



Original Research Paper

Comparison of traditional methods with the technology of using water-improving probiotics *Bacillus* and Sodium bicarbonate in reducing the inflow of effluent resulting from multiple shifts of shrimp pond water into the waters of the Persian Gulf

Mahsa Salehi *, Gholamreza Rafiee, Alireza Mirvaqefi

Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Key Words

Water improvers
Probiotics
Shrimp effluent
Water exchange
Persian Gulf

Abstract

Introduction: The development of shrimp farming activities in the Persian Gulf watershed has caused a lot of effluent to enter the Persian Gulf during the shrimp farming season using traditional methods. In addition to damaging the aquatic ecosystem, the entry of effluent into the Persian Gulf also causes a lot of damage to fish farms in cages. This study was conducted in the southern Rood-e-Shoor of Bushehr province with the aim of using water improvement technology to enhance physicochemical performance of water and to diminish the pollution load of effluent from *Vannamei* shrimp farms.

Materials & Methods: Four experimental treatments including the first treatment (control) without adding probiotics *Bacillus* (P) and sodium bicarbonate (B) to water, 2 (B=10 kg/ha, P=2.25×10¹⁰ cfu.ml⁻¹) and 3 (B=20kg/ha, P=4.5×10¹⁰ cfu.ml⁻¹) and 4 (B=30kg/ha, P=6.75×10¹⁰ cfu.ml⁻¹) were examined.

Results: After nurture period, important physicochemical indicators of water were analyzed, and their results showed a significant difference compared to the control group (P<0.05). Nitrite and turbidity which are two important indicators of organic matter and water effluent compared to other indicators showed a significant decrease due to the performance and type of probiotic and its appropriate time of consumption during the breeding period. In this method, probiotic technology was used to clean and improve the water in the pool itself, in other words, one stage before the effluent enters the drains and there was enough time to reduce pollution in the shrimp farming pond. As a result, in comparison with the traditional method of nurture with new technology, on the one hand, the ecosystem of shrimp farms is in equilibrium and on the other hand, with the exit of this water from the Persian Gulf ecosystem farm, it is not affected by pollution pressures.

Conclusion: In general, the technical methods of using water-improving probiotics reduced the amount of pollution in the effluent into the sea and reduced the change of water in the ponds and could play a very important role in maintaining the ecological balance of the Persian Gulf.

* Corresponding Author's email: mahsa.salehi@ut.ac.ir

Received: 18 December 2021; Reviewed: 16 January 2022; Revised: 16 March 2022; Accepted: 15 April 2022

(DOI): [10.22034/AEJ.2022.334154.2778](https://doi.org/10.22034/AEJ.2022.334154.2778)

مقاله پژوهشی

مقایسه روش‌های سنتی با تکنولوژی استفاده از پروبیوتیک بهبوددهنده آب باسیلوس و بیکربنات سدیم در کاهش ورود پساب حاصل از تعویض‌های متعدد آب استخر پرورش میگو به آب‌های خلیج فارس

مهسا صالحی^{*}، غلامرضا رفیعی، علیرضا میروافقی

گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

چکیده

کلمات کلیدی

بهبوددهنده آب
پروبیوتیک
پساب میگو
تعویض آب
خلیج فارس

مقدمه: توسعه فعالیت‌های پرورش میگو در حوضه آبریز خلیج فارس موجب شده با استفاده از روش‌های سنتی پساب زیادی در دوران پرورش میگو به خلیج فارس وارد شود. ورود پساب به خلیج فارس علاوه بر خسارت بر اکوسیستم آبریزان، به مزارع پرورش ماهی در قفس نیز زیان‌های بسیاری را وارد می‌کند. این تحقیق در رود شور جنوبی استان بوشهر با اهداف استفاده از فناوری پاکسازی بهبوددهنده آب بر افزایش عملکرد فیزیوشیمیایی آب و کاهش بار آلودگی پساب خروجی از مزارع پرورش میگو و انامی انجام شد.

مواد و روش‌ها: چهار تیمار آزمایشی شامل تیمار اول (شاهد) بدون اضافه کردن پروبیوتیک باسیلوس (P) و بیکربنات سدیم (B) به آب، تیمار دوم ($B=10 \text{ kg/ha}$, $P=2/25 \times 10^8 \text{ cfu.ml}^{-1}$), تیمار سوم ($B=20 \text{ kg/ha}$, $P=4/5 \times 10^8 \text{ cfu.ml}^{-1}$) و تیمار چهارم ($B=30 \text{ kg/ha}$, $P=6/75 \times 10^8 \text{ cfu.ml}^{-1}$) مورد بررسی قرار گرفت. بعد از انجام دوره پرورش، شاخص‌های مهم فیزیوشیمیایی آب مورد آنالیز قرار گرفت.

نتایج: نتایج حاصل از آمونیاک، نیتريت، نترات و کدورت نسبت به گروه شاهد اختلاف معنی‌داری نشان داد ($P<0/05$). نیتريت و کدورت دو شاخص مهم بارآلی و پساب خروجی آب نسبت به سایر شاخص‌ها کاهش قابل ملاحظه‌ای را نشان داد که به دلیل عملکرد و نوع پروبیوتیک بهبوددهنده و زمان مناسب مصرف آن در طی دوران پرورش بود. در این روش استفاده از فناوری پروبیوتیک پاکسازی و بهبوددهندگی آب در خود استخر انجام می‌گیرد، به عبارتی یک مرحله قبل از ورود پساب به زهکش‌ها و زمان کافی برای کاهش آلاینده‌گی در خود استخر پرورش میگو دارد. در نتیجه، در مقایسه روش سنتی پرورش با تکنولوژی جدید از یک سو اکوسیستم مزارع پرورش میگو در تعادل استخر قرار می‌گیرد و از سوی دیگر با خروج این آب از مزرعه اکوسیستم خلیج فارس تحت تاثیر فشارهای آلودگی خروج پساب مزارع پرورشی قرار نمی‌گیرد.

بحث و نتیجه‌گیری: به‌طور کلی، روش‌های فنی استفاده از پروبیوتیک بهبوددهنده آب موجب کاهش میزان آلودگی پساب ورودی به دریا و کاهش تعویض آب استخرها شد و می‌تواند در حفظ تعادل اکولوژیک خلیج فارس نقش بسیار مهم داشته باشد.

مقدمه

در سالیان اخیر تعدادی مزارع پرورش ماهی در قفس در دریا فعالیت‌های خود را آغاز نموده و تعداد این مزارع در حال افزایش و سرمایه‌گذاری‌های زیادی در این خصوص انجام گرفته است، از سوی دیگر پساب مزارع پرورش میگو با حجم زیادی از مواد مضر وارد دریا شده و چون اغلب این مزارع در فاصله نزدیک به ساحل معمولاً در عمق‌های ۳۰ متری قفس‌های دریایی نصب می‌شوند، صدمات و آسیب‌های زیادی به این فعالیت در دریا می‌رسانند (۱). از این‌رو هر چه تراکم مزارع پرورش میگو افزایش یابد میزان تعویض آب و خروج پساب نیز افزایش می‌یابد. در این صورت احتمال انتقال آلودگی و بیماری‌ها از یک مزرعه به مزرعه دیگر و یا یک مجتمع به مجتمع‌های مجاور و احتمال بروز همه‌گیری بیماری‌های مسری میگو مانند لکه سفید در منطقه افزایش می‌یابد (۲). هم‌چنین جمعیت ماهیان سطح زی، میان‌زی و کف‌زی نیز از این پساب آسیب می‌بینند به‌خصوص مناطق جنگل‌های حرا که از لحاظ اکولوژی بسیار استراتژیک‌اند و به عنوان هجری یا زیستگاه زاد و ولد آبزیان و بسیاری از موجودات زنده که در حاشیه ساحلی تا مجاورت دریا قرار دارند به دلیل رسوبات پساب با مشکلات زیادی روبرو شدند (۳). پروبیوتیک‌های بهبود دهنده آب می‌تواند کیفیت آب محیط پرورش آبزیان را بهبود بخشد و هم‌چنین باعث مهار عوامل بیماری‌زا در آب و در نتیجه تولید در واحد سطح را افزایش دهد (۴). در سال‌های اخیر بهبود کیفیت آب با استفاده از گونه‌های باسیلوس بررسی شده است و مطالعات نشان می‌دهد که استفاده از گونه‌های باسیلوس کیفیت آب را بهبود بخشیده است (۵). به‌همین دلیل پروبیوتیک‌ها ضایعات و باقی‌مانده فعالیت‌های پرورش میگو در استخر از بین می‌برند (۶). فناوری پروبیوتیک‌های بهبود دهنده آب توانسته نسبت به تولید زیستی مزارع پرورش میگو کیفیت آب را بهبود بخشد (۷). این ترکیب پروبیوتیک غالب باسیلوس که در جدول ۱ اشاره شده است جهت از بین بردن لجن‌های باقی‌مانده بستر استخر که می‌تواند حاصل ضایعات تجمع یافته در کف استخرهای پرورشی باشد. به‌ویژه برای حوضچه‌هایی که لجن‌هایی سفت و صخره‌ای دارند و جاهایی که وکیوم و تمیز کردن آن‌جا غیر ممکن باشد. پودر بیکربنات سدیم جهت مکمل ترکیبی برای افزایش اثر پروبیوتیک آب‌مورد استفاده قرار گرفت. براساس مستندات موجود در مواد پروبیوتیک این امکان را به پرورش دهنده میگو می‌دهد که بتواند عوامل زیان‌بار استخر را خنثی کند و با استفاده از هوادهی تعویض آب را به حداقل یا صفر برساند. لذا این کار موجب کاهش ورود حجم انبوهی از آب‌های پساب مزارع پرورش میگو به خلیج فارس شده که در ابتدا اکولوژی خلیج فارس به فاز تعادل برمی‌گردد و

علاوه بر آن تعویض آب کم‌تری در مزارع پرورش انجام می‌گیرد (۸). تعویض آب با وجود حل برخی مشکلات پرورش‌دهندگان در کاهش بار آلودگی استخر معایبی هم برای آن‌ها دارد و ورود آب جدید می‌تواند موجب استرس حرارتی و یا ورود برخی باکتری‌ها و عوامل ناخواسته به استخرها گردد (۹). هم‌چنین، تعویض آب مکرر موجب به‌هم زدن فیزیکی کوشیمیایی مداوم آب و استرس به میگو می‌شود. امروزه توسعه سریع آبی‌پروری موجب احداث تعداد زیادی مزارع جدید در کشور گردیده است. متأسفانه بخش عمده‌ای از این مزارع به دلیل شوری و یا تامین اکسیژن به دلیل نبود هوادهی مناسب به تعویض آب مکرر در طول هفته و در طی دوره پرورش می‌پردازند. مقادیر زیاد مواد آلی تولید شده در استخرها، از قبیل غذای خورده نشده از طریق میگو و مواد دفعی معلق و محلول موجب ایجاد پساب در مزارع پرورش میگو می‌شود. آب خروجی مزارع پرورش میگو یکی از بزرگ‌ترین پتانسیل تأثیرات نامطلوب زیست محیطی است که به دلیل غلظت‌های بالای مواد غذایی تخلیه شده به کانال‌های خروجی باعث بروز پدیده بوتروفیکاسیون در بدنه آبی می‌گردد (۱۰). حجم زیادی از پساب این مزارع به خلیج فارس وارد شده و هیچ‌گونه فیلتراسیونی در این مسیر وجود ندارد که موجب تأثیرات منفی و به‌هم خوردن اکولوژی خلیج فارس می‌گردد. منطقه خلیج فارس به دلیل کم عمق بودن و محصور بودن با شدت تبخیر زیادی نیز در تابستان روبرو است و متأسفانه زمان پرورش میگو نیز در این زمان توأم شده است. لذا با توجه به توسعه و افزایش تعداد مزارع میگو از یک‌سو که به‌عنوان مثال می‌توان مجتمع پرورش میگو بندرلنگه با مساحت ۸۸۰۰ هکتار را اشاره کرد که در آینده نزدیک به مجموع تولیدات میگو اضافه می‌شود و هم‌چنین بسیاری از مزارع و سایت‌های دیگر مانند رود شور جنوبی و شمالی و سایر موارد به آلودگی‌های ورودی منطقه خلیج فارس افزوده می‌شود. در این تحقیق با توجه به خروج پساب‌های حاصل از مزارع پرورش میگو به‌روش سنتی که اکولوژی خلیج فارس را به‌هم می‌ریزد با کمک استفاده از فناوری پروبیوتیک بهبوددهنده آب در مزارع پرورش میگو از ورود پساب‌های ضایعات به خلیج فارس جلوگیری می‌نماید. در این پژوهش پروبیوتیک تجاری جهت پاکسازی آب و از بین بردن آمونیاک و ترکیبات نیتريت و نیترات حاصل از بقایای غذای مصرف نشده و مدفوع و ضایعات در استخرهای پرورش میگو مورد استفاده قرار گرفت (۱۱).

جدول ۱: سویه‌های غالب ترکیب پروبیوتیک

Bacillus amyloliquefaciens (Heterotrophic Bacteria)	۱
Clostridium butyricum	۲
Desulfovibrio aminophilus (Anaerobic Bacteria)	۳
Rhodopseudomonas faecalis (Photosynthetic Bacteria)	۴

مواد و روش‌ها

این پژوهش در استخرهای پرورشی میگو وانامی استان بوشهر شهرستان گناوه در سایت مستقل طرح هشت در مجاورت دریا انجام شد. به منظور بررسی کاربرد پروبیوتیک تجاری به همراه پودر بیکربنات سدیم در افزایش بهبود شاخص‌های کیفی آب در مزارع پرورش میگو وانامی استان بوشهر و در نهایت کاهش ورود پساب به خلیج فارس ۴ تیمار ۳ تکرار به مدت ۱۲۰ روز، در نظر گرفته شد. این پژوهش از لحاظ تراکم ذخیره (۳۰ قطعه در هر مترمربع) معادل ۳۰۰ هزار قطعه در هکتار انتخاب و به عنوان واحد آزمایش تلقی شدند. تیمار بندی براساس طرح کاملاً تصادفی شامل تیمار اول یا شاهد بدون اضافه کردن پروبیوتیک (P) و بیکربنات سدیم (B) به آب، تیمار دوم (1- 10^8 cfu.ml، $B=10$ kg/ha، $P=2/25 \times 10^8$ cfu.ml)، تیمار سوم (1- 10^8 cfu.ml، $B=20$ kg/ha، $P=4/5 \times 10^8$ cfu.ml) و تیمار چهارم (1- 10^8 cfu.ml، $B=30$ ، بود. روش نمونه برداری از آب استخرهای پرورشی هفتگی از عمق یک متری و توسط Deep sampler صورت گرفت. برای نمونه برداری از آب پرورش میگو از لوله‌های در بسته استریل استفاده گردید. سیستم پرورش در این سایت به صورت نیمه متراکم و استخرها فاقد هواده بود. هم چنین میزان تعویض آب روزانه به میزان ۱۰٪ صورت گرفت. اندازه گیری برخی از عوامل فیزیکی و شیمیایی آب در محل اثرات افزودن پروبیوتیک‌ها بر روی کیفیت آب تیمارهای پرورشی از جمله بررسی فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی در محل عبارتند از: سنجش شاخص‌های دما (با دقت ۰/۱ درجه سانتی گراد)، اکسیژن محلول (با دقت ۰/۱ میلی گرم بر لیتر)، pH (با دقت ۰/۱) با pH سنج شرکت

HANNA مدل 98107 و شوری (با دقت ۰/۱ ppt) با استفاده از دستگاه‌های صحرایی و سیار در تیمارهای آزمایشی به صورت روزانه ثبت و اندازه گیری شد. برای اندازه گیری کدورت تیمارها با استفاده از سشی دیسک (سانتی متر) استفاده شد.

اندازه گیری برخی از عوامل شیمیایی در آزمایشگاه: برای سنجش میزان آمونیاک، نیتريت و نیترات از آمونوم سنج ساخت شرکت HANNA مدل HI700 استفاده شد. با استفاده از معرف‌های هر کیت (توسط روش اسپکتوفتومتری)، هفتگی از هر استخر نمونه برداری به صورت تصادفی انجام و میزان میانگین آمونیاک کل، نیتريت و نیترات برای هر تیمار آزمایشی سنجیده شد.

آنالیز آماری: جهت تجزیه و تحلیل آماری داده ها و مقایسه میانگین ها، از روش تجزیه واریانس یک طرفه One Way Anova استفاده شد. هم چنین برای تعیین سطح معنی داری بین تیمارها از آزمون Tukey استفاده شد.

نتایج

شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی آب: نتایج حاصل از شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی آب میگو وانامی (میانگین $\pm$ انحراف معیار) در چهار تیمار آزمایشی در پایان دوره پرورش ۱۲۰ روز نظیر pH، اکسیژن محلول (میلی گرم بر لیتر)، آمونیاک کل، نیتريت و نیترات (میلی گرم بر لیتر) و کدورت (سانتی متر) در جدول ۲ و به صورت نمودار نشان داده شده است.

جدول ۲: میانگین شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی آب میگو وانامی در تیمارهای مختلف پروبیوتیکی در پایان ۱۲۰ روز (n=۳)

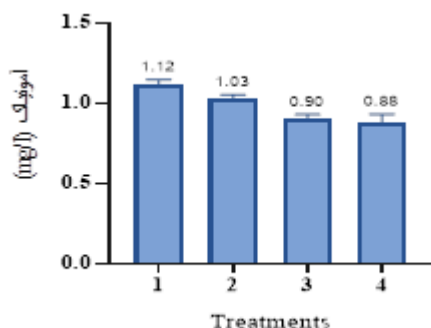
شاخص	تیمار ۱ (شاهد)	تیمار ۲	تیمار ۳	تیمار ۴
pH	8.51 ± 0.05^a	8.29 ± 0.023^b	8.22 ± 0.01^c	8.09 ± 0.01^c
اکسیژن محلول	3.63 ± 0.12^a	3.83 ± 0.12^a	4.67 ± 0.26^b	5.10 ± 0.07^c
آمونیاک کل	1.11 ± 0.02^a	1.02 ± 0.025^b	0.9 ± 0.025^c	0.88 ± 0.052^c
نیتريت	0.50 ± 0.02^a	0.40 ± 0.02^b	0.35 ± 0.005^c	0.25 ± 0.01^d
نیترات	1.64 ± 0.06^a	1.37 ± 0.03^b	1.22 ± 0.03^c	1.13 ± 0.06^c
کدورت	66.83 ± 0.25^a	42.58 ± 0.25^b	40.88 ± 0.25^c	35.93 ± 0.43^d

*حروف متفاوت در هر ردیف نشانه وجود اختلاف معنی دار بین تیمارهای آزمایشی است ($p < 0.05$).

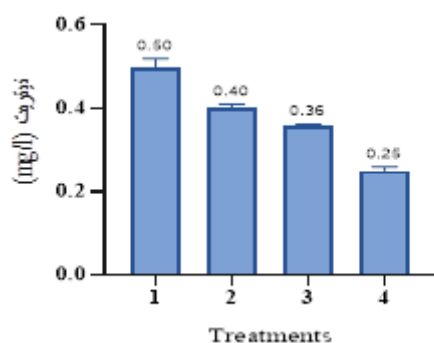
اکسیژن محلول: نتایج حاصل از میانگین اکسیژن محلول آب برحسب میلی گرم بر لیتر در تیمارهای آزمایشی در پایان ۱۲۰ روز ($n=3$) نشان داد بین تیمارهای شاهد و پروبیوتیکی اختلاف معنی داری مشاهده شد ($p < 0.001$). در حالی که بین تیمار شاهد و تیمار پروبیوتیکی با غلظت پایین (تیمار ۲) تفاوت آماری معنی داری در سطح اطمینان

pH: نتایج حاصل از میانگین pH صبح و عصر در تیمارهای آزمایشی در پایان ۱۲۰ روز ($n=3$) نشان داد بین تیمارهای شاهد و پروبیوتیکی اختلاف معنی داری مشاهده شد ($p < 0.001$). در حالی که بین تیمار پروبیوتیکی سه و چهار تفاوت آماری معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد وجود ندارد ($p > 0.05$) (شکل ۱).

۹۵ درصد وجود ندارد ($p > 0.05$). تیمار اول (شاهد) به طور معنی داری کم ترین اکسیژن محلول (3.63 ± 0.12 میلی گرم بر لیتر) و تیمار ۴ بیش ترین اکسیژن (5.11 ± 0.07 میلی گرم بر لیتر) را به خود اختصاص دادند (شکل ۲).



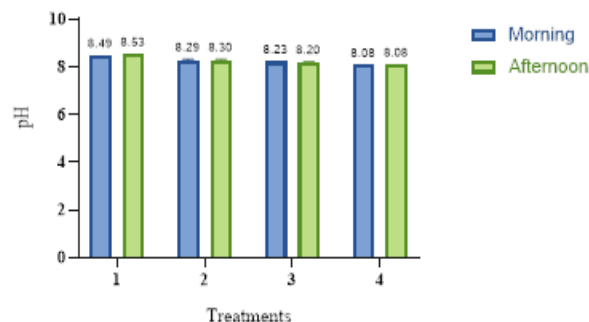
شکل ۳: نمودار میانگین آمونیاک کل آب (میلی گرم بر لیتر) در تیمارهای مختلف در پایان ۱۲۰ روز ($n=3$)



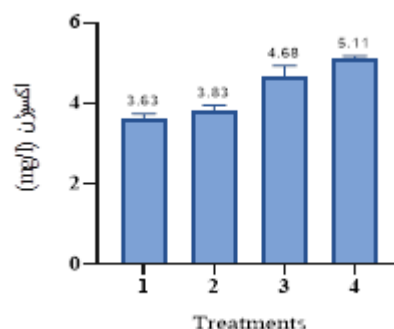
شکل ۴: نمودار میانگین نیتريت آب (میلی گرم بر لیتر) در تیمارهای مختلف در پایان ۱۲۰ روز ($n=3$)

نیترات: نتایج حاصل از میانگین نیترات آب بر حسب میلی گرم بر لیتر در تیمارهای آزمایشی در پایان ۱۲۰ روز ($n=3$) نشان داد بین تیمارهای شاهد و پروبیوتیکی اختلاف معنی داری مشاهده شد ($p < 0.001$). در حالی که بین تیمار پروبیوتیکی ۳ و ۴ تفاوت آماری معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد وجود ندارد ($p > 0.05$). تیمار ۱ (شاهد) به طور معنی داری بیش ترین نیترات (1.64 ± 0.06 میلی گرم بر لیتر) و تیمار ۴ کم ترین نیترات (1.13 ± 0.06 میلی گرم بر لیتر) را به خود اختصاص دادند (شکل ۵).

کدورت: نتایج حاصل از میانگین کدورت آب بر حسب سانتی متر در تیمارهای آزمایشی در پایان ۱۲۰ روز ($n=3$) نشان داد بین تیمارهای شاهد و پروبیوتیکی اختلاف معنی داری مشاهده شد ($p < 0.001$). تیمار ۱ (شاهد) به طور معنی داری بیش ترین کدورت (66.83 ± 0.25 سانتی متر) و تیمار ۴ کم ترین کدورت (35.94 ± 0.43 سانتی متر) را به خود اختصاص دادند (شکل ۶).



شکل ۱: نمودار میانگین pH آب صبح و عصر در تیمارهای مختلف در پایان ۱۲۰ روز ($n=3$)

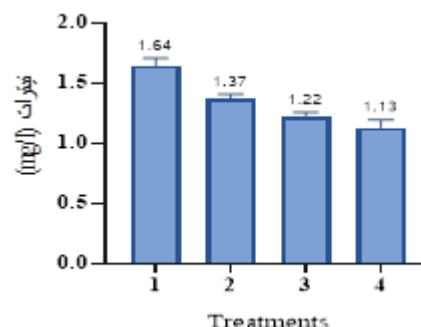


شکل ۲: نمودار میانگین اکسیژن آب (میلی گرم بر لیتر) در تیمارهای مختلف در پایان ۱۲۰ روز ($n=3$)

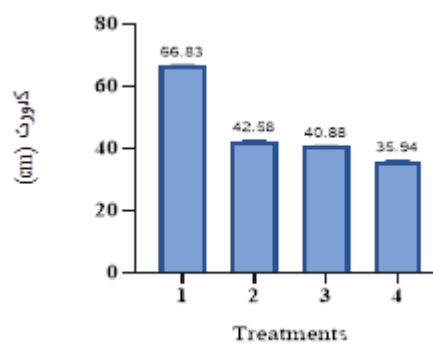
آمونیاک کل: نتایج حاصل از میانگین آمونیاک کل آب بر حسب میلی گرم بر لیتر در تیمارهای آزمایشی در پایان ۱۲۰ روز ($n=3$) نشان داد بین تیمارهای شاهد و پروبیوتیکی اختلاف معنی داری مشاهده شد ($p < 0.001$). در حالی که بین تیمار پروبیوتیکی ۳ و ۴ تفاوت آماری معنی داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد وجود ندارد ($p > 0.05$). تیمار اول (شاهد) به طور معنی داری بیش ترین آمونیاک کل (1.12 ± 0.02 میلی گرم بر لیتر) و تیمار ۴ کم ترین آمونیاک کل (0.88 ± 0.02 میلی گرم بر لیتر) را به خود اختصاص دادند (شکل ۳).

نیتريت: نتایج حاصل از میانگین نیتريت آب بر حسب میلی گرم بر لیتر در تیمارهای آزمایشی در پایان ۱۲۰ روز ($n=3$) نشان داد بین تیمارهای شاهد و پروبیوتیکی اختلاف معنی داری مشاهده شد ($p < 0.001$). تیمار اول (شاهد) به طور معنی داری بیش ترین نیتريت

توسعه آبی پروری نقش پروبیوتیک بهبود دهنده های آب در خنثی سازی عوامل زیان بار در محیط محصور مانند استخرهای پرورشی افزایش یافته و می تواند اثرات چندجانبه روی کل سیستم پرورش و پساب ورودی به خلیج فارس طبق جدول ۲ بگذارد (۱۴). یکی از مهم ترین شاخص های تعویض آب در روش سنتی استخرهای پرورشی میانگین اکسیژن محلول آب است که به دلیل حضور باکتری باسیلوس توانست چرخه زیست پالایی، مواد معدنی و بار باکتریایی استخر را بهبود ببخشد و از این طریق میزان اکسیژن محلول را در سطح مناسب تری قرار دهد. استفاده از افزودنی بیکربنات سدیم توانسته علاوه بر تعادل و ظرفیت بافری در pH آب استخرها، اکسیژن محلول آب را افزایش دهد. روند صعودی آمونیاک کل نیز در طی دوره پرورش با توجه به تولید و تجمع مواد مضر حاصل از متابولیسم قابل توجه است. یکی از روش های خارج کردن آمونیاک به خصوص در استخرهای بدون سیستم هواده، تعویض آب است که می تواند میگوها را زنده نگه دارد (۱۵). در گروه شاهد با تعویض آب مکرر روزانه میگوها رشد کمی نسبت به گروه پروبیوتیک داشت اما مسئله مهم میزان آلودگی خروجی از استخر شاهد به آب های خلیج فارس هست که افزایش بار آلودگی و کدورت را نشان می دهد. در واقع با تعویض آب روزانه در روش های سنتی برای کنترل بار آلی و اکسیژن محلول در آب با میزان بهره وری پایین تولید این نوع سیستم های پرورشی از نظر اقتصاددانان مقرون به صرفه نیز نیست. با این وجود، با استفاده از تعویض آب کنترل شده و به کارگیری مستمر پروبیوتیک ها و پودر بیکربنات سدیم موجب حفظ اکسیژن در حد مطلوب شد و شرایط بی هوازی در تیمارهای پروبیوتیکی را از بین برد که طبق جدول ۲ آمونیاک به طرز قابل توجهی کاهش یافت. در واقع، با حضور این میکروارگانیسم های زنده شامل باکتری های هتروتروف، شیمیواتوتروف و فتوسنتزکننده در تیمارهای پروبیوتیکی به خصوص تیمار ۴ می توان ادعا کرد که با عملکرد مفید خود در استخرهای آزمایشی موجب بهبود کیفیت آب شدند (۱۶، ۱۷). در نتیجه پساب با ضایعات کمتری وارد آب های خلیج فارس شد. سطح نیتريت نیز در تیمارهای پروبیوتیکی در مقایسه با تیمار کنترل در حد مطلوب بود که نتایج مشابه تحقیقات صورت گرفته توسط Begum و همکاران بود (۱۸). در واقع در تیمار شاهد به دلیل عدم استفاده از پروبیوتیک تبدیل آمونیاک به نیتريت با سرعت آهسته انجام شد که سطح بالاتری از نیتريت را نشان داد. در شاخص های کیفی آب اعم از نیتريت و کدورت اختلاف معنی داری را نسبت به گروه کنترل در جدول ۲ نشان دادند اما نکته قابل توجه این که با افزایش ترتیبی غلظت پروبیوتیک و میزان بیکربنات سدیم به صورت تدریجی میزان نیتريت و کدورت به طور چشمگیری کاهش یافت که می توان ادعا کرد با مصرف هر



شکل ۵: نمودار میانگین نیترات آب (میلی گرم بر لیتر) در تیمارهای مختلف در پایان ۱۲۰ روز (n=۳)



شکل ۶: نمودار میانگین کدورت (سانتی متر) در تیمارهای مختلف در پایان ۱۲۰ روز (n=۳)

با توجه به نتایج حاصل از فاکتورهای کیفی آب این مواد پروبیوتیک بهبوددهنده آب در پساب زاید استخر نتایج چشمگیری را نشان می دهد که در تخلیه نهایی استخرهای پرورشی، موجب کاهش ورود پساب ضایعات به خلیج فارس شد.

بحث

گیاهان آبی مستقر در کناره ها و جلبک های ماکروسکوپی دریایی و جمعیت فراوان از بی مهرگان و میکروارگانیسم ها که به عنوان فیلتر کنندگان بیولوژیک طبیعی وجود دارند سرعت جریان پساب را کند و موجب کاهش پساب می شوند و مقادیر زیادی از مواد مغذی معلق و محلول در آب را جذب می کنند (۱۲). گیاهان حرا از جمله گیاهان آب های دریایی هستند که علاوه بر جذب بسیاری از مواد غذایی محلول و تصفیه بیولوژی آب به طور طبیعی به دلیل داشتن ریشه های هوایی فراوان پناهگاه مناسبی برای بی مهرگان و میکروارگانیسم ها هستند. به همین دلیل اکوسیستم طبیعی جانوران و گیاهان در خطر و انقراض ناشی از پساب مزارع پرورش میگو قرار دارد (۱۳). اما با

چه بیش تر این ترکیب عملکرد بهتری در محیط آبی ایجاد کرده و در بهبود اثرات منفی و آلودگی پساب زیستی موثر واقع شد. در نتیجه این پروبیوتیک با بیکربنات سدیم انتخابی مانع از تشکیل لجن در کف و منجر به تصفیه آب استخرهای پروبیوتیکی خصوصاً تیمار ۴ شده و اختلاف معنی داری نسبت به تیمار کنترل داشت که این یافته مشابه تحقیقات Nimrat و همکاران مشاهده شد (۱۹). Prangnell و همکاران، به این نتیجه رسیدند که هر چه تراکم افزایش یابد و یا تعداد مزارع پرورش میگو در یک منطقه افزایش یابد. پساب خروجی دارای بار آلی بیش تری بوده که می تواند اکولوژی منطقه آبی را تحت تاثیر بگذارد لذا پیشنهاد کردند که از تکنولوژی مانند پروبیوتیک برای کاهش میزان آلودگی استفاده شود (۲۰). با توجه به این موضوع می توان پی برد در صورتی که بخواهیم میزان تعویض آب را به صفر در مزارع پرورش میگو برسانیم تنها یک راه دارد و آن استفاده از پروبیوتیک می باشد (۲۱). بر اساس تخمین کلی و مدل کمی پساب مزارع پرورش میگو در حال حاضر حجم کمی پساب ۱۱.۷ میلیارد لیتر در ۴ ماه دوره پرورش می باشد. این میزان براساس تخمین های به عمل آمده و افزایش فعالیت های پرورش میگو طی ۵ سال آینده به ۲۰ میلیارد لیتر پساب خواهد رسید (۲۲). در روش استفاده از فناوری پروبیوتیک پاکسازی و بهبوددهنده آب در خود استخر انجام می گیرد، به عبارتی یک مرحله قبل از ورود پساب به زهکش ها است و زمان کافی برای کاهش آلودگی در خود استخر پرورش میگو دارند. در این خصوص مطالعات گسترده ای را در ارتباط با پساب مزارع پرورش میگو در اطراف خلیج مکزیک انجام دادند. در این مطالعات آمونیاک، فسفات و TSS یا ذرات معلق مورد بررسی قرار گرفت. آن ها مشاهده کردند در صورتی که سیستم فیلتراسیونی برای پساب خروجی مزارع میگو ایجاد نشود در مناطق خلیج و محیط های بسته پساب مزارع میگو باعث تاثیرات منفی در سایر آبیان می گردد اما با توجه به این که تعداد مزارع میگو در این بخش زیاد نبوده این تاثیرات کم بود (۲۳). اما اگر تعداد مزارع پرورش میگو افزایش یابد و یا سیستم پرورش به سوی سیستم متراکم بروود حجم و کیفیت پساب برای خلیج مکزیک خطرناک می شود لذا آن ها طی سال ها تحقیقات در سال ۲۰۱۵ میلادی به این نتیجه رسیدند که باید مزارع پرورش میگو به سوی تعویض آب صفر پیش بروند. هم چنین در سال ۲۰۱۸ میلادی تحقیقات گسترده ای را در خصوص تعویض آب و پساب مزارع میگو انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که سیستم بیوفلاک هم می تواند برای پرورش میگو مناسب و مفید باشد و هم شرایط اکولوژیکی دریا یا خلیج را حفظ کند به طوری که محیط تامین کننده آب مجدداً با پساب روبرو نشود و به فاز طبیعی محیط آبی برسد (۲۴). در این تحقیق نیز با بررسی های صورت گرفته مقایسه وضعیت

روش سنتی پرورش با سیستم استفاده از مواد پروبیوتیک بهبود دهنده آب برای مهار پساب مزارع پرورش میگو در زمان تعویض آب یا تخلیه نهایی نشان داد در روش سیستم پروبیوتیک پاکسازی و بهبود آب در خود استخر انجام می شود یعنی یک مرحله قبل از ورود پساب به زهکش ها صورت می گیرد. طبق نتایج حاصل از عوامل کیفی آب در جدول ۲ در تیمار شاهد در صورت تعویض آب با درصد یکسان با سایر تیمارها حجم پساب و مواد مضر ورودی بدون فیلتر کنندگی پروبیوتیکی در استخر وارد خلیج فارس می شود. اما در سایر تیمارهای پروبیوتیکی زمان کافی برای خنثی سازی عوامل مضر در استخر وجود داشت لذا پساب خروجی تقریباً از مواد مضر پاک سازی شده و حجم خروجی اگر زیاد هم باشد حجم آلودگی بسیار کمی دارد. از سوی دیگر، در روش تصفیه پروبیوتیکی پساب همراه با باکتری های مثبت وارد زهکش و دریا شده لذا باکتری ها عملیات خنثی سازی را در ساحل ادامه داده و حداقل این عملیات بعد از خروج زهکش به دریا ادامه دارد. درصد پاکسازی پروبیوتیک های بهبوددهنده آب در غلظت های مختلف طبق جدول ۲ متوسط تا زیاد است لذا احتمال درصد کمی ورود مواد مضر به دریا وجود دارد. طبق نتایج به دست آمده پروبیوتیک آب در شاخص های کیفی آب مستقیماً اثر می گذارد و به عنوان فیلترزستی عمل می کنند و موجب بهبود کیفیت آب می گردد و به طور غیرمستقیم بر رشد آبی و بهره وری تولید در واحد سطح اثر گذارند. طبق نتایج حاصل به دست آمده با به کارگیری دوز پروبیوتیک $(10^{-1} \text{ cfu.ml}^{-1} \times 6/75)$ در سیستم های نیمه متراکم رایج پرورش میگو در جنوب کشور منجر به بهبود کیفی آب و متعاقباً کاهش ورود پساب به دریای خلیج فارس شد. طبق نتایج حاصل از پژوهش، برای استفاده از پروبیوتیک های بهبوددهنده آب باید در انتخاب نوع پروبیوتیک، میزان و زمان مصرف هوشمندانه عمل کرد؛ زیرا اگر پروبیوتیک ها با نوع گونه و محیط پرورشی متناسب باشد، اما در میزان و زمان مناسب مورد استفاده قرار نگیرند، نتیجه مطلوب به دست نخواهد آمد. در نتیجه، استفاده از مواد پروبیوتیک بهبوددهنده آب موجب تعادل فیزیکوشیمیایی آب می شود که دارای دو نکته مثبت که اولین: اکولوژی مزارع پرورش میگو در تعادل استخر قرار می گیرد و دومین: اکولوژی خلیج فارس تحت تاثیر فشارهای آلودگی پساب مزارع پرورش قرار نمی گیرد. با توجه به نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر و بررسی های صورت گرفته پیشنهاد می شود که با وضعیت فعلی جهت کاهش پساب های ورودی به خلیج فارس از سه سناریوی استفاده شود. اولین؛ در کوتاه مدت و یک برنامه کوتاه مدت یک ساله به عنوان مثال در آغاز دوره پرورش میگو سازمان دامپزشکی کشور استفاده از هوادهی را در مزارع میگو استان های جنوب منتهی به خلیج فارس اجباری کند زیرا برخی

Persian Gulf water contaminants and feasibility study of their biological treatment were investigated by adhesive film bioreactor (RBCp). Journal of Water and Wastewater. 15(3): 2-9.

9. **Pani, S.R., Bryand, D.L. and Kadilak, A.L., 2006.** Good Management Practices for Shrimp Farming in Costa Rica.
10. **Hossein Khezri, P., 2016.** Ecological study of shrimp ponds. Shrimp and Crustaceans Journal. 1(2): 26-30. (In Persian)
11. **Balcázar, J.L., De Blas, I., Ruiz-Zarzuela, I., Cunningham, D., Vendrell, D. and Múzquiz, J.L., 2006.** The role of probiotics in aquaculture. Veterinary microbiology. 114(3-4): 173-186.
12. **Wolanski, E., Spagnol, S., Thomas, S., Moore, K., Alongi, D.M., Trott, L. and Davidson, A., 2000.** Modelling and visualizing the fate of shrimp pond effluent in a mangrove-fringed tidal creek. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 50(1): 85-97.
13. **Monaliza, S., Nogueira, S., Junior, J.S., Maia, H.D., Saboya, J.P.S. and Farias, W.R.L., 2018.** Use of *Spirulina platensis* in treatment of fish farming wastewater. Revista Ciencia Agronomica. 49(4): 599-606.
14. **Jha, A.K., 2011.** Probiotic technology: an effective means for bioremediation in shrimp farming ponds. Journal of Bangladesh Academy of Sciences. 35(2): 237-240.
15. **Crab, R., Avnimelech, Y., Defoirdt, T., Bossier, P. and Verstraete, W., 2007.** Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. Aquaculture. 270(1-4): 1-14.
16. **Larasati, L.G., Nimitkul, S. and Dewi, N.N., 2021.** March. The effects of various doses of probiotics on growth and survival rates of white shrimp larva (*Litopenaeus vannamei*). In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 718: 012097.
17. **Robertson, C., 2006.** Australian prawn farming manual: health management for profit. 158 p.
18. **Begum, P.S., Razak, M.A., Rajagopal, S. and Venkataratnamma, V., 2018.** Effect of Probiotic Bacteria on Shrimp Pond Ecosystem and their Influence on Growth and Survival of *Litopenaeus Vannamei*. International Journal of Scientific Research in Science, Engineering, and Technology. 4(4): 1158-1164.
19. **Nimrat, S., Khaopong, W., Sangsong, J., Boonthai, T. and Vuthiphandchai, V., 2019.** Dietary administration of Bacillus and yeast probiotics improves the growth, survival, and microbial community of juvenile whiteleg shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Journal of Applied Aquaculture. 33(1): 1-17.
20. **Prangnell, D.I., Castro, L.F., Ali, A.S., Browdy, C.L., Zimba, P.V., Laramore, S.E. and Samocha, T.M., 2016.** Some limiting factors in superintensive production

از مزارع جهت کاهش هزینه‌های نصب هوادهی به تعویض آب روزانه می‌پردازند که پساب سنگینی را به خلیج فارس وارد می‌کند. دومین؛ در یک برنامه میان مدت سه ساله استفاده از مواد پروبیوتیک در مزارع متراکم اجباری شود تا میزان پساب خروجی کاهش یابد. تنها از پروبیوتیک‌هایی باید استفاده شود که مورد تایید سازمان دامپزشکی کشور و سازمان شیلات ایران باشد. سومین؛ در برنامه بلندمدت تعویض آب استخرهای مزارع پرورش میگو را به صفر برساند و سعی شود مزارع به سوی سیستم‌های جدید بیوفلاک حرکت کنند.

تشکر قدردانی

نویسندگان از دکتر سعید عزیزمفرد در تهیه پروبیوتیک تجاری و رضا فیض‌بخش به خاطر همکاری در تحقیق تشکر و سپاسگزاری می‌نمایند.

منابع

1. **Samocha, T.M. and Lawrence, A.L., 1997.** Shrimp farms' effluent waters, environmental impact and potential treatment methods. Interactions between cultured species and naturally occurring species in the environment. 35-38.
2. **Mir Bakhsh, M., Ghaednia, B. and Dashtian Nasab, A., 2010.** The role of probiotics in biological control of aquatic diseases. First national Conference of Probiotic and Functional Foods. Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran. (In Persian)
3. **Boyd, C.E., 1995.** Soil and water quality management in aquaculture ponds. Info fish international. 5(95): 29-36.
4. **Ringø, E., 2020.** Probiotics in shellfish aquaculture. Aquaculture and Fisheries. 5(1): 1-27.
5. **Khodabandehlu, A., Talebi, M., Mir Rasool, A. And Hosseinzadeh, M., 2010.** Application of probiotics in shrimp farms. First national Conference of Probiotic and Functional Foods. Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran. (In Persian)
6. **Krishnani, K., Parimala, V., Gupta, B.P., Azad, I.S., Meng, X. and Abraham, M., 2006.** Bagasse-Assisted Bioremediation of Ammonia from Shrimp Farm Wastewater. Water environment research. 78(9): 938-950.
7. **Samocha, T.M., Lawrence, A.L., Horowitz, A. and Horowitz, S., 1998.** The use of commercial probiotics in the production of marine shrimp under no water exchange. In The Second International Conference on Recirculating Aquacult. 373-375.
8. **Parvin, N., Vossoughi, M., Alamzadeh, M., Borghei, M. and Sanati, A.M., 2004.** Determination of some

- of juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in no-water-exchange, biofloc-dominated systems. Journal of the World Aquaculture Society. 47(3): 396-413.
21. **Jafarian, H., 2008.** Development of sustainable aquaculture using probiotics in Iran. New technologies in the development of aquaculture (fisheries). 2(4): 47-56. (In Persian)
22. **Yeganeh, V., Ghavampour, A., Gharibi, Q. and Mubaraki, S., 2020.** Increasing the economic profitability of shrimp farming using probiotics. Shrimp and Crustaceans Extension Journal. 4(2): 18-24.
23. **Jana, B., Mandal, R.N. and Jayasankar, P., 2018.** Wastewater Management Through Aquaculture. Springer Singapore.
24. **Xu, W.J., Morris, T.C. and Samocha, T.M., 2018.** Effects of two commercial feeds for semi-intensive and hyper-intensive culture and four C/N ratios on water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* juveniles at high density in biofloc-based, zero-exchange outdoor tanks. Aquaculture. 490: 194-202.