JOMB
Journal of Marin Biology
J Marin Bio, 2024; 16(1): 75-89 Doi
https://jmb.ahvaz.iau.ir

Journal of Marin Biology

Islamic Azad university Ahvaz Branch

Original Article

A review of the role of biofloc technology in improving productivity in aquaculture

Nerssy Nassirabady[1*], Abulfazl Askary Sary[1]

1. Department of Fisheries, Ahv. C., Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

Article history:

Received: 9 March 2024
Revised: 30 April 2024
Accepted: 3 May 2024
ePublished: 3 May 2024

***Corresponding author:** Nerssy Nassirabady, Department of Fisheries, Ahv. C., Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

E-mail: researcherirany@yahoo.com

Abstract

With the ever-growing human population, a significant expansion has been observed in worldwide aquaculture throughout the last ten years. The successful administration of prime conditions for fish production depends entirely on the physicochemical and biological quality of the water. The process requires high aeration and energy, excessive sludge production, C/N ratio control, and limitations on the species that can be cultured. Biofloc technology (BFT) provides an environmentally friendly method for aquaculture by improving water quality and making better use of nutrients. This system uses microbial methods to increase ammonia removal performance in the culture system. The purpose of this research is to investigate the role of biofloc systems in aquaculture.

Keywords: Biofloc, Aquaculture, Productivity Improvement, Microorganisms, Water Quality, Waste Treatment

Please cite this article as follows: Nassirabady N., Askary Sary A. A review of the role of biofloc technology in improving productivity in aquaculture. J Mar Biol, 2024; 16(1): 75–89. DOI:

Copyright © 2024 Journal of Marin Biology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (*http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/*) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، صفحات: ۷۵-۸۹
https://jmb.ahvaz.iau.ir

مقاله اصلی

مروری بر نقش فناوری بیوفلاک برای بهبود بهره وری در آبزی پروری

نرسی نصیرآبادی[1*]، ابوالفضل عسکری‌ساری[1]

۱. گروه شیلات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.

چکیده

با افزایش روز افزون جمعیت انسانی، در طول ده سال گذشته گسترش قابل توجه ای در آبزی پروری جهانی مشاهده شده است. مدیریت موفقیت‌آمیز شرایط اولیه برای تولید ماهی کاملاً به کیفیت فیزیکو شیمیایی و بیولوژیکی آب بستگی دارد. فناوری بیوفلاک بر رشد باکتری‌های هتروتروف و تجمع باکتری‌ها، پروتوزوآها، فیتوپلانکتون‌ها و ذرات آلی معلق استوار است. این فرآیند نیاز به هوادهی و انرژی بالا، تولید بیش از حد لجن، کنترل نسبت C/N و محدودیت در گونه‌های قابل پرورش است. فناوری بیوفلاک (Biofloc technology) با بهبود کیفیت آب و استفاده بهتر از مواد مغذی، روشی سازگار با محیط زیست برای آبزی‌پروری فراهم می‌کند. این سیستم از روش‌های میکروبی برای افزایش عملکرد حذف آمونیاک در سیستم پرورش استفاده می‌کند. هدف از این تحقیق نقش سیستم بیوفلاک در آبزی پروری است.

واژگان کلیدی: بیوفلاک، باکتری‌های هتروتروف، آبزی پروری، بهبود بهره وری،کیفیت آب، تصفیه پسماند

تاریخچه مقاله
تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۲/۱۲/۱۹
تاریخ ویرایش مقاله: ۱۴۰۳/۲/۱۱
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۲/۱۴
تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۳/۲/۱۴

تمامی حقوق برای دانشــگاه آزاد اهواز محفوظ است.

* نویسنده مسئول: نرسی نصیرآبادی، گروه شیلات، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

ایمیل:
researcherirany@yahoo.com

استناد: نصیرآبادی، نرسی؛ عسکری‌ساری، ابوالفضل. مروری بر نقش فناوری بیوفلاک برای بهبود بهره‌وری در آبزی‌پروری. مجله زیست شناسی دریا، بهار ۱۴۰۳؛ ۱۶(۱): ۷۵-۸۹

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، صفحات: ۷۵-۸۹
https://jmb.ahvaz.iau.ir

مقدمه

در طول چند دهه گذشته، آبزی‌پروری به سرعت گسترش یافته و به یک بخش عمده کشاورزی در سطح جهان تبدیل شده است (FAO - Food and Agriculture Organization, 2020). افزایش تقاضا برای محصولاتی که از آبزی پروری تهیه می‌شوند، به سمت شکل متمرکزتری از تولید سوق می‌دهد، حتی اگر نگرانی‌هایی را در مورد پیامدهای منفی بالقوه چنین تشدیدی بر اکوسیستم اطراف ایجاد کند. برای حمایت از افزایش جمعیت ماهی در یک فضای محدود، افزایش قابل توجه ای در تأمین خوراک مورد نیاز است. این خوراک معمولاً با استفاده از اجزایی که دارای ارزش غذایی قابل توجه ای هستند، از جمله پودر ماهی و روغن ماهی، فرموله می‌شود (Glencross, 2009). در طول سال‌ها، رویه گنجاندن چنین عناصری در خوراک آبزیان کاهش یافته است. این امر را می‌توان به کاهش تولید شیلات، همراه با نوسانات مشاهده شده در میزان دسترسی و هزینه آن ها نسبت داد (FAO - Food and Agriculture Organization, 2020). در واقع، گنجاندن چنین اجزایی در هنگام تهیه خوراک ماهی، وابستگی به آن مواد خاص را ایجاد می‌کند. این وابستگی مانع قابل توجه ای برای سلامت پایدار جمعیت ماهی‌ها در طبیعت و همچنین پایداری طولانی مدت عملیات آبزی پروری ایجاد می‌کند. در پرورش های سنتی، تضمین خلوص آب اغلب مستلزم مقادیر قابل توجه ای از این منبع است، که باعث ایجاد رقابت با سایر نیازهای کشاورزی و در واقع با روش‌های مختلف استفاده از آب، از جمله نقش حیاتی آن در تأمین آب آشامیدنی انسان، می‌شود. خروج پساب‌ها از استخرهای پرورش ماهی، غنی از مواد مغذی همراه با پتانسیل آلودگی در رودخانه های اطراف می شوند (Dauda et al., 2019).

در سال‌های اخیر، علاقه دانشمندان به اتخاذ رویکردهای پرورش سازگارتر با محیط زیست و از نظر بیولوژیکی سالم برای کاهش پیامدهای منفی شیوه‌های موجود، افزایش یافته است. فناوری بیوفلاک مبتنی بر تحریک رشد باکتری‌های هتروتروف با افزودن مواد آلی کربن‌دار به سیستم پرورش و تنظیم دقیق نسبت کربن به نیتروژن است (Khanjani and Sharifinia, 2020). علاوه بر این، کربوهیدرات‌ها به عنوان یک روش مؤثر برای کاهش اثرات ضایعات نیتروژنی در سیستم‌هایی با تعویض آب صفر یا بسیار کم در آبزی‌پروری شناخته شده‌اند (Emerenciano *et al*., 2017; Khanjani *et al*., 2017). در سیستم بیوفوک، برای انتخاب نوع منبع کربن، باید قابلیت هضم کربوهیدرات، محتوای پروتئین و هزینه هر واحد در نظر گرفته شود .کربوهیدرات‌های پیچیده (مانند: آرد گندم، آرد جو) اغلب حاوی پروتئین‌هایی هستند که هنگام محاسبه کربوهیدرات مورد نیاز برای حفظ نسبت بالای کربن به نیتروژن باید در نظر گرفته شوند (Avnimelech, 2009; Walker *et al*., 2020). ملاحظات بسیار دیگری نیز برای انتخاب منبع کربن وجود دارد، مانند در دسترس بودن، قابلیت هضم و خوش خوراکی، راندمان جذب توسط باکتری‌ها و فراهم زیستی، توانایی پراکنده شدن در آب و مقرون به صرفه بودن است. مواد آلی کربن‌دار باید یا محلول باشند یا به خوبی پودر شوند، تا سرعت ته‌نشینی کاهش و در آب معلق شوند تا دسترسی باکتری‌ها به آن ها بیشتر شود (Khanjani *et al*., 2017). با این حال، استفاده از منابع کربن مختلف در سیستم بیوفلاک اثرات متفاوتی بر کیفیت آب، عملکرد رشد، ترکیبات بیوشیمیایی بدن، فعالیت‌های ایمنی، آنزیم‌های گوارشی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و بیوفلاک تولید شده دارد (Ahmad *et al*., 2016, 2019; Khanjani *et al*., 2017; Bakhshi *et al*., 2018; Panigrahi *et al*., 2019; Khanjani *et al*., 2021a).

توده‌های زیستی (فلوک) به لطف قابلیت‌های بازسازی سریع خود، معیارهای لازم را به عنوان یک منبع غذایی برآورده می‌کنند (Avnimelech & Kochba, 2009) و موجوداتی که قادر به استفاده از این ویژگی‌ها هستند، می‌توانند از طریق استفاده از این روش خاص، رشد کنند (Ekasari et al., 2014). مصرف زیست توده میکروبی توسط ماهی، می‌تواند با استفاده از غذاهایی با پروتئین کمتر (Azim & Little, 2008; Hisano et al., 2019) و استفاده از استراتژی‌های مدیریت غذا با هدف بهره‌وری بهتر در استفاده از غذا (Hisano et al., 2020; P´erez-Fuentes et al., 2018) هزینه‌های تولید را کاهش دهد. مزایای قابل توجه ای در پرورش ماهی در بیوفلاک در مقایسه با آب زلال نشان داده شده است. کاهش ضریب تبدیل غذایی، بهبود عملکرد

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

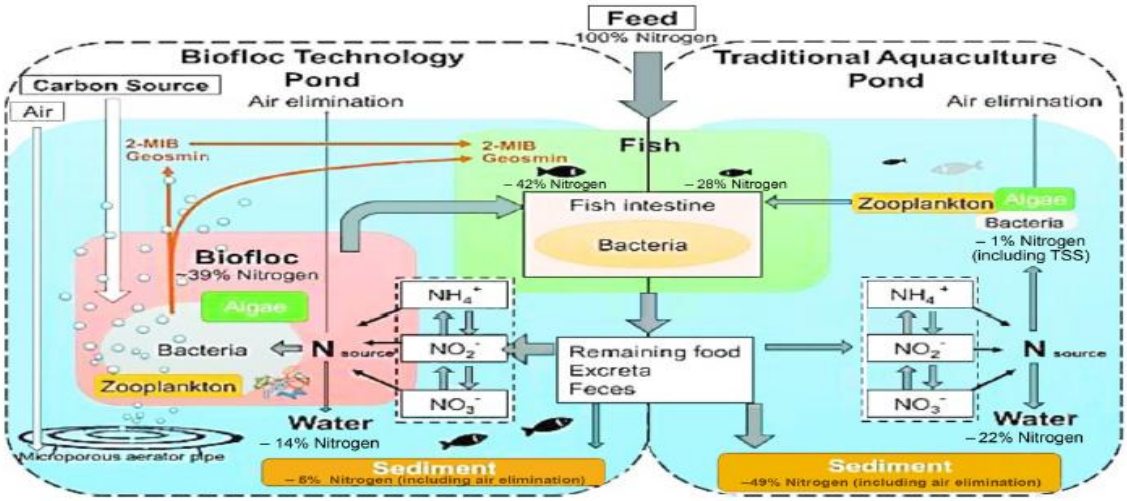
JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، صفحات: ۷۵-۸۹
https://jmb.ahvaz.iau.ir

(Azim & Little, 2008; Long et al., 2015; Menaga et al., 2019; Widanarni et al., 2012) و پاسخ ایمنی ماهی از جمله آن ها هستند (Kim et al., 2018, 2020). وجود اجزای سلولی، متابولیت‌ها و سایر مشتقات میکروارگانیسم‌ها با پتانسیل تحریک سیستم ایمنی (Crab et al., 2012; Kamilya et al., 2017) بهبود سلامت حیوانات (Kim et al., 2018; Yu et al., 2020a)، فعالیت آنزیم های گوارشی (Ezhilarasi et al., 2019; Long et al., 2015) و عملکرد تولید مثلی (Ekasari et al., 2013) را بهبود بخشیده است. در مراحل اولیه رشد، ماهی‌ها برای تأمین نیازهای غذایی خود به غذاهایی با پروتئین بالا نیاز دارند. علاوه بر این، ماهیان جوان بیشتر مستعد ابتلا به بیماری ها هستند، و نیاز به ایمنی زیستی بیشتری در طول پرورش دارند.همچنین، با کاهش تعویض آب و وجود میکروارگانیسم های مفید، می‌توان کنترل بیشتری بر وجود عوامل بیماری‌زا در محیط پرورش اعمال کرد.

در فناوری بیوفلاک هزینه سرمایه گذاری اولیه کمتر نسبت به اکثر سیستم های تولید معمولی دارد، زیرا فقط به نور خورشید، منبع کربن، جلبک و باکتری و هواد هی مداوم نیاز دارد. همچنین، توانایی فناوری بیوفلاک برای آبزی پروری تولید غذای زنده در هچری برای حفظ ثابت ماهی با کیفیت بالا در طول سال مورد استفاده قرار می گیرد (Ogello et al. 2021). در فناوری بیوفلاک بازیافت مواد مغذی و ضایعات نیتروژنی با حفظ نسبت کربن به نیتروژن است. بیوفلاک نه تنها کیفیت آب را حفظ می کند، بلکه تغذیه ضروری و با کیفیت بالاتر را برای ماهیان گرم آبی در دستیابی به رشد سریع، کاهش ضریب غذایی (FCR) و امکان پیشگیری از بیماری ها فراهم می کند (Suneetha et al., 2018).

توسعه فناوری بیوفلاک

این فناوری سازگار با محیط زیست نه تنها برای بهره وری بالاتر بلکه کاربردهای جدید در پرورش آبزیان را دارد (جدول۱) (Abakari et al. 2020a). همچنین، با افزودن کربوهیدرات ها ی مناسب باعث افزایش رشد باکتری های هتروتروف در آب شده و باعث افزایش تولید پروتئین ها می شوند که به منجر به کاهش میکروبیوم های روده گونه پرورشی می شود (Panigrahi et al. 2019b). باکتری های هتروتروف در بیوفلاک رایج ترین اعضای جامعه میکروبی هستند، که ساختار بیوفلاک را تشکیل می دهند. اتوتروف ها نسبت به سایر انواع باکتری ها در این سیستم کمتر است، که به نوبه خود منجر به جریان کمتر نیتروژن ذر استخر می شود. همچنین، اکتینوباکتری ها تشکیل بیوفلاک را تحریک کرده و می توانند برای مزایای ثانویه محافظت در برابر پاتوژن های ماهی ضروری باشند (شکل۱) (Liu et al. 2019).

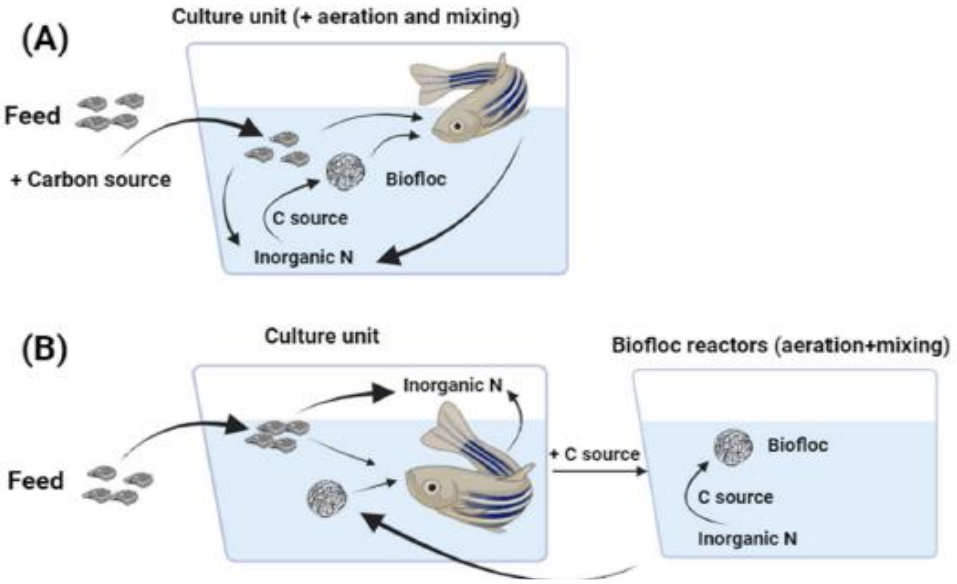


شکل ۱: نقش جوامع میکروبی در فناوری بیوفلاک برای بهبود کیفیت آب و عملکرد ماهی در استخر آب شیرین در داخل و خارج از آب
(Liu et al. 2019)

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، صفحات: ۷۵-۸۹
https://jmb.ahvaz.iau.ir

یکی از جنبه‌های کلیدی در سیستم بیوفلاک، استفاده استراتژیک از کربن است، چه از طریق مکمل‌های خارجی و چه با افزایش محتوای کربن در خوراک است. این فرآیند، همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است، از رشد میکروبی پشتیبانی کرده و چرخه نیتروژن را تسهیل می‌کند.



شکل ۲: نمایش شماتیک چگونگی عملکرد توده‌های زیستی در سیستم‌های آبزی‌پروری (Reprinted from Crab et al., 2012)

نسبت کربن به نیتروژن (C/N) به طور ویژه حیاتی است، زیرا باعث افزایش رشد باکتری‌های هتروتروف شده، که ضایعات نیتروژنی را مصرف کرده و آن را به زیست‌توده میکروبی تبدیل می‌کنند، که این یک منبع تغذیه‌ای اضافی برای گونه‌های پرورش شده است (Crab et al., 2012).

جدول ۱: کاربرد های جدید از فناوری بیوفلاک در پرورش آبزیان

گونه های پرورشی	تکنولوژی مورد استفاده	اثر بر آب	تاثیر بر جانداران آبزی	منابع
Mullet (*Mugil liza*); Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)	بیوفلاک با کشت تلفیقی	نیتریفیکاسیون باکتریایی اصلاح شده؛ کاهش کل جامدات معلق	افزایش رشد کفال، اما اختلال در رشد میگو	(Holanda et al. 2020)
Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)	بیوفلاک بر پایه شکر زرد (Jaggery)	افزایش جذب توسط نیتریفیکاسیون باکتریایی ، تقویت خنثی سازی آمونیاک	بهبود رشد و بقا؛ ایمنی بالاتر نسبت به عفونت *A. hydrophila*، ظرفیت بیشتر آنتی اکسیدانی	(Elayaraja et al. 2020)
Genetically improved Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)	کشت در تانک FRP با باکتری های	غنی سازی پروبیوتیک *Bacillus infantis*, *B. subtilis*, *Exiguobacterium*,	افزایش رشد و بقا؛ بهبود پارامترهای ایمنی	(Menaga et al. 2020)

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، صفحات: ۷۵-۸۹
https://jmb.ahvaz.iau.ir

	پروبیوتیک جدا شده از بیوفلاک	*profundum* , *B. megaterium*		
The Amur minnow (*Rhynchocypris lagowski*)	بیوفلاک با پروتئین	بدون تغییرات قابل توجهی در دما، نیتروژن آمونیاک کل، فسفر کل، $NO^{2-}N$، کاهش pH و اکسیژن محلول	افزایش رشد؛ افزایش پاسخ ایمنی و فعالیت آنزیم های گوارشی؛ بیان بیشتر ژن های مرتبط با آنتی اکسیدان	(Yu et al. 2020)
Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)	بر پایه آرد گندم، آب صفر، تبادل با بیوفلاک	بازیابی موثر و کیفیت آب پایدار بدون بی کربنات سدیم؛ تنوع بالاترباکتریایی	تاثیر درعملکرد رشد	(Kim et al. 2020)
Shrimp (*Litopenaeus vannamei*)	سیستم تانک فوق فشرده مبتنی بر بیوفلاک	در اواخر مرحله غلظت پایین TAN و NO^{2-}_{-N} (< 1.0 mg/l) ، تنوع باکتریایی بالاتر نیتریفیک کننده مختلف در بیوفلوک	عملکرد رشد بهتر در شرایط بیرون نسبت به محیط داخلی	(Xu et al. 2021)
Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)	شاه بلوط (Chestnut) بر پایه پلی فنول ها، بیوفلاک	بدون اطلاعات	بهبود عملکرد رشد؛ بقای بهتر؛ افزایش ایمنی مخاطی و سرم در برابر استرپتوکوکوس آگالاکتیه بیماری زا (*Streptococcus agalactiae)*	(Van Doan et al. 2020)
Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) uveniles	بیوفلاک با پری بیوتیک ها و پروبیوتیک ها	کاهش غلظت نیتریت	میزان بالاتر رشد ویژه، افزایش وزن و وزن نهایی؛ پارامترهای بهتر خونی	(Laice et al. 2021)
Indian major carps, e.g., rohu (*Labeo rohita*), catla (*Catla catla*), and mrigal (*Cirrihinus mrigala*)	بیوفلاک با چند کشت	$NH^{4-}N$, $NO^{2-}N$ و $NO^{3-}N$ در محدوده قابل قبول کیفیت آب	عملکرد مطلوب رشد (میزان بالاتر رشد ویژه)	(Deb et al. 2020)
Juvenile of Cachama blanca (*Piaractus brachypomus*)	بیوفلاک	حفظ کلیه پارامترهای کیفیت آب در محدوده قابل قبول به جز NH^{4-} و NO^{2-}	بهبود عملکرد رشد	(Sandoval-Vargas et al. 2020)
Bluegill (*Lepomis macrochirus*) juveniles	نشاسته ذرت یا بر پایه قند ساکارز، بیوفلاک	کاهش پاتوژن های انسانی؛ افزایش سطح آمونیاک ، کاهش سطح اکسیژن محلول	کاهش عملکرد رشد و میزان مرگ و میر بالاتر	(Fischer et al. 2020)

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، صفحات: ۷۵-۸۹
https://jmb.ahvaz.iau.ir

کاربرد بهینه در سیستم بیوفلاک

فناوری بیوفلاک کاربرد جدیدی را ارائه می دهد، زیرا مواد مغذی را می توان به طور مداوم بازیافت و در محیط آبی حوضچه پرورشی مورد استفاده مجدد قرار داد و از تبادل حداقل یا صفر آب بهره مند شد.

Laice و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که افزودن سین‌بیوتیک‌ها و پروبیوتیک ها به سیستم بیوفلاک، عملکرد رشد و پارامترهای خونی تیلاپیای نیل را بهبود یافت، به طوری که وزن اولیه ماهی از ۳۵ گرم به ۷۷.۲۸ گرم در طول ۴۰ روز افزایش یافت.

Azimi و همکاران (۲۰۲۲) نسبت‌های مختلف کربن/ نیتروژن (۱۵:۱،۱۰:۱و۲۰:۱) را برای کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) ارزیابی کردند، و دریافتند، که نسبت ۲۰:۱ برای پاسخ‌های فیزیولوژیکی، ایمنی و رشد بهینه شد.

Khanjani و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که با افزودن روزانه ملاس به عنوان منبع بیوفلاک تازه منجر به افزایش نرخ رشد، افزایش بهره‌وری و کاهش ۱۵ درصدی هزینه‌ها و در نتیجه افزایش ۲۵ درصدی سودآوری می‌شود.

مطالعه بعدی توسط Khanjani و همکاران (۲۰۲۰) نشان داد که منابع مختلف کربن، از جمله آرد جو، آرد ذرت، ملاس و نشاسته، تأثیر قابل توجه ای بر عملکرد رشد بچه ماهی‌های تیلاپیا نیل ندارند. این یافته‌ها بر کاربردهای متنوع و پتانسیل در سیستم بیوفلاک در افزایش بهره‌وری آبزی پروری تأکید دارند.

Khanjani و همکاران (۲۰۲۳) تجزیه و تحلیل عمیقی از پارامترهای مختلف ایمنی، پروفایل‌های خونی و بیوشیمیایی، مقاومت در برابر پاتوژن‌ها و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در آبزیان پرورش‌یافته در سیستم‌های بیوفلاک ارائه دادند. مطالعه آن ها نشان داد که وجود ارگانیسم‌های میکروبی خاص در سیستم‌های بیوفلاک به عنوان پروبیوتیک‌های طبیعی عمل می‌کنند، و ایمنی ذاتی گونه‌های پرورشی را افزایش می‌دهند. آن ها در مقایسه با آبزی پرورشی بدون سیستم بیوفلاک ، بهبودهای قابل توجه ای در میزان فاگوسیتوز، NBT، MPO، ACH50، سطح کل ایمونوگلوبولین، فعالیت لیزوزیم و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی مانند SOD ، CAT و MDA مشاهده کردند. نتیجه این مطالعه که ماهی‌ها و صدف‌های پرورش یافته در سیستم‌های بیوفلاک مقاومت بیشتری در برابر عوامل بیماری‌زایی مانند *A. hydrophila* ، *V. harveyi*، *S. agalactiae* و *E. tarda* نشان می‌دهند.

Mabroke و همکاران (۲۰۲۱) تأثیر دفعات غذادهی را بر تیلاپیاهای پرورش یافته در سیستم‌های بیوفلاک بررسی کردند. نتایج نشان داد که دو بار غذادهی در روز، استفاده بهینه از خوراک ، کاهش هزینه‌های نیروی کار، بالاترین نرخ بقا (۱۰۰٪) و بالاترین سطح تولید (۱۱.۲۷ کیلوگرم بر متر مکعب) دست می‌یابد. این مطالعه بر مزایای شیوه‌های تغذیه استراتژیک در به حداکثر رساندن کارایی و بهره‌وری در سیستم‌های آبزی‌پروری بیوفلاک تأکید می‌کند.

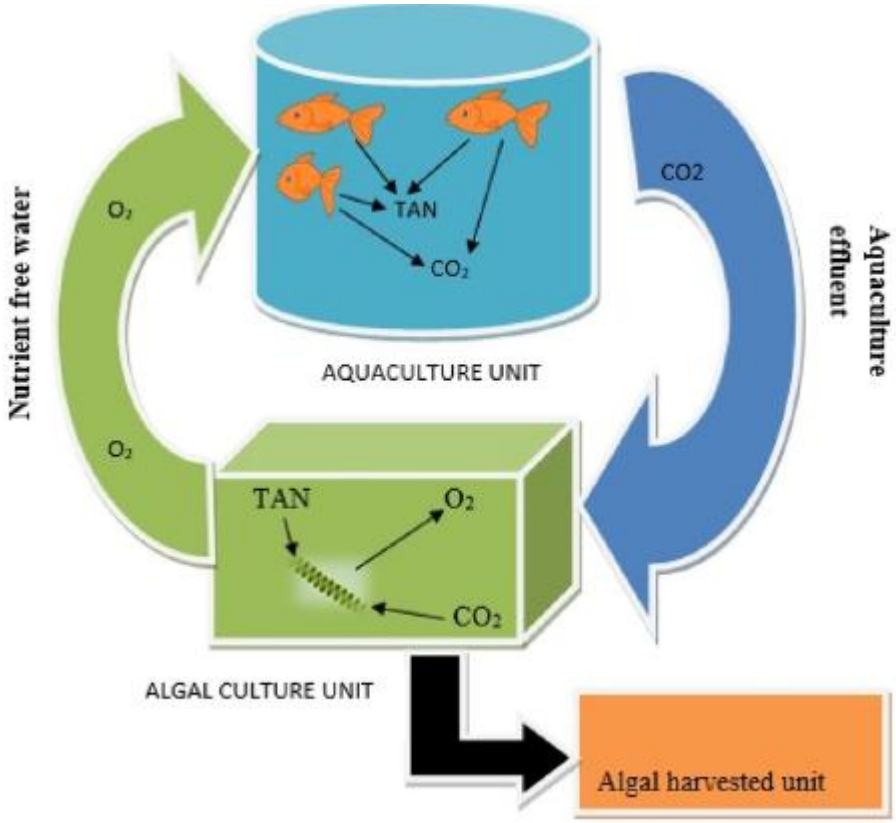
اجزای پرورش جلبک

پرورش جلبک شامل چهار جزء اصلی است: واحد آبزی‌پروری، واحد کشت جلبک، واحد برداشت جلبک و واحد هوادهی است (Yang et al., 2020). یک طرح کلی یک واحد پرورش جلبک در شکل ۳ نشان داده شده است. در این سیستم، ماهی در واحد آبزی پروری پرورش و با خوراک پلت شده تغذیه می‌شود. پساب خروجی در واحد آبزی پروری به دلیل خوراک و فضولات خورده نشده ماهی، شامل غلظت بالایی از آمونیاک، دی‌اکسید کربن و سایر مواد زائد است. تخلیه از واحد آبزی پروری در واحد کشت جلبک به گردش در می‌آید .در واحد کشت جلبک، جلبک ها آمونیاک را مصرف کرده و آن را به پروتئین، اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه (PUFA) ، رنگدانه‌ها و سایر محصولات با ارزش افزوده غنی از مواد معدنی تبدیل می‌کنند (Yang et al., 2020). دی اکسید کربن حاصل از پساب آبزی پروری نیز مصرف شده و اکسیژن را به آب آزاد می‌کند، بنابراین به عنوان یک بیواِیراتور عمل می‌کند.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، صفحات: ۷۵-۸۹
https://jmb.ahvaz.iau.ir

Fang و همکاران (۲۰۱۸) از وجود یک کمپلکس جلبک- باکتری به عنوان کمکی دیگر برای بهبود کیفیت آب در محیط کشت خبر دادند. در مرحله نهایی، آب عاری از مواد مغذی از واحد کشت جلبک از طریق واحد آبزی پروری دوباره به گردش در می‌آید. زیست توده جلبکی به روش‌های مختلفی در واحد برداشت می‌شود، که شامل لخته‌سازی، فیلتراسیون، میکرواسکرین، رسوب‌گذاری ثقلی و سانتریفیوژ از رایج ترین روش‌های برداشت جلبک هستند (Shah et al., 2014).



شکل ۳: طرح کلی یک واحد پرورش جلبک (Yang et al., 2020)

بیوفلاک یک منبع غذایی مهم در سیستم آبزی پروری در گردش (RAS)

سیستم آبزی پروری در گردش (RAS) یک سیستم آبزی پروری مدرن است که می تواند برای پرورش بچه ماهیان در یک محیط با امنیت زیستی برای کمک به طرح های تولید استفاده شود . با این حال، هنوز مبهم است، که چه نوع سیستم آبزی پروری در گردش می تواند، بهترین برای چنین فعالیت هایی باشد.

Vinatea و همکاران (۲۰۱۸) یک مطالعه مقایسه ای بر روی نقش سیستم آبزی پروری در گردش با بیوفلاک برای رشد بچه ماهی *Tinca tinca* نشان داد که جامعه میکروبی در سیستم آبزی پروری در گردش و بیوفلاک متفاوت بوده و تنوع میکروبی در سیستم آبزی پروری در گردش نسبت به بیوفلاک نسبتاً بالاتر است.

Hisano و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه دیگر، عملکرد بیوفلاک در مقابل سیستم آبزی پروری در گردش بر روی تیلاپیا نیل، *Oreochromis niloticus* در تک پرورش و چند پرورشی با میگوی غول پیکر آب شیرین، Macrobra chium rosenbergii مورد ارزیابی قرار گرفت .گزارش شده است که بیوفلاک عملکرد رشد بهتری را برای *O. niloticus* در تک پرورش و چند پرورشی با *M. rosenbergii* در مقایسه با سیستم آبزی پروری در گردش ارائه می‌کند. به دلیل کیفیت تغذیه ای خوب، بیوفلاک خشک شده به عنوان

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، صفحات: ۷۵-۸۹
https://jmb.ahvaz.iau.ir

یک ماده برای جایگزینی پودر ماهی یا سویا تا حدی در خوراک برای آبزیان پیشنهاد می شود. اما در دسترس بودن و تنوع بیوفلاک خشک شده محدود است.

بیوفلاک یک سیستم ایمن و یکپارچه برای بهره وری بالا

طبق گزارشات اخیر بیوفلاک بر پایه شکر زرد (Jaggery-based BFT) در ماهی تیلاپیا نیل ایمنی را در برابر عفونت بیماری‌زایی *Aeromonas hydrophila* از طریق تنظیم داخلی در سلول‌های مختلف ایمنی، ژن‌ها ، آنزیم‌های مرتبط با ایمنی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، افزایش داده است. بنابراین، بیوفلاک بر پایه جاگری قادر به افزایش عملکرد رشد و میزان بقای ماهی تیلاپیا نیل شد (Elayaraja et al. 2020).

Gallardo-Collí و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد که باکتری پروبیوتیک مانند *Bacillus infantis*، *Bacillus subtilis*، *Exiguobacterium profundum* و *Bacillus megaterium* جدا شده از بیوفلاک قادر به افزایش رشد و میزان بقای تیلاپیا نیل با دستکاری ژنتیکی در حین پرورش در مخزن ۵۰۰ لیتری بودند. با این حال، *B. subtilis* و *B. megaterium* ظرفیت آنتی اکسیدانی و ایمنی بهتری نسبت به دو سویه باقی مانده نشان دادند (Menaga et al. 2020). به همین ترتیب، پرورش فشرده ماهی تیلاپیا نیل را می توان با استفاده از آب تخلیه شده از سیستم های بیوفلاک در طول دوره رشد بدون اثرات منفی بر بقای ماهی و عملکرد تولیدی ایجاد کرد. آب تخلیه شده از سیستم بیوفلاک می تواند منبع خوبی برای یک جامعه میکروبی سالم باشد.

مزایا و معایب فناوری بیوفلاک

بیوفلاک دارای مزایای بسیاری است که آن را از دیگر سیستم های پیشرفته پرورش ماهی متمایز می کند، مانند یک سیستم پرورش سازگار با محیط زیست همراه با زهکشی صفر پس از پرورش می باشد. بیوفلاک به دلیل ظرفیت بالا برای کاهش اثرات زیست محیطی، بهبود استفاده موثر از زمین و آب، حفظ کیفیت مناسب آب با حداقل مصرف و تبادل آب در حوضچه های پرورش و خوراک مکمل غنی از پروتئین و کاهش هزینه خوراک تجاری می باشد (Reddy, 2019). مشکلاتی در سیستم بیوفلاک وجود دارد، مانند نیاز فوری به هوادهی بالا که هزینه زیادی دارد، ناهمگونی کیفیت بیوفلاک، که نیاز به افزایش انرژی برای اختلاط و هوادهی می شود. معایب دیگر مانند کاهش زمان پاسخ به دلیل مصرف اکسیژن محلول در آب و میزان تنفس بالا، افزایش ناشی از تجمع نیترات، و نیاز به دوره راه اندازی و مکمل های قلیایی و محدودیت در گونه های پرورشی با این سیستم می باشد (Reddy, 2019). در عمل، استفاده مستقیم از بیوفلاک به عنوان خوراک در ماهیان محدود (به‌ویژه در گونه‌های گوشتخوار) است. این فناوری بیشتر برای میگو و ماهیان فیلترکننده یا همه‌چیزخوار مؤثر است. بیوفلاک نیاز به نگه داری دارد، به طوریکه گاهی اوقات ممکن است بسیار گران باشد. یکی از جدی ترین چالش های پیش روی پایداری سیستم های بیوفلاک، نوسان مداوم کیفیت آب است. هنگامی که سیستم های بیرونی در معرض نور خورشید قرار می گیرند، باعث شکوفایی جلبک ها می شوند، که منجر به نوسانات PH ، DO، CO_2، آمونیاک و TSSمی شود.

نتیجه گیری

فناوری بیوفلاک امکان کشت با تراکم بالا، بازیافت مواد مغذی، به ویژه ضایعات نیتروژنی به زیست‌توده میکروبی در محل، امکان حفظ کیفیت خوب آب را بدون نیاز به تعویض آب یا حداقل تعویض آب را فراهم می‌کند. در سیستم بیوفلاک، توده‌های میکروبی که عمدتاً از میکروارگانیسم‌های هتروتروف تشکیل شده‌اند، پتانسیل عظیمی برای ترویج توسعه بیوفلاک، بهبود کیفیت آب، ایمنی میزبان و مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زای میکروبی دارند. مزایای زیست‌محیطی بیوفلاک تأثیر مثبتی بر مدیریت پسماند در محل خواهد داشت، که از طریق کاهش تعویض آب برای به حداقل رساندن سطح مواد مغذی، تقاضای آب را کاهش می‌دهد. سیستم‌های بیوفلاک بدون نیاز به تعویض آب، هزینه‌های تصفیه آب را تا ۳۰ درصد کاهش می‌دهند، کاهش دوره پرورش، میزان بقا و رشد گونه‌های آبزی را افزایش می‌دهند، که آن را به یک سیستم تولید پایدار تبدیل می‌کنند. همچنین، جداسازی جامعه میکروبی مشتق شده از بیوفلاک، عمدتاً میکروب‌های هتروتروف، و توصیف بیشتر مکانیسم تعامل احتمالی آن ها با محیط، میزبان

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۳، صفحات: ۷۵-۸۹
https://jmb.ahvaz.iau.ir

و میکروب‌های بیماری‌زا، راه‌های جدیدی را باز خواهد کرد و یک فناوری آبزی‌پروری امیدوارکننده برای محیط‌های آبی آینده و مدیریت عوامل بیماری‌زا خواهد بود و احتمالاً منجر به افزایش کلی تولید آبزی‌پروری با تراکم بالا و حداقل یا بدون تعویض آب خواهد شد. این فناوری بیشتر برای میگو و ماهیان فیلترکننده یا همه‌چیزخوار مؤثر است. علاوه بر این، حفظ سیستم بیوفلاک بدون تعویض آب در بلندمدت دشوار است، که نیاز به مدیریت سنجش قلیائی، اکسیژن محلول در آب و بار مواد آلی است. این سیستم بخاطر هوادهی بالا و انرژی هنوز باید مورد بررسی قرار گیرد. انتشار منظم یافته‌های تحقیقاتی برای پرورش دهندگان برای شیوه‌های مدیریتی و پرداختن به چالش‌های عملیاتی آن ضروری است.

تضاد منافع

نویسندگان هیچ گونه ارتباط مالی یا شخصی با افراد یا سازمان‌های دیگر را گزارش نمی‌کنند،که ممکن است بر محتوای این مقاله تأثیر منفی بگذارد.

References

1. Abakari, G., Luo, G., Kombat, E.O., 2020a. Dynamics of nitrogenous compounds and their control in biofloc technology (BFT) systems: A review. Aquacult Fish. 2020a; Article in Press. https://doi.org/10.1016/j.aaf.2020.05.005.

2. Ahmad, I., Verma, A.K., Babitha Rani, A.M., Rathore, G., Saharan, N. and Gora, A.H. 2016. Growth, non-specific immunity and disease resistance of *Labeo rohita* against Aeromonas hydrophila in biofloc systems using different carbon sources. *Aquaculture*, 457, 61-67. DOI:10.1016/j.aquaculture.2016.02.011.

3. Ahmad, I., Leya, T., Saharan, N., Asanaru Majeedkutty, B.R., Rathore, G., Gora, A.H., Bhat, I.A., and Verma, A.K., 2019. Carbon sources affect water quality and haemato-biochemical responses of *Labeo rohita* in zero-water exchange biofloc system. *Aquaculture research*, 50, 2879-2887. DOI:10.1111/are.14241.

4. Avnimelech, Y., 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal discharge bioflocs technology ponds. Aquaculture, 264, 140–147. https://doi.org/10.1016/j. aquaculture.2006.11.025.

5. Avnimelech, Y., Kochba, M., 2009. Evaluation of nitrogen uptake and excretion by tilapia in bio floc tanks, using 15N tracing. *Aquaculture, 287*, 163–168. https://doi. org/10.1016/j.aquaculture.2008.10.009.

6. Azim, M. E., & Little, D. C., 2006. Intensifying aquaculture production through new approaches to manipulating natural food. CAB Rev. Perspect. Agric. Vet. Sci. Nutr. Nat. Resour., 62, 1–22. https://doi.org/10.1079/PAVSNNR20061062.

7. 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. https://doi.org/10.1016/j. aquaculture.2008.06.036.

8. Azimi, A., Shekarabi, S.P.H., Paknejad, H et al., 2022. Various carbon/nitrogen ratios in a biofloc-based rearing system of common carp (*Cyprinus carpio*) fingerlings: Effect on growth performance, immune response, and serum biochemistry. Aquaculture. 548: 737622.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

9. Bakhshi, F, Najdegerami, E.H., Manaffar, R., Tokmechi, A., Farah, K.R. and Jalali, A.S., 2018. Growth performance, haematology, antioxidant status, immune response and histology of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fed biofloc grown on different carbon sources. *Aquaculture Research*, 49, 393–403. DOI:10.1111/are.13469.

10. Crab, R., Defoirdt, T., Bossier, P., & Verstraete, W., 2012. Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. *Aquaculture, 356–357*, 351–356. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.04.046.

11. Dauda, A. B., Ajadi, A., Tola-Fabunmi, A. S., & Akinwole, A. O., 2019. Waste production in aquaculture: Sources, components and managements in different culture systems. *Aquaculture and Fisheries, 4*, 81–88. https://doi.org/10.1016/j.aaf.2018.10.002.

12. Deb, S., Noori, M.T., Rao, P.S., 2020. Application of biofloc technology for Indian major carp culture (polyculture) along with water quality management. Aquacult Eng. 2020 Nov;91:102106. https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2020.102106.

13. Ebeling, J. M., Timmons, M. B., & Bisogni, J. J., 2006. Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems. Aquaculture, 257, 346–358. https://doi. org/10.1016/j.aquaculture.2006.03.019.

14. Ekasari, J., Angela, D., Waluyo, S. H., Bachtiar, T., Surawidjaja, E. H., Bossier, P., & De Schryver, P., 2014. The size of biofloc determines the nutritional composition and the nitrogen recovery by aquaculture animals. *Aquaculture, 426–427*, 105–111. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.01.023.

15. Ekasari, J., Zairin, M., Putri, D. U., Sari, N. P., Surawidjaja, E. H., & Bossier, P., 2013. Biofloc-based reproductive performance of Nile tilapia Oreochromis niloticus L. broodstock. Aquaculture Research, 46, 509–512. https://doi.org/10.1111/are.12185.

16. Ekasari, J., Angela, D., Waluyo, S.H., Bachtiar, T., Surawidjaja, E.H., Bossier, P. and De Schryver, P., 2014. The size of biofloc determines the nutritional composition and the nitrogen recovery by aquaculture animals. *Aquaculture*, 426, 105–111.

17. Elayaraja, S., Mabrok, M., Algammal, A., Sabitha, E., Rajeswari, M.V., Zágoršek, K., Ye. Z., Zhu, S., Rodkhum, C., 2020. Potential influence of jaggery-based biofloc technology at different C:N ratios on water quality, growth performance, innate immunity, immune-related genes expression profiles, and disease resistance against *Aeromonas hydrophila* in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Fish Shellfish Immunol. 2020 Dec;107 Pt A:118–128. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.09.023.

18. Emerenciano, M.G.C., Martínez-Córdova, L.R., Martínez-Porchas M. and Miranda-Baeza, A., 2017. Biofloc technology (BFT): a tool for water quality management in aquaculture. In: Water quality. InTech, pp. 91-109.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

19. Ezhilarasi, V., Verma, A. K., Babitharani, A. M., Harikrishna, V., Chandrakant, M. H., Ahmad, I., & Nageswari, P., 2019. Effect of different carbon sources on growth, non-specific immunity and digestive enzyme activity of amur carp (*Cyprinus rubrofuscus* lacepede 1803) fingerlings in biofloc based rearing system using inland saline groundwater. *Indian Journal of Fisheries, 66*, 85–92. https://doi.org/10.21077/ ijf.2019.66.3.86206-11.

20. Fang, Y., Chen, X., Hu, Z., Liu, D., Gao, H., Nie, L., 2018. Effects of hydraulic retention time on the performance of algal-bacterial-based aquaponics (AA): focusing on nitrogen and oxygen distribution. Appl. Microbiol. Biotechnol. 102, 9843–9855. https://doi.org/10.1007/s00253-018-9338-1.

21. FAO - Food and Agriculture Organization., 2020. The state of world fisheries and aquaculture 2020. Sustainability in action. https://doi.org/10.4060/ca9229en. Rome.

22. Fischer, H., Romano, N., Renukdas, N., Egnew, N., Sinha, A.K., Ray, A.J., 2020. The potential of rearing juveniles of bluegill, *Lepomis macrochirus*, in a biofloc system. Aquacult Rep. 2020 Jul;17:100398. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100398.

23. Gallardo-Collí, A., Pérez-Rostro, C.I., Hernández-Vergara, M.P., 2019. Reuse of water from biofloc technology for intensive culture of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): effects on productive performance, organosomatic indices and body composition. Int Aquatic Research. 2019 Mar;11(1):43–55. https://doi.org/10.1007/s40071-019-0218-9.

24. Glencross, B. D., 2009. Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species. Reviews in Aquaculture, 1, 71–124. https://doi.org/10.1111/ j.1753-5131.2009.01006.x.

25. Hargreaves, J. A., 2006. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture. Aquacultural aquaeng.2005.08.009.

26. Hisano, H., Barbosa, P.T.L., Hayd, L.A., 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. 2019 Dec;11(4):335–346. https://doi.org/10.1007/s40071-019-00242-2.

27. Hisano, H., Parisi, J., Cardoso, I. L., Ferri, G. H., & Ferreira, P. M. F., 2019. Dietary protein reduction for Nile tilapia fingerlings reared in biofloc technology. *Journal of the World Aquaculture Society*, 1–11. https://doi.org/10.1111/jwas.12670.

28. Hisano, H., Pinheiro, V. R., Losekann, M. E., & Moura e Silva, M. S. G., 2020. Effect of feeding frequency on water quality, growth, and hematological parameters of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* reared using biofloc technology. *Journal of Applied Aquaculture, 33*, 96–110. https://doi.org/10.1080/10454438.2020.1715909.

29. Holanda, M., Santana, G., Furtado, P., Rodrigues, R.V., Cerqueira, V.R., Sampaio, L.A., Wasielesky, W. Jr., Poersch, LH. 2020. Evidence of total suspended solids control by *Mugil liza*

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

reared in an integrated system with pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* using biofloc technology. Aquacult Rep. 2020 Nov;18:100479. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100479.

30. Kamilya, D., Debbarma, M., Pal, P., Kheti, B., Sarkar, S., & Singh, S. T., 2017. Biofloc technology application in indoor culture of *Labeo rohita* (Hamilton, 1822) fingerlings: The effects on inorganic nitrogen control, growth and immunity. *Chemosphere, 182*, 8–14. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.05.021.

31. Khanjani, M.H., Sajjadi, M.M., Alizadeh, M. and Sourinejad, I., 2017. Nursery performance of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) cultivated in a biofloc system: the effect of adding different carbon sources. *Aquaculture Research*, 48, 1491-1501. DOI:10.1111/are.12985**.**

32. Khanjani, M.H., Sharifinia, M., Hajirezaee, S., 2020. Effects of different salinity levels on water quality, growth performance and body composition of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) cultured in a zero water exchange heterotrophic system. Ann Anim Sci.20(4):1471–86.

33. Khanjani, M.H., Sharifinia, M., Emerenciano, M.G.C., 2023. A detailed look at the impacts of biofloc on immunological and hematological parameters and improving resistance to diseases. Fish Shellfish Immunol. 108796.

34. Khanjani, M.H., Alizadeh, M., Mohammadi, M., Sarsangi Aliabad, H., 2020. Culture of Nile tilapia fish *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) in a biofloc production system and its effects on water quality. Univ Jiroft Res Proj. 2020;No Grant 4813–98–3.

35. Khanjani, M.H, Alizadeh, M. and Sharifinia, M., 2021a. Effects of different carbon sources on water quality, biofloc quality, and growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings in a heterotrophic culture system. *Aquaculture International.* 29: 307- 321. DOI: 10.1007/s10499-020-00627-9.

36. Kim, J. H., Kim, S. K., & Kim, J. H., 2018. Bio-floc technology application in flatfish *Paralichthys olivaceus* culture: Effects on water quality, growth, hematological parameters, and immune responses. *Aquaculture, 495*, 703–709. https://doi.org/ 10.1016/j.aquaculture.2018.06.034.

37. Kim, Y-S., Kim, S-E., Kim, S-J., Jung, H-K., Park, J., Jeon, Y.J., Kim, D-H., Kang, J-H., Kim, K-H., 2020. Effects of wheat flour and culture period on bacterial community composition in digestive tracts of *Litopenaeus vannamei* and rearing water in biofloc aquaculture system. Aquaculture. 2021;531:735908. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735908.

38. Kumar, A., Reddy, A., Rani, A., Rathore, G., Lakra, W., Jayant, M., 2019. Water quality and nutrient dynamics of biofloc with different C/N ratios in inland saline water. J Animal Res. 2019 Oct 15;9(5):783–791. https://doi.org/10.30954/2277-940X.05.2019.23.

39. Laice, L.M., Corrêa Filho, R.A.C.C., Ventura, A.S., Farias, K.N.N., Silva, A.L.N., Fernandes ,C.E., Silva, A.C.F., Barbosa, P.T.L., de Souza, A.I., Emerenciano, M.G.C., et al.,

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

2021. Use of symbiotics in biofloc (BFT)-based Nile tilapia culture: production performance, intestinal morphometry and hematological parameters. Aquaculture. 2021 Jan;530:735715. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735715.

40. Liu, H., Li, H., Wei, H., Zhu, X., Han, D., Jin, J., Yang, Y., Xie, S., 2019. Biofloc formation improves water quality and fish yield in a freshwater pond aquaculture system. Aquaculture. 2019 May;506:256–269. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.03.031.

41. Long, L., Yang, J., Li, Y., Guan, C., & Wu, F., 2015. Effect of biofloc technology on growth, digestive enzyme activity, hematology, and immune response of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture, 448*, 135–141. https:// doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.05.017.

42. Menaga, M., Felix, S., Charulatha, M., Gopalakannan, A., & Panigrahi, A., 2019. Effect of in-situ and ex-situ biofloc on immune response of Genetically Improved Farmed Tilapia. *Fish & Shellfish Immunology, 92*, 698–705. https://doi.org/10.1016/j. fsi.2019.06.031.

43. Menaga, M., Felix, S., Charulatha, M., Gopalakannan, A., Mohanasundari, C., Boda, S., 2020. *In vivo* efficiency of *Bacillus* sp. isolated from biofloc system on growth, haematological, immunological and antioxidant status of genetically improved farmed tilapia (GIFT). Indian J Exp Biol. 2020;58(10):714–721.

44. Mabroke, R.S., Zidan, A.E.N.F., Tahoun, A.A et al., 2021. Feeding frequency affect feed utilization of tilapia under biofloc system condition during nursery phase. Aquac Rep.19: 100625.

45. Nobile, A. B., Cunico, A. M., Vitule, J. R. S., Queiroz, J., Vidotto-Magnoni, A. P., Garcia, D. A. Z., Orsi, M. L., Lima, F. P., Acosta, A. A., Silva, R. J., Prado, F. D., Porto- Foresti, F., Brand˜ao, H., Foresti, F., Oliveira, C., & Ramos, I. P., 2019. Status and recommendations for sustainable freshwater aquaculture in Brazil. *Reviews in aquaculture, 1–23*. https://doi.org/10.1111/raq.12393.

46. Ogello, E.O., Outa, N.O., Obiero, K.O., Kyule, D.N., Munguti, J.M., 2021. The prospects of Biofloc Technology (BFT) for sustainable aquaculture development. Sci Afr 14(November):e01053. https:// doi. org/ 10. 1016/J. SCIAF. 2021. E01053.

47. P´erez-Fuentes, J. A., P´erez-Rostro, C. I., Hern´andez-Vergara, M. P., & Monroy- Dosta, M. C., 2018. Variation of the bacterial composition of biofloc and the intestine of Nile tilapia Oreochromis niloticus, cultivated using biofloc technology, supplied different feed rations. Aquaculture Research, 49, 3658–3668. https://doi. org/10.1111/are.13834.

48. Panigrahi, A., Das, R.R., Sivakumar, M.R., Saravanan, A., Saranya, C., Sudheer, N.S., Kumaraguru Vasagam, K.P., Mahalakshmi, P., Kannappan, S., Gopikrishna, G., 2020. Bio-augmentation of heterotrophic bacteria in biofloc system improves growth, survival, and immunity of Indian white shrimp *Penaeus indicus*. Fish Shellfish Immunol. 2020 Mar;98:477–487. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.01.021.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

49. Panigrahi, A., Sundaram, M., Chakrapani, S., Rajasekar, S., Syama Dayal, J., Chavali, G., 2019b. Effect of carbon and nitrogen ratio (C:N) manipulation on the production performance and immunity of Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) in a biofloc-based rearing system. Aquacult Res. 2019b Jan;50(1):29–41. https://doi.org/10.1111/are.13857.

50. Panigrahi, A., Sundaram, M., Saranya, C., Satish Kumar, R., Syama Dayal, J., Saraswathy, R., Otta, S.K., Shyne Anand, P.S., Nila Rekha, P. and Gopal, C., 2019. Influence of differential protein levels of feed on production performance and immune response of pacific white leg shrimp in a biofloc–based system. Aquaculture, 503, 118-127. DOI:10.1016/j.aquaculture.2018.12.036.

51. Reddy, J., 2019. Biofloc fish farming advantages, Training in India [Internet]. 2019 [cited 2020 May]. Available from https://www.agrifarming.in/biofloc-fish-farming-advantages-training-in-india.

52. Sandoval-Vargas, L.Y., Jiménez-Amaya, M.N., Rodríguez-Pulido, J., Guaje-Ramírez, D.N., Ramírez-Merlano, J.A., Medina-Robles, V.M., 2020. Applying biofloc technology in the culture of juvenile of *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818): effects on zootechnical performance and water quality. Aquacult Res. 2020 Sep;51(9):3865–3878.https://doi.org/10.1111/are.14734.

53. Shah, J.H., Deokar, A., Patel, K., Panchal, K., Mehta, A.V., 2014. A comprehensive overview on various method of harvesting microalgae according to Indian perspective. Int. Conf. Multidiscip. Res. Pract. Vol. 1, 313–317. ⟨http://www. rsisinternational.org/Issue7/313-317.pdf.

54. Suneetha, K & Kavitha K & Chatla, D., 2018. Biofloc Technology: An emerging tool for sustainable aquaculture. *International Journal of Zoology Studies*, 87-90.

55. Van Doan, H., Hoseinifar, S.H., Hung, T.Q., Lumsangkul, C., Jaturasitha, S., Ehab, El-Haroun, Paolucci M., 2020. Dietary inclusion of chestnut (*Castanea sativa*) polyphenols to Nile tilapia reared in biofloc technology: impacts on growth, immunity, and disease resistance against Streptococcus agalactiae. Fish Shellfish Immunol. 2020 Oct;105:319–326. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.07.010.

56. Vinatea, L. Malpartida, J., Carbó, R., Andree, K.B., Gisbert, E., Estévez, A., 2018. A comparison of recirculation aquaculture systems versus biofloc technology culture system for on-growing of fry of Tinca tinca (Cyprinidae) and fry of grey *Mugil cephalus* (Mugilidae). Aquaculture. 2018 Jan;482:155–161. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.09.041.

57. Walker, D.A.U., Suazo, M.C.M. and Emerenciano, M.G.C., 2020. Biofloc technology: principles focused on potential species and the case study of Chilean river shrimp Cryphiops caementarius. Reviews in Aquaculture, 12(3), 1752-1782. DOI:10.1111/raq.12408.

58. Widanarni, Ekasari, J., & Maryam, 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. https://doi.org/10.4308/hjb.19.2.73.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

59. Xu, W., Xu, Y., Su, H., Hu, X., Xu, Y., Li, Z., Wen, G., Cao, Y., 2021. Production performance, inorganic nitrogen control and bacterial community characteristics in a controlled biofloc-based system for indoor and outdoor super-intensive culture of *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture. 2021 Jan;531:735749. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735749.

60. Yang, L., Wang, R., Lu, Q., Liu, H., 2020. "Algaquaculture" integrating algae-culture with aquaculture for sustainable development. J. Clean. Prod. 244, 118765. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118765.

61. Yu, Z., Dai, Z. Y., Qin, G. X., Li, M. Y., & Wu, L. F., 2020a. Alleviative effects of dietary microbial floc on copper-induced inflammation, oxidative stress, intestinal apoptosis and barrier dysfunction in Immunology, 106, 120–132. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.07.070.

62. Yu, Z., Huang, Z.Q., Du, H.L., Li, H.J., Wu, L.F., 2020. Influence of differential protein levels of feed on growth, copper-induced immune response and oxidative stress of *Rhynchocypris lagowski* in a biofloc-based system. Aquacult Nutr. 2020 Dec;26(6):2211–2224. https://doi.org/10.1111/anu.13158.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]