزین‌ها و زی‌توده‌های جدید (ریزجلبک‌ها و باکتری‌های هتروتروف) که می‌توانند در پساب غنی از مواد غذایی آب خروجی آبزی‌پروری به راحتی کشت و پرورش داده شوند، یکی از راه‌حل‌های پیشنهادی در جهت تولید پایدار و مسئولانه خواهد بود. از این زی‌توده جدید به عنوان غذای آلترناتیو استفاده می‌شود (Avnimelech, 2006 و Hari *et. al.*, 2006). از این منظر ترکیب غذایی بیوفلاک نقش مهمی در اقتصاد و سلامتی تولید خواهد داشت (Watanabe, 2002). اغلب آبزی‌پروران از غذاهایی با درصدهای مختلف ترکیبات غذایی (پروتئین ۵۰-۱۸٪)، چربی (۲۵-۱۰٪)، کربوهیدرات (۲۰-۱۵٪)، خاکستر (کمتر از ۸/۵٪)، فسفر (کمتر از ۱/۵٪)، آب (کمتر از ۱۰٪) و ترکیباتی همچون ویتامین‌ها و مواد معدنی در حد قابل ردیابی استفاده می‌کنند (Craig and Helfrich, 2002). پروتئین، اسیدهای چرب غیر اشباع بلند زنجیره (PUFA) و محتوای چربی از مهمترین ترکیبات است که باید رد تولید بیوفلاک به عنوان غذا نیز مورد توجه قرار گیرند. از طرف دیگر اسیدهای چرب کوتاه زنجیره از آنجا که به عنوان مواد زیستی کنترل کننده عوامل بیماریزا مطرح هستند نیز باید مورد نظر باشند؛ به عنوان مثال استفاده از ۲۰mM بوتیریک اسید (مثل سایر اسیدهای چرب-اسید فرمیک، اسید استیک، اسید پروپیونیک یا اسید والریک) در آب کشت آرتمیا فرانسیسکانا، نقش برجسته‌ای در عدم بروز بیماری حاصل از باکتری *Vibrio campbellii* از خود نشان داد (Defoirdt *et. al.*, 2006). لذا وجود برخی ترکیبات خاص در بیوفلاک تولیدی حتما باید وجود داشته باشد. تاکید به وجود ذخایر آلی چون پلی بتا هیدروکسی بوتیرات (PHB) است که یک نوع پلی مر قابل تجزیه زیستی خارج سلولی است که توسط بسیاری از میکروارگانیسم‌ها تولید می‌شود و در ذخیره کربن و انرژیایی باکتری‌ها درگیر است (Defoirdt *et. al.*, 2007). این ماده می‌تواند به عنوان پری بیوتیک نیز عملکرد داشته باشد. تجمع این ماده فقط تحت شرایط فاکتورهای محدود کننده رشد همچون نیتروژن و وجود مقادیر بالای منابع کربن رخ خواهد داد (Salehizadeh and Van Loosdrecht, 2004). با مرگ باکتری و به‌واسطه فعالیت آنزیم دپلیمراز خارج سلولی PHB که در باکتری‌ها و قارچ‌ها زیاد وجود دارد، PHB تجزیه شده (Jendrossek and Handrick, 2002) و ۳- هیدروکسی بوتیرات به محیط آزاد می‌شود (Trainer and Charles, 2006).

به نظر می‌رسد استفاده از بیوفلاک در آبزی‌پروری از ۱/۱-۰/۲ یورو به ترتیب در روش‌های معمول آبزی‌پروری و روش استفاده از فیلترهای شنی، کاهش هزینه تولید را به همراه داشته باشد. از طرف دیگر می‌تواند تا ۵۰-۴۰٪ هزینه‌های غذا را نیز بپوشاند (Craig and Helfrich, 2002).

در مورد تیلاپیا با غذای حاوی ۳۰٪ پروتئین و ضریب تبدیل غذایی ۲/۲، یعنی ۰/۶۶ کیلو گرم پروتئین (۰/۳× ۲/۲) برای تولید یک کیلو ماهی مصرف می‌شود. چون فقط ۲۵٪ غذا توسط این ماهی گرفته می‌شود، ۰/۱۷ کیلو گرم پروتئین توسط یک کیلو ماهی تولیدی گرفته شده است. قبلا نیز گزارش شده است که فقط ۱۷-۱۴٪ وزن تر ماهی تیلاپیا، پروتئین است (Hanley, 1991).

سیستم‌های آبزی‌پروری دوستدار محیط زیست یا زیست فن‌آوری توده زیستی (تکنولوژی بیوفلاک، BFT= Biofloc Technology)، به عنوان یک ابزار پرقدرت و کارآ به خصوص در باز چرخش و استفاده مجدد از غذا معروف شده‌اند. رهیافت‌های مسئولانه چنین سیستمی بر رشد میکروارگانیسم‌ها در محیط کشت استوار است که تعویض آب را تا حد صفر کاهش داده و از این طریق بر اقتصاد تولید اثر موثری از خود برجای گذاشته‌اند. این میکروارگانیسم‌ها دارای دو نقش اساسی هستند:

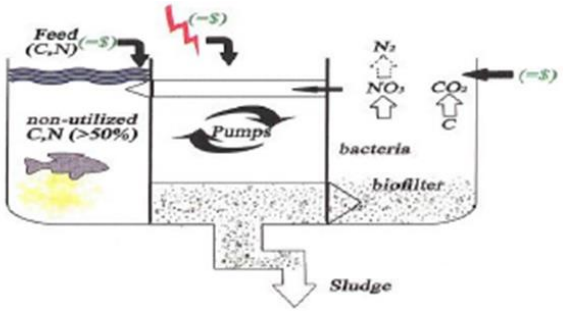
۱- حفظ و نگهداشت کیفیت آب با جذب ترکیبات نیتروژنه و تبدیل آن به پروتئین میکروبی
۲- تغذیه، افزایش توان تولید با کاهش ضریب تبدیل غذایی و کاهش هزینه‌های غذا

به طور ثانویه، این سیستم فاضلاب ورودی به رودخانه‌ها و سایر منابع آبی را که در سیستم‌های کشت معمولی وجود دارند را به حداقل رسانده و لذا غذا و مواد آلی و حتی عوامل بیماریزا را کمتر به اکوسیستم‌های آبی طبیعی منتقل خواهد نمود. همچنین، به جهت قابلیت تولید در واحدهای حجمی ستونی و کاهش میزان استفاده کرد از مساحت زمین به خصوص در مناطقی که زمین از ارزش بالایی برخوردار است و از طرف دیگر کمک به جلوگیری از اوتریفیکاسیون آب‌ها و منابع طبیعی از توجیه بالایی برخوردارند. آب زهکش‌های مزارع و تانک‌ها پرورشی، دارای مقادیر بالایی از ترکیبات نیتروژنه و فسفره هستند که این مواد قابلیت رشد فیتوپلانکتون‌ها را دو چندان برابر می‌نمایند و از این طریق به بروز اوتریفیکاسیون و ایجاد شرایط غیرهوازی در بدنه‌های آبی منابع طبیعی کمک می‌نمایند. حال آنکه با استفاده از این سیستم توده

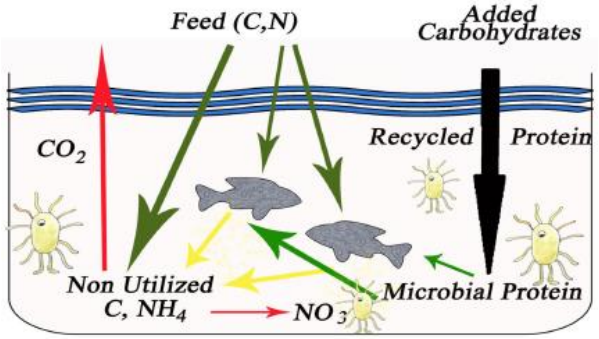
[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1395.3.1.2.1]

زیستی، این مواد از محیط جمع‌آوری شده، در اختیار پلانکتون‌های گیاهی قرار نخواهند گرفت. در حقیقت در سیستم توده زیستی، با استفاده کرد مجدد از آب تخریب محیط زیست به حداقل خود می‌رسد و به طور واقعی سیستم پرورشی دوستدار محیط زیست با مفهوم "*رهیافت سبز*" معرفی می‌گردد. حداقل تعویض آب از هر گونه تنش و نوسان حرارتی جلوگیری می‌نماید (Crab *et. al.*, 2009)، و حتی به رشد گونه‌های استوایی در مناطق سرد نیز اجازه می‌دهد.

اخیرا، سیستم توده زیستی، با نام‌های دیگری از جمله ZEAH= Zero Exchange Autotrophic Heterotrophic) System) به معنی سیستم هتروتروفیک، اتوتروفیک با حذف تعویض آب (Wasielesky *et. al.*, 2006 و Burford *et. al.*, 2003)، لجن فعال یا سیستم باکتری سوسپانسیون (Rakocy *et. al.*, 2004)، سیستم تولید پروتئین تک سلول Single Cell Protein (Avnimelech *et. al.*, 1989)، سیستم سوسپانسیون کشت (Hargreavesm 2006) یا سیستم فلاک میکروبی (Avnimelech, 2007 و Ballester *et. al.*, 2010) نیز معرفی شده‌اند. با این وجود، تکنولوژی بیوفلاک نامی است که در مهمترین منابع و از جمله (Avnimelech, 2012) برای این سیستم در نظر گرفته شده است. علاوه بر آن، BFT بر تحقیق در حوزه غذا به عنوان منبع پروتئین ترکیبات غذایی توجه ویژه دارد و بر آن تاکید می‌کند. همان‌طور که در شکل‌های ۱ و ۲ دیده می‌شود در سیستم RAS لازم است با استفاده از پمپ نسبت به جمع‌آوری لجن کف و همچنین به‌واسطه انواع فیلتراسیون های فیزیکی، شیمیایی و زیستی، نسبت به تمییز نمودن آب به منظور استفاده مجدد بهره گرفت؛ حال آنکه در سیستمBFT، بدون تعویض آب (Zero exchange water) به طور ذاتی عملیات نوتریفیکاسیون انجام می‌شود. در این شیوه کافی است به منظور تغذیه برخی میکروارگانیسم‌های هتروتروف سیستم بیوفلاک، ازمنابع کربوهیدراتی استفاده نمود. منابع نیتروژنی موجود در سیستم مستقیما برای تولید پروتئین میکروبی مورد مصرف قرار می‌گیرند.



شکل ۱: سیستم تولید بازچرخشی(RAS)



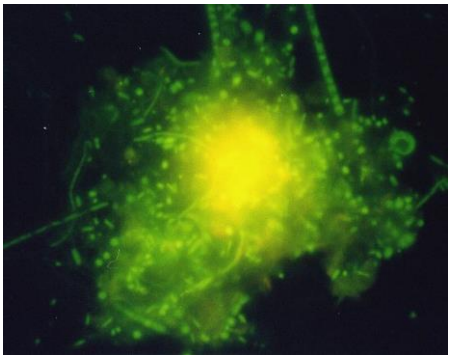
شکل ۲: سیستم بیوفلاک (BFT)

به طور کلی می‌توان چنین گفت که آبزیان‌پرورشی در روند رشد خود بسیار به تغذیه وابسته‌اند ولی متاسفانه بخش قابل توجهی از غذا به دلایل مختلف از دسترس آبزی خارج می‌شوند که به صورت رسوب در کف استخرها یا تانک‌ها جمع شده، بار مواد مغذی استخر افزایش می‌یابد. لذا چنین به نظر می‌رسد که آبزی‌پروری هم غذا و هم سرمایه خود را آن هم در یک مقیاس وسیع هدر داده یا دور می‌ریزد، ضمن آنکه با ایجاد بار بالای مواد مغذی، باقیمانده‌های سمی چون سولفیدها، آمونیاک در استخر تجمع می‌یابند و از این طریق نه امکان متراکم‌سازی آبزی در استخر وجود خواهد داشت و نه رشد بهینه حاصل می‌گردد. برای جلوگیری از مشکلات به وجود آمده، یا باید متراکم‌سازی آبزی در واحد آزمایشی را فراموش نمود، به‌عبارت بهتر در سطح غیر متراکم آبزی‌پروری نمود که قطعا نه اقتصادی خواهد بود و نه به افزایش تولید منجر خواهد شد، راه دوم استفاده از سیستم‌های مدار بسته (Recycling Aquaculture System=RAS) است که به نظر می‌رسد بسیار پر هزینه هستند و راه سوم بهره‌گیری از تکنولوژی بیوفلاک است. با بهره‌گیری از این سیستم ضمن محدودسازی تعویض آب، با تجمع باقیمانده‌های مواد آلی در سیستم و همچنین با مخلوط‌سازی و هوادهی که از ضروریات این تکنولوژی است، شرایط ایده‌آل برای رشد باکتری‌ها فراهم گشته که خود این باکتری‌ها به واسطه باز چرخش بار آلی مغذی موجود حاصل از غذا و یا دفعیات آبزی، هم به کنترل کیفی آب کمک می‌کنند، هم می‌توانند با ایجاد پروتئین میکروبی خود به عنوان غذا توسط آبزی مصرف شوند. در این تکنیک از باکتری‌های هتروتروف استفاده می‌شود که از مواد آلی تغذیه می‌کنند در حقیقت با سوزاندن واحدهای گلوکزی، انرژی و دی اکسید کربن را به وجود می‌آورند. از طرف دیگر باکتری‌ها برای رشد خود به نیتروژن نیاز دارند که این نیتروژن حاصل از بار آلی مواد مغذی موجود در کف استخرها به راحتی در اختیار آنها قرار می‌گیرد. لذا آنها با استفاده از انرژی شیمیایی در مواد آلی، مصرف اکسیژن از طریق باکتری‌های بی‌هوازی، شرایط رشد را برای خود مهیا می‌کنند. در استخرها مقادیر زیادی مواد غذایی از جمله باقیمانده‌های مواد غذایی آبزی به شکل باقیمانده‌های آلی در کف

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1395.3.1.2.1]

جمع شده‌اند که به راحتی در اختیار باکتری خواهند بود همچنین برای رشد ماهی لازم است هوادهی صورت گیرد که عملا چرخش مواد در تمام استخر و توزیع یکسان آن با این عمل رخ می‌دهد و لذا ۲۴ ساعت/ روز سیستم در حال مخلوط شدن است. با شمارش تعداد باکتری‌ها در هر سانتی‌متر مکعب از این شرایط، 10^6 (یک میلیون) یا حتی 10^9 (یک میلیارد) نیز خواهد بود. لذا از این استخر به عنوان یک صنعت بیوتکنولوژیکی یاد می‌شود که در اختصار بیوفلاک تکنولوژی نامگذاری شده است.

نیتروژن به اشکال مختلفی در این استخرها دیده می‌شود. نیتروژن معدنی (N) $NH3, NH_4, NO_2, NO_3$، نیتروژن ارگانیک و آمونیوم که توسط ماهی دفع می‌شود. از بین اینها نیتروژن معدنی، آمونیاک، NH_3 و NO_2 سمی هستند. در مورد آبزیان سطح قابل قبول برای هر یک از این ترکیبات سمی مشخص و معین شده است به عنوان مثال برای میگو حداکثر سطح ایمن NH_3 میزان ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر و در pH خنثی حداکثر کل NH_4 حدود ۲ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد. با این توصیفات، در استخرهای آبزی‌پروری به اندازه کافی نیتروژن برای رشد باکتری‌های هتروتروف وجود دارد. با این وجود با افزودن مواد غنی از کربن (کربوهیدرات‌ها) و محتوای پروتئین کم، مثل نشاسته یا سلولز (آردها، ملاس‌ها، کاساوا و ...) رشد باکتری‌ها ضمانت می‌گردد. با افزودن کربن (از طریق منابع کربنی) لازم است تا C/N ratio بیشتر از ۱۰ باشد. باکتری‌ها با گرفتن نیتروژن آب، ضمن تشکیل پروتئین میکروبی، باعث بهبود کیفیت آب می‌شوند. در یک مطالعه مشخص شده است میزان تولید پروتئین میکروبی با بهره‌گیری از مواد مکمل کربوهیدراتی در یک استخر یک هکتاری کشت تیلاپیا ۶۰۰ کیلوگرم در روز بوده است.



شکل ۳: تصویر یک پلاک بیوفلاک با میکروسکوپ فاز کنتراست

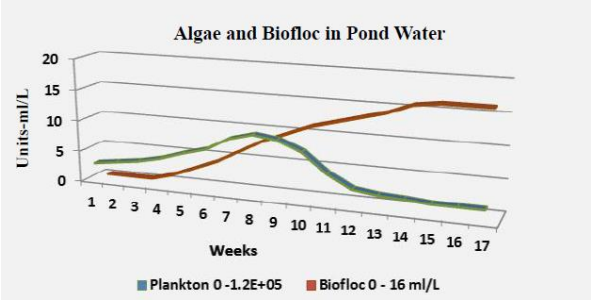


شکل ۶: توده تجمع یافته بیوفلاک در مخروط Imhoff

در سیستم‌های پرورش متراکم آبزی‌پروری، مجموعه باکتری‌ها، سایر میکروارگانیسم‌ها و ذرات آلی توده پلاک مانند بیوفلاک را تشکیل می‌دهند. در بالا عکس با میکروسکوپ فازکنتراست آن دیده می‌شود. از هر سانتی‌متر مکعب فلاک ۳۰-۱۰ میلی‌گرم ماده خشک به دست می‌آید. در حقیقت میکروارگانیسم‌ها با تخریب مواد دفعی بخشی را به دی‌اکسیدکربن و حدود ۵۰٪ از آن را به زی‌توده میکروبی تبدیل می‌کنند. از طریق کنترل فعالیت میکروبی می‌توان به کنترل نیتروژن آب استخر کمک نمود و به طور همزمان مجموعه باکتری‌ها مهمترین نقش را در زنجیره غذایی استخر بازی کنند. همچنین از این طریق به نظر می‌رسد در محافظت از آبزیان در برابر بیماری‌ها نیز باعث بهبود می‌شوند. به منظور تشکیل توده‌ها یا پلاک بیوفلاکی (شکل ۳) لازم است قبل از ذخیره‌سازی آبزی به استخر مواد آلی اضافه گردد. این مواد می‌توانند غذاهای قدیمی، ملاس و یا سایر مواد کربوهیدراتی باشند. همچنین لازم است در ابتدا کود نیتروژنه به میزان ۲/۵-۰/۵ میلی‌گرم نیتروژن در لیتر (۲۵-۵ کیلوگرم در هکتار) اضافه نمود. برای تلقیح بار باکتریایی کافی است حدود ۵۰ کیلوگرم از گل و خاک یک استخر فعال آبزی‌پروری را به ازای هر هکتار به استخر جدید اضافه نمود هر چند می‌توان از تلقیح تجاری (باید با دقت استفاده شود) که به معنی افزودن میکروارگانیسم‌های تجاری بیوفلاک است بهره جست. پس از چند هفته شاهد شکوفایی توده‌های بیوفلاکی خواهیم بود. در ابتدا ریز جلبک‌ها تشکیل و شکوفا می‌شوند و سپس تشکیل خامه روی سطح آب و بعد از آن شاهد تغییر رنگ قهوه‌ای در آب استخرها خواهیم بود. در استخرهای پرورش تیلاپیا این تبدیل و جابجایی از ریز جلبک به سمت تغییر رنگ قهوه‌ای سریعتر از استخرهای میگو رخ می‌دهد؛ چنانچه کل نیتروژن اندازه‌گیری شده آب به ۲ میلی‌گرم در لیتر رسید، لازم است از منابع کربن به آب استخر اضافه نمود. اضافه کردن گل رس، سبوس گندم و غیره توصیه می‌شود، زیرا در تشکیل بیوفلاک بسیار کمک می‌کنند (شکل ۴). چنانچه توده‌ها یا پلاک‌های خوب بیوفلاکی تشکیل شوند، درست مثل این است که آب می‌تواند مجددا برای پرورش آبزی (Recycling) استفاده گردد.

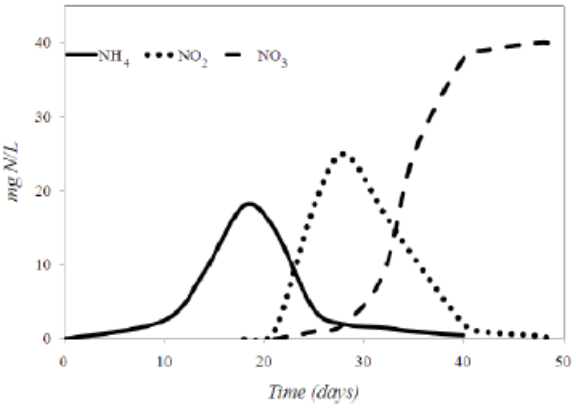
[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1395.3.1.2.1]



شکل ۴: جایگزینی شکوفایی بیوفلاک به جای شکوفای ریز جلبکی در سیستم

روند تغییر یا توالی نیتریفیکاسیون در شکل ۵ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود حداکثر میزان NH_4 در روز ۲۰ (حدود ۲۰ میلی‌گرم نیتروژن در لیتر) است که از همین روز یا یک روز بعد کم کم از میزان NH_4 کاسته و شاهد روند صعودی NO_2 و NO_3 خواهیم بود، به طوری‌که NO_2 حدود روز سی ام به حداکثر خود (۲۵ میلی‌گرم نیتروژن در لیتر) رسیده و سپس روند نزولی را طی می‌نماید ولی NO_3 تا روز چهلم روند صعودی دارد و ظاهرا بعد از آن به یک ثبات می‌رسد. به منظور تغذیه، لازم است نرخ C/N برابر ۲۵-۱۵ حفظ شود. غذاهای پلت با میزان پروتئین پایین یا پلت‌های با میزان پروتئین بالا غنی از کربوهیدرات این نسبت را به خوبی به وجود می‌آورند. به عنوان مثال غذاهایی با درصد پروتئین ۱۵ می‌توانند نرخ C/N برابر ۲۱/۵ را به وجود آورند، حال آنکه غذاهایی با درصد بالای پروتئین (۴۰٪)، نرخ C/N حدودی ۸/۱ را به دست می دهند. در رابطه با مزرعه پرورش تیلاپیا، لازم است لجن کف استخر زهکشی شود ولی در مورد میگو کافی است در پایان فصل تولید، این عمل به صورت هفتگی انجام گیرد.



شکل ۵: توالی نیتریفیکاسیون در استخرهای BFT

پایش وضعیت موجود از حیث فاکتورهای فیزکی و شیمیایی آب نیز بسیار حائز اهمیت است. همچنین به منظور ارزیابی بیوفلاک، از مخروط Imhoff استفاده می‌شود (شکل ۶) و حتما لازم است زمان ۲۰-۱۵ دقیقه‌ای به منظور رسوب کامل در اختیار آب درون مخروط قرار داده شود. در مورد مزارع پرورش میگو این میزان از ۱ تا ۴۰ میلی‌لیتر در هر لیتر است که متوسط ماده خشک آن کمتر از ۱۵ میلی‌گرم در لیتر به دست می‌آید حال آنکه در مورد ماهی این میزان ۲ تا ۱۰۰ میلی‌لیتر در لیتر (با متوسط وزن خشک کمتر از ۳۰ میلی‌گرم در لیتر می باشد). یکی از مهمترین فاکتورهایی که باید اندازه‌گیری گردد TSS است. این عدد نباید بالاتر از ۴۰۰-۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر باشد. در زمان پایش چنانچه با آمونیاک بالا مواجه شدیم، لازم است تا میزان کربوهیدرات افزودنی به استخر را افزایش داده یا میزان ورودی پروتئین به استخر را کاهش دهیم. چنانچه با افزایش میزان نیتریت مواجه شدیم، ممکن است سطح اکسیژن محلول آب در همان منطقه ارزیابی، بسیار پایین آمده باشد، یا میزان تجمع لجن بسیار زیاد شده باشد که در این موارد با جابجا کردن هواده و افزودن منابع کربنی می‌توان این دو مشکل را حل نمود و چنانچه با حجم پایین فلاک مواجه شدیم، با افزودن منابع کربنی می‌توان این مشکل را حل نمود. از طرف دیگر حجم بالای توده‌های فلاکی نیز ممکن است مشکل ساز باشد که در این شکل باید کف استخر را خشک نمود. یکی از مهمترین مسائل در استخرهای روباز جایابی قراردادن هواده و نحوه چرخش آن است.

در تجربیات پرورشی با بهره‌گیری از سیستم بیوفلاک چنانچه سیستم کامل باشد (Full bioflock system)، تولید بالا و تا حدود ۵ تن در هکتار (در سیستم R&D) خواهد بود حال آنکه در بعد تجاری این محصول ۲۵-۲۰تن در هکتار خواهد بود (Avnimelech, 1999). در سیستم بیوفلاک ناقص (Semi- biofloc system)، ۱۶-۱۵ تن در هکتار به دست خواهد آمد. در مورد تولید فوق متراکم میگوی وانامی با سیستم کامل بیوفلاک، ۷/۵ کیلوگرم در هر مترمکعب و ۹/۳۷ کیلوگرم در هر متر مکعب میگو برداشت شد (Panjaitan, 2004 و Avnimelech, 1999). در مورد ماهی تیلاپیای پرورشی در تانک، ۴۰-۲۰ کیلوگرم در هر متر مکعب محصول دور از دسترس نخواهد بود.

اهمیت باکتری‌های فلاک در آبزی‌پروری

همانگونه که گفته شد، در درجه نخست اینکه میکروب و مواد آلی آن خود به عنوان یک غذا برای آبزیان پرورشی مطرح هستند (Moriarty, 1997). در سیستم توده زیستی، میکروارگانیسم ها نقش کلیدی در تغذیه آبزیان پرورشی دارند. تجمع آنها (بیوفلاک) یک منبع طبیعی غنی و در دسترس (۲۴ ساعته در روز) از پروتئین و چربی در جای مصرف می‌باشند. در ستون آب واکنش متقابل بین مواد آلی، بستره فیزیکی و دامنه بالای میکروارگانیسم هایی چون فیتوپلانکتون، باکتری‌های آزاد یا چسبیده، تجمع مواد آلی خاص و سایر تغذیه‌کنندها مثل روتیفر، مژه‌داران و تاژکداران آغازی، کوپه پودا وجود دارد (Ray *et. al.*, 2010a). این تولید طبیعی نقش مهمی

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1395.3.1.2.1]

را در فرآیند باز چرخش مواد آلی و حفظ کیفیت آب بازی می‌کند (McIntosh *et. al.*, 2000 و Ray *et. al.*, 2010b).

مصرف بیوفلاک توسط میگو یا ماهی مزیت های بسیاری را در بهبود نرخ رشد از خود بجای گذاشته است (Wasielesky *et. al.*, 2006) از جمله کاهش ضریب تبدیل غذا و متعاقب آن کاهش هزینه‌های تولید (Burford *et. al.*, 2004). البته افزایش رشد آبزی به ارزش غذایی باکتری نیز بستگی دارد؛ مثلا چنانچه میگو از بیوفلاک استفاده کند، تا ۳۰٪ کاهش نرخ تغذیه را به همراه خواهد داشت (Panjaitan, 2004). همچنین مشخص شده که بیش از ۲۹٪ غذای مصرفی روزانه میگوی پاسفید غربی بیوفلاک بوده است (Burford *et. al.*, 2004). در تیلاپیا (Avnimelech *et. al.*, 1994) میزان مصرف غذا در تیمار با توده زیستی نسبت به روش تعویض آب ۲۰٪ کاهش نشان می‌دهد. همچنین با مصرف از این میکروارگانیسم‌ها، تاخیر نیتروژن (nitrogen retention) از غذای اضافه تا حد ۱۳-۷٪ افزایش می‌یابد (Hari *et. al.*, 2004 و Schneider *et. al.*, 2005). در این متن، سیستم توده زیستی فرصتی را به عنوان جانشین غذای در پرورش میگو نشان داده است. غذایی که با داشتن میزان پروتئین کم جایگزین منابع پروتئینی همچون آرد ماهی یا اسکوئید و .... شده و با موفقیت این جایگزینی انجام وظیفه نموده است (Ray *et. al.*, 2010، Azim and Little, 2008 و Emerenciano *et. al.*, 2011a).

در خصوص حفظ کیفیت آب کنترل تجمع باکتریایی در بالاتر از سطح اتوتروف میکروارگانیسم‌ها نسبت کربن به نیتروژن را افزایش می‌دهد که محصول جنبی نیتروژنه به راحتی توسط باکتری‌های هتروتروف جذب می‌شود (Avnimelech, 1999). نسبت بالای کربن به نیتروژن خود بنوعی تضمین کننده بهترین رشد باکتری‌ها (Avnimelech, 2007 و Emerenciano *et. al.*, 2012)، استفاده از این انرژی برای نگهداری (مثل تنفس، تغذیه، حرکت و گوارش و...) و همچنین برای رشد و تولید سلول‌های جدید خواهد بود. غلظت بالای کربن در آب می‌توان باعث جایگزینی کربن هم ظرفیتی و شبیه ریزجلبک‌ها شده و در رشد باکتری سهم و نقش هود را ایفا نماید. میکروارگانیسم‌های غیر هوازی به عنوان غذا برای تغذیه سلول‌های جدید نقشی بالا با بازده حدود ۶۰-۴۰٪ ازخود نشان می‌دهند. حال آنکه این درصد در سایر ارگانیسم‌ها بالاتر حدود ۱۵-۱۰٪ افزایش وزن است (Avnimelech, 2012). در حقیقت باکتری و سایر میکروارگانیسم‌ها به عنوان سیستم‌های بیوشیمیایی یا راندمان بالا عمل نموده تا باعث متابولیزه نمودن باقیمانده‌های آلی شوند (Avnimelech, 1999). از طرف دیگر باعث باز چرخش مواد غذایی آلی و معدنی با راندمان بالا در سلول‌های باکتری جدید خواهند شد (مواد غذایی مصرف نشده، غذاهای غیر قابل هضم، باقیمانده مواد گوارشی و منابع کربنی همه به عنوان کود قابل استفاده هستند).

منابع کربن الی و مقدار مورد نیاز در آبزی‌پروری

منابع کربن مورد مصرف در BFT محصولات جنبی حاصل صنایع غذایی انسانی یا حیوانی هستند که به صورت محلی در دسترس می‌باشند. منابع ارزانی کربوهیدراتی مثل ملاس‌ها، گلیسرول و آرد گیاهانی چون گندم، ذرت، برنج و ... که قبل از ذخیره‌سازی مرحله لاروی ماهی یا آبزی و همچنین در مرحله رشد آبزیان به استخرها داده می‌شود با این هدف که نرخ بالای کربن به نیتروژن (C:N) در حد ۲۰ به ۱ حفظ کنند و از این طریق، به کنترل نیتروژن موجود در استخرها کمک نمایند. همچنین استفاده از مخلوطی از آرد گیاهان می‌تواند به پلت سبز در استخر بیانجامد (Taw, 2010) و یا استفاده از غذاهای حاوی پروتئین پایین، محتوی نسبت بالای C:N نیز می‌تواند مفید باشد (Avnimelech, 2012 و Azim and Little, 2008). منابع کربن به عنوان یک بستره برای عملکرد سیستمBFT می‌باشند و به طور همزمان به تولید سلول‌های پروتئینی میکروبی کمک می‌کند (Avnimelech, 1999). البته ملاحظاتی در خصوص هزینه‌ها، میزان در دسترس بودن مواد، تجزیه زیستی و راندمان تجمع باکتریایی نیز مطرح است که حتما باید به آنها توجه نمود. در جدول ۱ به طور خلاصه منابع مختلف کربن که در سیستم BFT کاربرد دارند آورده شده است.

جدول ۱: منابع مختلف کربن گونه‌های پرورشی استفاده‌کننده از آنها در سیستم BFT (اقتباس از Avnimelech, 1999)

منبع کربن	گونه پرورشی آبزی	منبع
استات	*Macrobrachium rosenbergii*	Crab *et. al.*, 2010
آرد کازاوا	*Penaeus monodon*	Avnimelech and Mokady, 1988
سلولز	*O. niloticus*	Avnimelech *et. al.*, 1989
آرد ذرت	هیبرید باس و هیبرید تیلاپیا	Milstein *et. al.*, 2001 و Asaduzzaman *et. al.*, 2010
دکستروز	*Litopenaeus vannamei*	Suita, 2009
گلیسرول و باکتری باسیلوس	*M. rosenbergii*	Crab *et. al.*, 2010

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1395.3.1.2.1]

منبع کربن	گونه پرورشی آبزی	منبع
گلوکز	*M. rosenbergii*	Crab *et. al.*, 2010
ملاس	*L. vannamei and P. monodon*	Burford *et. al.*, 2004 ،Panjaitan, 2004 و Samocha *et. al.*, 2007
آرد سورگوم	*O. niloticus*	Avnimelech *et. al.*, 1989
توپیکا	*L. vannamei* and *M. rosenbergii*	Asaduzzaman *et. al.*, و Hari *et. al.*, 2004 2008
آرد گندم	*O. niloticus*	Azim and Little, 2008
سبوس گندم به همراه ملاس	*Farfantepenaeus brasiensis, F. paulensis and F. duorarum*	Emerenciano ،Emerenciano *et. al.*, 2012 Emerenciano *et. al.*, و *et. al.*, 2011b 2012
نشاسته	*O. niloticus x O. aureus*	Avnimelech, 2007 و Crab *et. al.*, 2009

لازم به یاد آوری است که همه گونه ها را نمی‌توان در سیستمBFT پرورش داد. برخی ویژگی‌های ضروری در جهت رشد بهینه آبزی همچون مقاومت به تراکم بالا، تحمل به سطوح حد واسط اکسیژن محلول (بین ۳ تا ۶ میلی‌گرم در لیتر)، یا تحمل پذیرش ایجاد رسوب در آب (حدود ۱۰ یا حداکثر ۱۵ میلی‌لیتر بر لیتر حجم بیوفلاک) (Taw, 2010)، تحمل به وجود ترکیبات نیتروژنه، مهیا بودن سیستم فیلتر کنندگی ماهی (همچون تیلاپیا)، عادت همه چیز خواری یا دارا بودن سیستم گوارشی سازش یافته با ذرات باکتریایی وجود خواهد داشت که قابلیت کشت آبزی در سیستم BFT را فراهم خواهند نمود.

بررسی امکان بهره‌گیری از بیوفلاک در مزارع پرورش ماهی تیلاپیا (Ogello *et. al.*, 2014)

افزایش سریع رشد در صنعت آبزی‌پروری به خصوص در طی ۵۰ سال گذشته باور نکردنی بوده است. البته این رشد مرهون بهره‌گیری از تکنولوژی در تولید همچون هیبریدزاسیون، مهندس ژنتیکی، استفاده از غذاهای فرموله با کیفیت و همچنین بهره‌گیری از تکنولوژی بیوفلاک در انواع سیستم‌های آبزی‌پروری: استخر، قفس، تانک و سیستم‌های چرخشی آب بوده است (FAO, 2012). با این وجود، نرخ رشد آبزی‌پروری در تمام دنیا یکدست نبوده است به طوری‌که برخی کشورهای آسیایی رشد بسیار بالا و برخی کشورهای آفریقایی اصلا رشد نداشته‌اند. از طرف دیگر همان‌طور که اشاره شد، ثبات در صید از آب‌های باز سبب گردید تا نیاز جمعیت افزاینده بشر به غذا، به خصوص پروتئین آبزیان، از طریق آبزی‌پروری تامین گردد. به نظر می‌رسد برای تامین نیاز جمعیت ۵۰ سال آینده باید سرعت افزایشی رشد آبزی‌پروری به بیش از ۵ برابر فعلی برسد. بنابراین استفاده از تکنولوژی‌های برتر چون تکنولوژی بیوفلاک ضمن افزایش تولید، به مسائل محیط زیستی نیز توجه خاص داشته و از این نظر نیز بسیار حائز اهمیت می‌باشند (Avnimelech, 2009). همچنین در کاهش تعداد تعویض آب تا حد صفر (Zero exchange water) پیش رفته است (Widanarni and Maryame, 2012). همان‌طور که قبلا گفته شده است، نقش اصلی BFT باز چرخش غذاهای خورده نشده یا مواد دفعی است به طوری‌که نسبت C/N عدد بالایی داشته باشد تا باکتری‌های هتروتروف را تحریک به رشد نموده، به تبدیل آمونیاک به زی‌توده میکروبی اقدام نمایند. اگر چه باید توجه داشته باشیم که اضافه کردن مستمر منابع کربنی با افزایش غلظت TAN و نیتریت – نیتروژن (NO2-N) به سطوح بحرانی در سیستم BFT خواهد انجامید که بسیار سمی هستند (Avnimelech, 1999). امروزه تیلاپیا که به نام مرغ آبزی معروف شده است، در بسیاری از کشورهای دنیا کشت می‌شود و از نرخ رشد بسیار سریعی برخوردار بوده است. این نرخ رشد در سال‌های اینده نیز ادامه‌دار خواهد بود (FAO, 2012). از طرف دیگر بیش از ۵۰٪ هزینه تولید به غذا بر می‌گردد (Craig and Helfrich, 2002). بنابراین رسیدن به آبزی‌پروری پایدار به شدت به منابع غذایی و مدیریت وابسته است و قطعا این پایداری به دست نخواهد آمد، مگر آنکه از سهم ماهیان صید شده به عنوان آرد ماهی در غذای آبزیان پرورشی کاسته شود (Munguti *et. al.*, 2013). یکی از راه‌های مطرح استفاده از جایگزین‌های پروتئین گیاهی به جای پروتئین‌های حیوانی است. اما پلت پذیری و خوش خوراکی پروتئین‌های گیاهی (به دلیل وجود ضد غذاها در آنها و دسترسی زیستی کمتر به مواد غذایی این گیاهان) کمتر از پروتئین‌های حیوانی است. از آنجا که هنوز استفاده از سیستم آبزی‌پروری در استخرهای خاکی به ویژه در کشورهای در حال توسعه بسیار رایج است، بهره‌گیری از تکنولوژی بیوفلاک می‌تواند بسیاری از مشکلات پیش روی این صنعت را مرتفع نماید. هر چند برای تعیین مقدار دقیق افزایش منبع کربنی احتیاج به مطالعات بیشتری است ولی تاکنون به دست آمده است که اضافه

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1395.3.1.2.1]

کردن ۳۶۰ گرم کربن در هر متر مکعب در روز می‌تواند مقدار کافی کربن مورد نیاز برای جمع کردن نیتروژن در سیستم متمرکز پرورش تیلاپیا که میزان ذخیره‌سازی آن ۵۰ کیلو گرم در هر متر مربع است کفایت می‌نماید (Crab, 2010). باکتری‌ها می‌توانند از ۶۰ تا ۶۰۰ کیلو گرم پروتئین میکروبی در هکتار برای آبزیان پرورشی تولید نمایند (Avnimelech, 1999).

در مورد ماهی و سایر آبزیان پرورشی، سیستم BFT نتایج مثبتی داشته اند. در مورد ماهی تیلاپیا نیز با بکار بردن بیوفلاک محصول ماهی ۳۰-۲۰ کیلو گرم در هر متر مکعب خواهد بود، بدیهی است که نیاز به غذادهی افزایش و تا ۵۰۰ گرم در هر متر مکعب در روز خواهد رسید. در این شرایط فعالیت میکروبی به حداکثر خود می‌رسد و حجم بیوفلاک تولیدی بسیار بالا و به ۵۰-۲۰ میلی‌لیتر در هر لیتر می‌رسد که خود به عنوان بخش قابل توجهی از غذای طبیعی در دسترس ماهی خواهد بود. برای این تولید نیاز به هوادهی ۲۰HP/1000 m^2-۱۰ می باشد. البته لازم است در این حجم تولید روزانه نسبت به تخلیه زهکش کف اقدام نمود.

در مورد پرورش متراکم تیلاپیا (*Oreochromis niloticus*)، تا ۱۵۵ تن ماهی در هر هکتار طی یک مرحله تولید گزارش شده است (Rakocy *et. al.*, 2004). در کنار افزایش تولید، کاهش در FCR و کاهش پروتئین جیره نیز به دست آمده و بهره‌گیری تیلاپیا از غذا با کمک سیستم BFT به مراتب بیشتراز گروه کنترل (آب تمیز و تعویض آن) بوده است (Taw, 2010). در سیستم BFT مرحله جوان تیلاپیا (Azim and Little, 2008)، هیچگونه اختلاف معنی داری در رشد و میزان تولید بین گروه های تیماری ۳۵٪ و ۲۴٪ پروتئین غذا در تانک‌ها به دست نیامد، با این وجود در هر دو تیمار بهتر از گروه شاهد (بدون سیستم BFT و ۳۵٪ پروتئین غذا) برآورد گردیدند. همچنین اثر سیستم BFT در بهبود کیفیت آب برای تیلاپیا در شرایط سرد زمستان ثابت گشت (Crab *et. al.*, 2009). چنین به نظر می‌رسد که این سیستم توانسته است بر عامل سرمای زمستان و مرگ و میر ناشی از آن غلبه داشته باشد. در مطالعه ای که توسط Naylor و همکاران (۲۰۰۰) انجام شد، نشان داده شد که بیوفلاک توسط ماهی تیلاپیا خورده شده است و تا حدود ۵۰٪ نرخ تغذیه ماهی را بهبود بخشید (در این مطالعه از ۲ درصد زی‌توده به عنوان درصد غذادهی روزانه استفاده شد). در تحقیقی که روی ماهی بومی برزیل با نام تامباکو (*Colossoma macropomum*) انجام شد، ملاحظه شد که BFT قادر نبود بر رشد و میزان تولید آن در مقایسه با گروه کنترل، تاثیری داشته باشد (Itani *et. al.*, 2010)، هرچند در این تحقیق، برخی مشکلات کیفی آب (از جمله نیترات بالا و کدورت آب) گزارش شد که شاید دلیلی بر عدم تاثیر پذیری سیستم BFT بوده باشد و شاید این گونه نیز برای معرفی در سیستمBFT قابلیت نداشته است. در مطالعه دیگر مشخص شد که گونه *Piaractus brachypomus* نمونه مناسبی برای معرفی به سیستم فوق می‌باشد (Poleo *et. al.*, 2011).

منابع

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.

Asaduzzaman, M., Rahman, M.M., Azim, M.E., Islam, M.A., Wahab, M.A., Verdegem, M.C.J., Verreth, J.A.J., 2010. Effects of C/N ratio and substrate addition on natural food communities in freshwater prawn monoculture ponds. Aquaculture 306: 127–136.

Avnimelech, Y., Kochva, M., Diab, S., 1994. Development of controlled intensive aquaculture systems with a limited water exchange and adjusted carbon to nitrogen ratio. Bamidgeh 46:119–131.

Avnimelech, Y., Mokady, S., 1988. Protein biosynthesis in circulated ponds. In: Pullin RSV, Bhukaswan T, Tonguthai K, Maclean JL, editors. Proceedings of Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Departament of Fisheries of Thailand and ICLARM, Manila, Philippines, pp. 301–309.

Avnimelech, Y., Mokady, S., Schoroder, G.L., 1989. Circulated ponds as efficient bioreactors for single cell protein production. Bamdigeh. 41:58–66.

Avnimelech, Y., 1999. Carbon and nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. Aquaculture 176: 227–235.

Avnimelech, Y., 2006. Bio-filters: the need for a new comprehensive approach. Aquac. Eng. 34 (3), 172–178.

Avnimelech, Y., 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bioflocs technology ponds. Aquaculture 264:140–147.

Avnimelech, Y., 2009. Biofloc Technology: A Practical Guide Book. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States. 182 pp.

Avnimelech, Y., 2012. Biofloc Technology - A Practical Guide Book, 2nd ed. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, EUA. 272p.

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.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-12]
[DOR: 20.1001.1.24234575.1395.3.1.2.1]

abstracts of World Aquaculture Society Meeting 2009, Veracruz, México.

Emerenciano, M., Cuzon, G., López-Aguiar, K., Noreña-Barroso, E., Máscaro, M., Gaxiola, G., 2011a. Biofloc meal pellet and plant-based diet as an alternative nutrition for shrimp under limited water exchange systems. CD of abstracts of World Aquaculture Society Meeting 2011, Natal, RN, Brazil.

Emerenciano, M., Ballester, E.L.C., Cavalli, R.O., Wasielesky, W., 2011b. Effect of biofloc technology (BFT) on the early postlarval stage of pink shrimp *Farfantepenaeus paulensis*: growth performance, floc composition and salinity stress tolerance. Aquac Int 19:891-901.

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). Aquac Res 43:447-457.

Emerenciano, M., Cuzon, G., Paredes, A., Gaxiola, G., 2012. Biofloc technology applied to intensive broodstock farming of pink shrimp Farfantepenaeus duorarum (Part I): growout, water quality, microorganisms profile and proximate analysis of biofloc. Aquac Res (submitted)

Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO. 2008. Cultured aquaculture species information programme, *Penaeus vannamei* (Boone, 1931). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available at http://www.fao.org

Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO. 2012. Fisheries global information system. FAO Fisheries and Aquaculture Department, Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome.

Hargreaves, J.A., 2006. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. Aquac Eng 34:344-363.

Hari, B., Kurup, B.M., Varghese, J.T., Schrama, J.W., Verdegem, M.C.J., 2004. Effects of carbohydrate addition on production in extensive shrimp culture systems. Aquaculture 241:179–194.

Hari, B., Kurup, B.M., Varghese, J.T., Schrama, J.W., Verdegem, M.C.J. 2006. The effect of carbohydrate addition on water quality and the nitrogen budget in extensive shrimp culture systems. Aquaculture 252 (2–4), 248–263.

Itani, A.L., Neto, E.T.A., Silva, S.L., Araújo, M.L., Lima, A.F., Barbosa, J.M., 2010. Efeito do sistema heterotrófico no crescimento do Tambaqui (*Colossoma macropomum*). X JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – JEPEX 2010 – UFRPE: Recife.

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. Aquac Nut 16:163-172.

Bender, J., Lee, R., Sheppard, M., Brinkley, K., Philips, P., Yeboah, Y., Wah, R.C., 2004. A waste effluent treatment system based on microbial mats for black sea bass *Centropristis striata* recycled water mariculture. Aquac Eng 31:73-82.

Browdy, C.L., Bratvold, D., Stokes, A.D., Mcintosh, R.P., 2001. Perspectives on the application of closed shrimp culture systems. In: Jory ED, Browdy CL, editors. The new Wave, Proceedings of the Special Session on Sustainable Shrimp Culture, The World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, USA. Pp.20–34.

Burford, M.A., Thompson, P.J., McIntosh, R.P., Bauman, R.H., Pearson, D.C., 2003. Nutrient and microbial dynamics in high-intensity, zero-exchange shrimp ponds in Belize. Aquaculture 219:393–411.

Burford, M.A., Thompson, P.J., McIntosh, R.P., Bauman, R.H., Pearson, D.C., 2004. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus vannamei*) nutrition in a highintensity, zero-exchange system. Aquaculture 232:525–537.

Crab, R., Kochva, M., Verstraete, W., Avnimelech, Y., 2009. Bio-flocs technology application in over-wintering of tilapia. Aquac Eng 40:105-112.

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. Aquac Res 41: 559-567.

Crab, R., 2010. Bioflocs technology: an integrated system for the removal of nutrients and simultaneous production of feed in aquaculture. PhD thesis, Ghent University. 178 pp.

Craig, S. Helfrich, L.A., 2002. Understanding Fish Nutrition, Feeds and Feeding, Cooperative Extension Service, publication 420‑256. Virginia State University,USA.

De Schryver, P., Crab, R., Defoirdt, T., Boon, N., Verstraete, W., 2008. The basics of bio-flocs technology: the added value for aquaculture. Aquaculture 277:125-137.

Emerenciano, M., Vinatea, L., Gálvez, A.G., Shuler, A., Stokes, A., Venero, J., Haveman, J., Richardson, J., Thomas, B., Leffler, J., 2009. Effect of two different diets fish meal based and "organic" plant based diets in Litopenaeus setiferus earlier post-larvae culture under biofloc, green-water and clear-water conditions. CD of

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1395.3.1.2.1]

Characterization of microbial communities in minimal-exchange, intensive aquaculture systems and the effects of suspended solids management. Aquaculture 310:130–138

Ray, A.J., Lewis, B.L., Browdy, C.L., Leffler, J.W., 2010b. Suspended solids removal to improve shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production and an evaluation of a plant-based feed in minimal-exchange, superintensive culture systems. Aquaculture 299:89-98.

Ray, A.J., 2012. Biofloc technology for super-intensive shrimp culture. In: Avnimelech Y, editor. Biofloc Technology - a practical guide book, 2nd ed., The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA. pp. 167-188.

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*. Aquac Eng 36:184–191.

Schneider, O., Sereti, V., Eding, E.H., Verreth, J.A.J., 2005. Analysis of nutrient flows in integrated intensive aquaculture systems. Aquac. Eng 32:379–401.

Suita, S.M., 2009. O uso da Dextrose como fonte de carbono no desenvolvimento de bioflocos e desempenho do camarão-branco (*Litopenaeus vannamei*) cultivado em sistema sem renovação de água. Tese de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande do Sul, BrasilTaw N. (2010). Biofloc technology expanding at white shrimp farms. Global Advocate may/june, 24–26 (available in http://www.gaalliance.org/mag/May_June2010.pdf)

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.

Watanabe, T., 2002. Strategies for further development of aquatic feeds. Fish. Sci. 68 (2), 242–252

Widanarni Ekasari, J., Maryame, S., 2012. Evaluation of Biofloc Technology Application on Water Quality and Production Performance of Red Tilapia Oreochromis sp. Cultured at Different Stocking Densities HAYATI. Journal of Biosciences, 19: 73-80.

McIntosh, D., Samocha, T.M., Jones, E.R., Lawrence, A.L., McKee, D.A., Horowitz, S. Horowitz, A., 2000. The effect of a bacterial supplement on the high-density culturing of *Litopenaeus vannamei* with low-protein diet in outdoor tank system and no water exchange. Aquac Eng 21:215–227.

Milstein, A., Anvimelech, Y., Zoran, M., Joseph, D., 2001. Growth performance of hybrid bass and hybrid tilapia in conventional and active suspension intensive ponds. Bamidgeh 53:147–157.

Moriarty, D.J.W., 1997. The role of microorganisms in aquaculture ponds. Aquaculture 151:333–349.

Munguti, J.M., Waidbacher, H., Liti, D.M., Straif, M., Zollitsch, W., 2009. Effects of substitution of freshwater shrimp meal (Caridina nilotica Roux) with hydrolyzed feather meal on growth performance and apparent digestibility in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) under different culture conditions. J of Liv. Res. for Rur. Dev. 21 (8): 1-13.

Naylor, R.L., Goldburg, R.J., Primavera, J.H., Kautsk, N., Beveridge, M.C.M., Clay, J., Folke, C., Lubchencoi, J., Mooney, H., Troell, M., 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. Nature 405:1017-1024.

Ogello, E.O., Musa1, S.M., Mulanda Aura, Ch., Abwao, J.O., Munguti, J.M., 2014. An Appraisal of the Feasibility of Tilapia Production in Ponds Using Biofloc Technology: A review. International Journal of Aquatic Science Vol. 5, No. 1, 21-39.

Panjaitan, P., 2004. Field and laboratory study of *Penaeus monodon* culture with zero water exchange and limited water exchange model using molasses as a carbon source. Ph.D. Thesis, Charles Darwin Univ., Darwin, NT, Australia.

Poleo, G., Aranbarrio, J.V., Mendoza, L., Romero, O., 2011. Cultivo de cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados. Pesq. Agropec. Bras. 46: 429-437

Rakocy, J.E., Bailey, D.S., Thoman, E.S., Shultz, R.C., 2004. Intensive tank culture of tilapia with a suspended, bacterial based treatment process: new dimensions in farmed tilapia.In: Bolivar R, Mair G, Fitzsimmons K, editors. Proceedings of the Sixth International Symposium on Tilapia in Aquaculture. pp. 584–596.

Ray, A.J., Seaborn, G., Leffler, J.W., Wilde, S.B., Lawson, A., Browdy, C.L., 2010a.

[Downloaded from ornamentalaquatics.ir on 2026-11-12]

[DOR: 20.1001.1.24234575.1395.3.1.2.1]