مطاف
https://motaf.areeo.ac.ir

راهکارهای عملی کاهش صید ضمنی در صید میگوی سواحل مکران

احسان اسدی شریف[1*]، جواد امیری[1]، عبدالغفور چاکری[2] و فائزه سمیع املشی[2]

[1]عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات شیلاتی آبهای دور، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، چابهار، ایران

[2]دانش آموخته کارشناسی ارشد شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد لاهیجان، لاهیجان، ایران

کلمات کلیدی

صید ضمنی
صید میگو
چابهار
سواحل مکران
تخریب بستر
پایداری ذخایر

چکیده

صیادی میگو در سواحل مکران یکی از فعالیت‌های اقتصادی مهم و فصلی است که در محدوده‌ی پزم و کنارک توسط تعداد زیادی قایق سنتی انجام می‌شود. هر قایق در فصل مجاز صید (از شهریور تا آذر ماه) روزانه بین ۱۵۰ تا ۱۶۰ کیلوگرم میگو صید می‌کند. در کنار این صید اصلی، مقدار قابل‌توجهی صید ضمنی شامل ماهی زبان‌ریز، کفشک، زمین‌کن، مضلک و سایر آبزیان نیز به تور وارد می‌شود. مشاهدات میدانی در پزم و کنارک نشان داد که به‌ازای هر ۱۵۰ کیلوگرم میگو، حدود ۵۰ کیلوگرم صید ضمنی وجود دارد؛ که تقریبا ۲۵ ٪ کل صید را تشکیل می دهد. بیشترین سهم صید ضمنی مربوط به ماهی زبان‌ریز (حدود ۴۰– ۴۵٪) است و پس از آن به ترتیب زمین‌کن (۲۵–۳۰٪)، مضلک (۱۵–۲۰٪) و سایر گونه ها (۱۰٪) قرار می‌گیرند. در این مطالعه چند راهکار ساده و کم‌هزینه مانند اصلاح چشمه تور، استفاده از صفحات خروج صید ضمنی (BRD)، و تنظیم زمان صید برای کاهش صید ضمنی معرفی شده است. اجرای این روش‌ها می‌تواند به کاهش قابل‌توجه صید گونه‌های غیرهدف و بهبود پایداری صید میگو کمک کند.

۱. بیان مسئله

صید میگو در سواحل مکران (پزم تا کنارک) از منابع مهم درآمدی صیادان بومی است و بخش بزرگی از اشتغال فصلی منطقه را تأمین می‌کند. با این حال، روش فعلی صید که عمدتاً با تورهای کف‌روب انجام می‌شود، چالش‌های زیست‌محیطی قابل توجهی ایجاد کرده است.

صید ضمنی یکی از چالش‌های اصلی در صید میگو با تورهای گوشگیر است؛ زیرا این تورها به‌دلیل انتخاب‌پذیری پایین، در شرایط واقعی گونه‌های متعدد کف‌زی و میان‌زی را نیز گرفتار می‌کنند. مطالعات انجام‌شده در آب‌های جنوب ایران و مناطق مشابه نشان می‌دهد که صید ضمنی در تورهای گوشگیر می‌تواند سهم قابل‌توجهی از کل برداشت را تشکیل دهد و گونه‌هایی نظیر زبان‌ریز، زمین‌کن، مضلک، خرچنگ‌ها و سایر بی‌مهرگان بنتیک بیش از دیگران تحت تأثیر قرار می‌گیرند (Alverson et al., 2021). این گونه‌ها معمولاً اندازه کوچک‌تری داشته یا ارزش اقتصادی پایین‌تری دارند و تلفات ناخواسته آنها می‌تواند ترکیب جمعیتی جامعه کف‌زی را دگرگون کرده و بازسازی طبیعی ذخایر را با اختلال مواجه

*نویسنده مسئول: ehsanasadisharif@gmail.com

سازد (Suuronen & Gilman, 2020). افزایش نرخ صید ضمنی همچنین نشانه روشنی از کاهش کارایی انتخابگری تورهای گوشگیر و ضرورت اصلاح طراحی، بازنگری در اندازه چشمه، و به‌کارگیری روش‌های کاهش‌دهنده صید غیرهدف است.

در فصل صید میگو، حدود صد قایق هر روز از بندرگاه‌های منطقه به دریا می‌روند. فعالیت صیادان عمدتاً از ساعت ۳ تا ۹ صبح انجام می‌شود و تورها بین یک تا دو ساعت در آب باقی می‌مانند. هرچند این روش صید در ظاهر پربازده است، اما در عمل میزان بالایی از گونه‌های غیرهدف نیز وارد تور می‌شود. صید ضمنی بخش مهمی از این فعالیت است که شامل گونه‌هایی مانند کفشک، مضلک، زمین‌کن، زبان‌ریز و سایر گونه ها است؛ گونه‌هایی که یا اندازه‌ی کوچک دارند یا بازارپسند نیستند و معمولاً به دریا بازگردانده می‌شوند. مشاهدات میدانی در پزم و کنارک نشان داد که به‌ازای هر ۱۵۰ کیلوگرم میگو، حدود ۵۰ کیلوگرم صید ضمنی وجود دارد؛ که تقریبا ۲۵ ٪ کل صید را تشکیل می دهد. بیشترین سهم صید ضمنی مربوط به ماهی زبان‌ریز (حدود ۴۰– ۴۵٪) است و پس از آن به ترتیب زمین‌کن (۲۵–۳۰٪)، مضلک (۱۵–۲۰٪) و سایر گونه ها (۱۰٪) قرار می‌گیرند. این روند، باعث تلفات گسترده‌ی جانداران غیرهدف و اتلاف بخشی از منابع ارزشمند دریا می‌شود (شکل ۱).

از جنبه‌ی مدیریتی نیز، گسترش استفاده از تورهای میگوگیری بدون درنظرگرفتن صید ضمنی، می‌تواند پایداری ذخایر و سلامت اکوسیستم را در آینده با چالش جدی مواجه کند (Kaiser et al., 2006; Hall et al., 2000). هنگامی که حجم قابل‌توجهی از گونه‌های غیرهدف و ریزجثه در هر نوبت صید از بین می‌روند، بخش مهمی از جمعیت نابالغ و مولد از چرخه‌ی طبیعی حذف شده و فرصت بازسازی جمعیت‌ها کاهش می‌یابد(Alverson et al., 1994).



شکل۱. جداسازی میگو و صید ضمنی از تورهای گوشگیر در سواحل پزم

هدف این مطالعه ارائه تصویری دقیق از ابعاد واقعی صید ضمنی در صید میگو با تورهای گوشگیر در مناطق پزم و کنارک است. در این پژوهش تلاش شده است تا با اتکا به مشاهدات میدانی و اطلاعات به‌دست‌آمده از صیادان محلی، میزان صید ضمنی، ترکیب گونه‌ای آن و سهم نسبی گونه‌های غیرهدف به‌طور مستند ارزیابی شود. شناسایی الگوی فراوانی گونه‌های صید شده، به‌ویژه گونه‌هایی که بیشترین آسیب‌پذیری را دارند، می‌تواند دید روشنی از پیامدهای اکولوژیک و بهره‌برداری این شیوه صید ارائه دهد. علاوه بر این، مطالعه حاضر در پی معرفی چند راهکار ساده، کم‌هزینه و قابل‌اجرا برای صیادان محلی است تا با بهبود انتخاب‌پذیری ابزار صید، از میزان برداشت ناخواسته کاسته شده و بهره‌برداری پایدارتر از ذخایر میگو و سایر گونه‌های کف‌زی ممکن شود.

۲. راهکار

۲.۱. *تنظیم زمان صید*

نتایج مشاهدات محلی نشان می‌دهد بیشترین میزان صید ضمنی در ساعات اولیه‌ی بامداد (۳ تا ۵ صبح) رخ می‌دهد، زمانی که بسیاری از گونه‌های کف‌زی کوچک فعال‌تر هستند. انتقال زمان آغاز عملیات صید به حوالی طلوع آفتاب می‌تواند باعث کاهش ورود گونه‌های غیرهدف به تور شود (Andrew and Pepperell, 1992). این تغییر ساده، بدون نیاز به تجهیزات جدید، بهینه‌سازی موثری در بهره‌وری صید محسوب می‌شود.

۲.۲. *اصلاح چشمه تور در بخش انتهایی*

یکی از مؤثرترین روش‌ها برای رهاسازی گونه‌های کوچک‌تر، استفاده از چشمه‌های درشت‌تر در بخش انتهایی تور (Codend) است. به‌کارگیری چشمه‌ی ۲۰ تا ۲۵ میلی‌متری، بسته به منطقه و گونه‌ی هدف، موجب کاهش قابل توجه صید ضمنی بدون افت معنی‌دار در میزان صید میگو می‌شود (Broadhurst, 2000; Eayrs, 2007) . این روش در کشورهای جنوب شرق آسیا نیز با موفقیت اجرا شده است (شکل ۲) (Eayrs, 2007; FAO, 2010).

۳.۲. *به کارگیری صفحه‌های جدا کننده (BRD)*

صفحات جداساز یا Bycatch Reduction Devices (BRDs)شامل صفحات فلزی یا پلاستیکی هستند که در قسمت جلویی تور نصب می‌شوند (پیغمبری و همکاران،۱۳۸۲) و با تغییر مسیر جریان آب، گونه‌های بزرگ‌تر و غیرهدف را به سمت خروج هدایت می‌کنند(Watson & McVea, 1977).

ساخت نسخه‌های بومی این ابزار با مواد محلی و هزینه‌ی پایین امکان‌پذیر است و مطالعات در استرالیا و خلیج بنگال اثربخشی بیش از ۳۰ درصدی در کاهش صید ضمنی را گزارش کرده‌اند (Eayrs, 2007).



شکل ۲. تورهای گوشگیر صید میگو به همراه صید ضمنی گیر افتاده در تور در منطقه پزم

۴.۲. *کاهش زمان ماند تور در آب*

طول مدت ماند تور در آب (Towing time) عامل مهمی در ترکیب صید است. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که بازه‌ی زمانی ۶۰ تا ۷۵ دقیقه معمولاً بهترین توازن بین صید میگو و کاهش صید ضمنی را فراهم می‌کند (Broadhurst, 2000). زمان‌های طولانی‌تر نه‌تنها منجر به افزایش صید گونه‌های غیرهدف می‌شود بلکه باعث آسیب فیزیکی به بستر دریا و کاهش کیفیت صید نیز می‌گردد.

۵.۲. *آموزش و پایش میدانی*

توسعه‌ی برنامه‌های آموزشی برای صیادان درباره‌ی اثرات صید ضمنی و اهمیت حفظ بستر دریا، نقشی کلیدی در مدیریت پایدار شیلات دارد (Gilman et al., 2015). همچنین، ایجاد سیستم‌های ساده‌ی ثبت داده‌ها (نظیر ثبت زمان، وزن صید و ترکیب گونه‌ها) می‌تواند مبنای تصمیم‌گیری‌های مدیریتی دقیق‌تر در آینده باشد (ولی نسب و حسینی،۱۴۰۱). مشارکت صیادان در جمع‌آوری داده‌ها به افزایش پذیرش و اجرای داوطلبانه‌ی روش‌های کاهش صید ضمنی کمک می‌کند(Hall et al., 2000).

۳. توصیه ترویجی و جمع‌بندی

صیادی میگو در سواحل مکران یکی از پایه‌های اصلی معیشت جوامع ساحلی است، اما بخشی از صیدهای ناخواسته به دلیل تنظیم نامناسب زمان و ساختار تور رخ می‌دهد. برای کاهش صید ضمنی، توصیه می‌شود آغاز عملیات صید در حوالی ساعت ۵ تا ٦ صبح انجام شود؛ زیرا بسیاری از گونه‌های غیرهدف در این زمان تحرک کمتری دارند و کمتر وارد تور می‌شوند. علاوه بر این، استفاده از چشمه ۲۰ تا ۲۵ میلی‌متری در بخش انتهایی تور به‌طور مؤثر باعث عبور گونه‌های کوچک‌تر و ماندگاری میگوهای مناسب می‌شود. همچنین کاهش مدت ماند تور در آب به ٦۰ تا ۷۵ دقیقه می‌تواند ترکیب صید را بهبود داده و از ورود بیش از حد گونه‌های کف‌زی و میان‌زی جلوگیری کند.

در کنار این تنظیمات، به‌کارگیری صفحات جداساز (BRD) به‌عنوان یک ابزار ساده و کم‌هزینه، امکان خروج گونه‌های بزرگ‌تر و غیرهدف را هنگام کشیده شدن تور فراهم می‌سازد. اجرای این مجموعه اقدامات، بدون ایجاد تغییرات اساسی در روش صید، می‌تواند به‌طور هم‌زمان صید ضمنی را کاهش دهد، از بستر دریا محافظت کند و پایداری ذخایر میگو را در فصل‌های بعد تضمین نماید. این توصیه‌ها به صیادان کمک می‌کند تا ضمن افزایش پایداری اقتصادی، در آینده نیز به صید قابل قبول و پایدار دست یابند (شکل۳).



شکل۳. شکل شماتیک از راهکارهای کاهش صید ضمنی

منابع

پیغمبری، س.ی، تقوی مطلق، س،ا. سیف آبادی، س.ج. قدیرنژاد، س.ح. فقیه زاده، س. (۱۳۸۲). مقایسه تاثیر نصب چند نوع وسیله کاهنده صید ضمنی در کاهش صید ماهیان مهم تجاری با طول کمتر از LM50 در ترال ویژه صید میگو در خلیج فارس. مجله علمی شیلات ایران (فارسی)، ۱۲(۳)، ۱۳-۳٤.

ولی نسب،ت. حسینی،س.پ. (۱٤۰۱). صید ضمنی، شناخت، نگرانی و روش های کنترل. نشر آموزش کشاورزی

Alverson, D. L. (1994). A global assessment of fisheries bycatch and discards (Vol. 339). Food & Agriculture Org.

Alverson, D. L., Freeberg, M. H., Pope, J. G., & Murawski, S. A. (2021). *A global assessment of fisheries bycatch and discards*. FAO Fisheries Technical Paper.

Andrew, N.L. and Pepperell, J.G. (1992). The by-catch of shrimp trawl fisheries. Oceanography and Marine Biology: An Annual Review 30: 527-565

FAO. (2010). *Bycatch reduction in trawl fisheries: A manual for practitioners*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 516. Rome: Food and Agriculture

Hall, M. A. (1996). On bycatches. *Reviews in Fish Biology and Fisheries,* 6(3), 319–352.

Hall, M. A., Alverson, D. L., & Metuzals, K. I. (2000). By-catch: problems and solutions. *Marine pollution bulletin*, *41*(1-6), 204-219.

Kelleher, K. (2005). Discards in the world's marine fisheries: An update. FAO Fisheries Technical Paper No. 470.

(2013). Rebuilding global fisheries: the World Summit Goal, costs and benefits. *Fish and Fisheries*, *14*(2), 174-185.

Watson, J. W., & McVea, C. Jr. (1977). Development of a selective shrimp trawl for use in the southeastern United States penaeid shrimp fisheries. *Marine Fisheries Review*, 39(12), 18–24.

Zeller, D., Palomares, M. L., & Pauly, D. (2021). *Re-estimating global marine fisheries bycatch and discards*. Scientific Reports, 11, 17617.

Kelleher, K. (2020). *By-catch management and reduction: An updated review*. FAO Fisheries Circular.

Pauly, D., & Zeller, D. (2016). Catch reconstructions reveal that global marine fisheries catches are higher than reported and declining. Nature Communications, 7, 10244.

Suuronen, P., & Gilman, E. (2020). *Fisheries bycatch reduction and gear technology—Progress and challenges*. Reviews in Fish Biology and Fisheries, 30(4), 749–770.

Ye, Y., Cochrane, K., Bianchi, G., Willmann, R., Majkowski, J., Tandstad, M., & Carocci, F.

Practical Solutions for Reducing Bycatch in Shrimp Fishing on the Makran Coasts

Ehsan Asadi Sharif[1], Javad Amiri[1], Abdol Ghafoor Chakeri[1], Faezeh Samie Amlashi[2]

[1]Offshore Fisheries Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education, and Extension Organization, Chabahar, Iran
[2] M.Sc. Graduate of Fisheries, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran

Key words

Bycatch
Shrimp fishing
Chabahar
Makran coasts
Seabed destruction
Stock sustainability

Abstract

Shrimp fishing along the Makran coasts is a significant seasonal economic activity conducted by numerous traditional boats in the Pozm and Konarak regions. During the legal fishing season (from September to December), each boat catches between 150 to 160 kilograms of shrimp daily. Alongside this primary catch, a considerable amount of bycatch, including small sole, flatfish, croaker, lizardfish, and other aquatic organisms, is also caught in the nets. Field observations in Pozm and Konarak revealed that for every 150 kilograms of shrimp, approximately 50 kilograms of bycatch are captured, constituting about 25% of the total catch. The largest portion of the bycatch is small sole (around 40–45%), followed by croaker (25–30%), lizardfish (15–20%), and other species (10%). This study introduces several simple and low-cost solutions, such as modifying net mesh sizes, utilizing Bycatch Reduction Devices (BRDs), and adjusting fishing times, to decrease bycatch. Implementing these methods can lead to a substantial reduction in the capture of non-target species and enhance the sustainability of shrimp fishing.

Motaf

https://motaf.areeo.ac.ir

Marine Bioremediation of Oil Spills Using Indigenous Bacteria of the Persian Gulf and Oman Sea

Neda Fazeli, Mobin Moshkabadi*

PhD, Iranian Fisheries Science Organization, Bushehr General Department of Fisheries, Bushehr, Iran

Key words

Oil-degrading bacteria
Hydrocarbons
Biostimulation
Bioaugmentation

Abstract

Oil pollution is one of the most significant threats to marine ecosystems. Its destructive impact on aquatic organisms, food chains, and the quality of coastal environments makes it essential to develop sustainable and cost-effective solutions. Oil-degrading bacteria are a group of microorganisms capable of breaking down petroleum hydrocarbons. These bacteria, naturally present in the environment or applied through biotechnological approaches, play a vital role in cleaning up contaminated areas. This article discusses the processes of identifying and isolating effective bacterial strains, laboratory techniques for their cultivation and enhancement, and field application strategies including biostimulation (promoting the growth of native bacteria) and bioaugmentation (introducing selected strains). It also presents examples of successful projects worldwide from the coasts of Alaska and the Mediterranean to the Persian Gulf, to compare efficacy and environmental adaptability. Findings indicate that the targeted use of native bacterial strains with high tolerance to salinity and temperature can significantly accelerate and improve the efficiency of marine bioremediation, thereby helping reduce environmental damage caused by oil spills.

1.Problem Statement

Oil pollution represents one of the most serious environmental threats to marine ecosystems, with far-reaching consequences for aquatic life, fisheries productivity, and the health of coastal communities. Oil spills originating from drilling platforms, vessels, pipelines, and industrial maritime activities release toxic and persistent hydrocarbons into aquatic environments (Figure 1). These compounds not only degrade water and sediment quality but also destroy habitats, reduce biodiversity, and cause massive mortality among marine organisms (Li et al., 2022). Conventional cleanup approaches—such as mechanical containment or the use of chemical dispersants—are often costly, inefficient, and prone to adverse side effects (Rahman et al., 2022). Furthermore, technical and economic constraints in many countries, particularly those in developing regions, limit the large-scale implementation of such methods, often resulting in unsustainable environmental outcomes. In recent years, growing scientific attention has turned toward *biological remediation processes*, which harness the intrinsic ability of microorganisms to degrade hydrocarbons in an environmentally safe and sustainable manner. Oil-degrading bacteria, especially indigenous species, are capable of converting a large fraction of alkanes, aromatics, and complex petroleum compounds into less harmful or non-toxic substances (Al-Naamani et al., 2024).

Despite proven efficiency in laboratory tests and selected field projects, practical and large-scale application of this approach in marine environments still faces several challenges. These include identifying potent native strains, optimizing conditions for their growth and activity at scale, ensuring adaptability to dynamic coastal and

*Corresponding author: Neda_fazeli200@yahoo.com

offshore environments, and establishing appropriate infrastructure for monitoring and performance assessment (Tavanaei et al., 2023).

Persian Gulf situated in a highly sensitive region where dense tanker traffic and continuous oil extraction and transportation occur. Oil pollution poses not only an environmental concern but also a substantial threat to food security, fisheries economy, and the livelihoods of coastal populations. Therefore, the identification, cultivation, and application of oil-degrading bacteria adapted to local marine conditions could serve as an effective and low-cost solution aligned with the goals of sustainable development and marine resource protection (Mujaini et al., 2023).

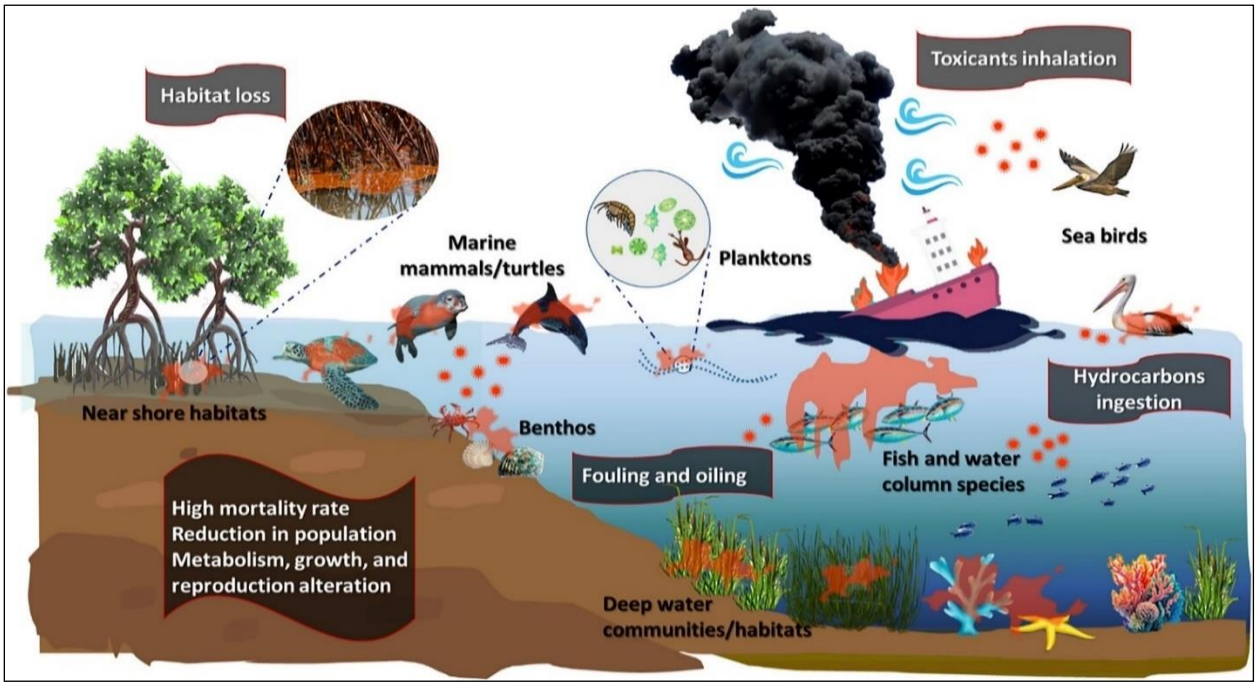


Figure 1. Schematic view of the impacts of spilled oil on aquatic ecosystems (Hettithanthri et al., 2024).

2. Practical solutions

Recent research in marine bioremediation shows that using oil-degrading microorganisms—especially native bacterial strains—can provide a sustainable alternative to traditional chemical or mechanical cleanup methods. This biological strategy not only lowers operational costs but also helps prevent the secondary environmental impacts often caused by conventional cleanup approaches (Al-Harbi et al., 2023).

Overall, the key achievements and technological advancements in this area can be summarized in five main axes:

2.1. Isolation and identification of effective bacterial strains

2.2. Mass cultivation and optimization of growth conditions

2.3. Design of applicable systems for real-world marine environments

2.4. Monitoring and Control Systems

2.5. Doing test runs in the sea and recording the results

2.1. Isolation and identification of effective bacterial strains

In many marine regions, including the Persian Gulf and the Sea of Oman, native oil-degrading bacterial species have been isolated from contaminated water and sediment. Strains belonging to genera such as *Alcanivorax, Marinobacter, Pseudomonas*, and *Rhodococcus* have demonstrated the greatest capacity for degrading alkanes and aromatic hydrocarbons (Hashem et al., 2023). These bacteria often possess key enzymes such as alkB and nahA,

which activate the metabolic pathways required for hydrocarbon degradation.

Research conducted in Iran by Tavanaei et al. (2023) emphasized the critical importance of proper isolation and identification of native bacterial species under the hot, saline conditions of the Persian Gulf. Strains capable of tolerating salinities above 40 ppt and temperatures exceeding 30 °C exhibited significantly higher efficiency in degrading heavy alkanes.

2.2. Mass cultivation and optimization of growth conditions

A key step in the practical application of these bacteria is the development of large-scale cultivation systems that ensure high survival and activity. Nutrient-rich media containing nitrogen and phosphorus, supplemented with natural emulsifiers such as lecithin or gum arabic, have been shown to enhance both growth and hydrocarbon-degrading capacity (Fernández-Álvarez et al., 2022). The use of immobilized matrices, such as biofilms or natural polymers, further improves resistance to environmental fluctuations and prolongs bacterial persistence in open-water systems. Under laboratory conditions, *Alcanivorax borkumensis* was capable of degrading up to 80 % of crude oil within 10 days; when supplemented with specific nutrients in natural seawater, the efficiency reached 95 % (Zhang et al., 2024).

2.3. Design of applicable systems for real-world marine environments

Field-scale application of oil-degrading bacteria generally, relies on three main approaches:

1.Biostimulation – enhancing nutrient availability to stimulate native microbial populations (Figure 2);
2.Bioaugmentation –injecting selected, pre-cultivated bacterial strains;
3. Combined Strategy – sequential application of both methods in contaminated coastal or offshore zones.

Pilot projects conducted in Oman and Qatar reported that combined strategies reduced total hydrocarbon concentrations by 65–80 % within three weeks (Al-Naamani et al., 2024). Similarly, a field experiment in the Persian Gulf (Asaluyeh region) by Marzban et al. (2023) showed that injection of 10^8 cells mL^{-1} resulted in significant reduction of dissolved oil and measurable improvement in water quality and ecological indicators.

2.4. Monitoring and Control Systems

Quantitative and qualitative monitoring of bioremediation is achieved through measurements such as Total Petroleum Hydrocarbon (TPH), Biochemical Oxygen Demand (BOD), and analysis of microbial community composition. Biosensor technologies based on fluorescence or infrared spectroscopy now enable rapid pollutant detection (Singh et al., 2023). In Iran, academic research collaborations have proposed microbial-level monitoring systems employing 16S rRNA gene sequencing, offering a robust framework for long-term environmental surveillance (Marzban et al., 2023).

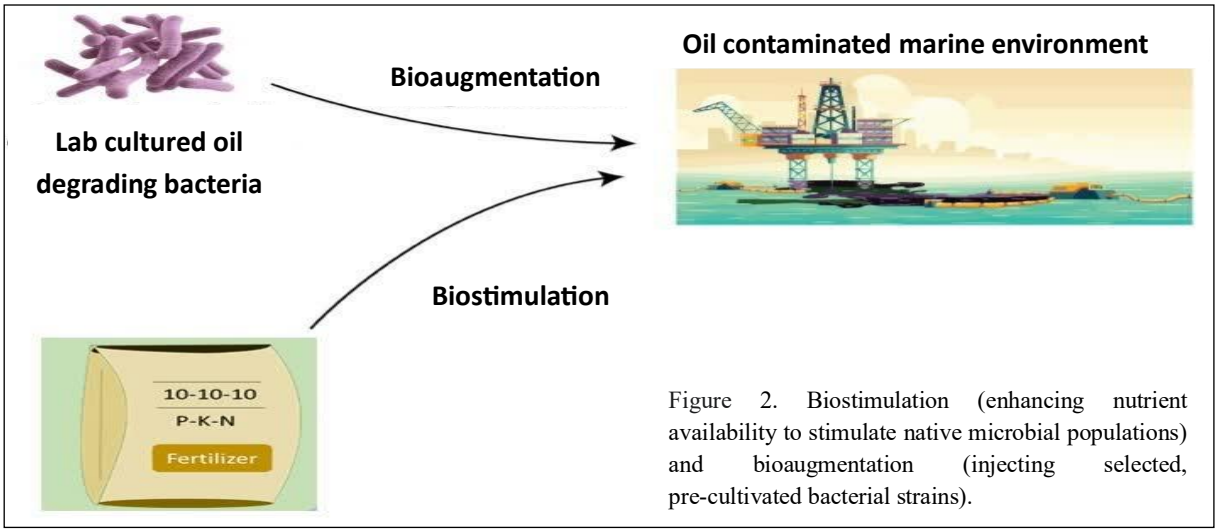


Figure 2. Biostimulation (enhancing nutrient availability to stimulate native microbial populations) and bioaugmentation (injecting selected, pre-cultivated bacterial strains).

2.5. Doing test runs in the sea and recording the results

Coastal nations such as Japan, Canada, and India have reported successful applications of oil-degrading bacteria in shoreline recovery efforts. Results consistently highlight that ecological stability and the adaptability of native microbial species are decisive in determining the rate and permanence of hydrocarbon breakdown (Yadav et al., 2024). In Iran, pilot applications utilizing indigenous bacterial strains collected from Bandar Abbas and Chabahar sediments have achieved up to 70 % reduction of coastal oil contamination. These findings underscore the strong potential of locally adapted microorganisms for deployment in marine environments of southern Iran. It is therefore recommended that a National Indigenous Oil-Degrading Bacterial Bank be established to catalog native strains, characterize their genetic properties, and support coordinated marine bioremediation programs. Such a resource would serve as a foundation for future research, capacity-building, and the design of practical large-scale cleanup systems.

3. Practical recommendation and conclusion

This paper demonstrates that the use of oil-degrading bacteria is not only an effective method for pollution cleanup but also contributes to ecological restoration and lower operational costs compared with traditional physical and chemical approaches. For coastal countries with environmentally sensitive shorelines—such as Iran—targeted investment in the identification of indigenous bacterial strains, as well as the development of injection and monitoring systems, can establish a strong regional model for the environmental management of oil pollution. This integrated strategy aligns with the principles of sustainable development and marine ecosystem conservation in the Persian Gulf and the Sea of Oman.

References

Al-Harbi, M., Al-Zahrani, F., & Al-Qahtani, S. (2023). Marine bioremediation strategies using indigenous hydrocarbon-degrading bacteria in the Red Sea. *Marine Pollution Bulletin, 189*, 114861. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.114861

Al-Naamani, L., Al-Mahruqi, G., & Al-Jabri, H. (2024). Indigenous hydrocarbon-degrading bacteria from the Arabian Sea and their potential for bioremediation. *Journal of Environmental Management, 352*, 119824. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.119824

Al-Naamani, L., Al-Mahruqi, G., & Al-Jabri, H. (2024). Indigenous hydrocarbon-degrading bacteria from the Arabian Sea and their potential for bioremediation. *Journal of Environmental Management, 352*, 119824. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.119824

Al-Naamani, L., Al-Saadi, H., Al-Sabahi, J., & Radwan, S. (2024). Use of native halophilic bacteria for bioremediation of oil spills in the Arabian Sea. *Journal of Environmental Management, 336*, 117711. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.117711

Fernández-Álvarez, R., Pérez-Martínez, S., & Alonso, A. (2022). Enhanced marine oil degradation using nutrient amendments and emulsifying agents. *Environmental Research, 203*, 111745. https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111745

Hashem, H. A., El-Amin, A. R., & Ghaly, A. E. (2023). Isolation and characterization of native oil-degrading bacteria from coastal sediments of the Arabian Gulf. *Journal of Environmental Chemical Engineering, 11*(5), 109886. https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.109886

Hettithanthri, Oshadi, et al. (2024). A Review of Oil Spill Dynamics: Statistics, Impacts, Countermeasures, and Weathering Behaviors.* Applied and Environmental Soil Science*, 28, 1–20. *DOI*, https://doi.org/10.1002/apj.3128.

Li, H., Zhang, X., Yang, M., & Wang, C. (2022). Bioremediation of petroleum hydrocarbons by marine oil-degrading bacteria: Recent advances and future prospects. *Marine Pollution Bulletin, 182*, 113961. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.113961

Li, Y., Wang, S., Chen, L., & Zhang, X. (2022). Marine oil spill bioremediation: Advances in microbial degradation and future perspectives. *Marine Pollution Bulletin, 182*, 114005. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2022.114005

Marzban, A., Ranjbar, S., & Ghaemi, N. (2023). Field application of indigenous hydrocarbon-degrading bacteria in Asaluyeh coast. *Iranian Journal of Marine Science, 21*(3), 241–252

Mujaini, A., Al-Jabri, H., & Al-Kindi, A. (2023). *Bioremediation of oil pollution in the marine environment: A focus on the Persian Gulf*. Marine Pollution Bulletin, 189, 115870.

Rahman, M. A., Hasan, M., & Chowdhury, P. (2022). Application of indigenous bacterial strains for degradation of crude oil in high salinity coastal waters. *Chemosphere, 307*, 135676. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.135676

Singh, R., Gupta, A., & Mehta, R. (2023). Smart biosensor technologies for monitoring marine oil bioremediation. *Environmental Monitoring and Assessment, 195*(6), 710 .

Tavanaei, T., Amiri, M., & Ghasemi, S. (2023). Enhancement strategies for hydrocarbon biodegradation in marine environments: Biostimulation and bioaugmentation approaches. *Environmental Research, 229*, 115934. https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115934

Yadav, R., Das, S., & Ghosh, A. (2024). Comparative assessment of bioremediation efficiency in tropical marine environments. *Ecotoxicology and Environmental Safety, 274*, 115055. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115055

زیست پالایی دریایی لکه‌های نفتی با استفاده از باکتری‌های بومی خلیج فارس و دریای عمان

ندا فاضلی[1]، مبین مشک آبادی[2]

[1]دانش آموخته دکتری زیست شناسی دریا، اداره کل شیلات استان بوشهر، بوشهر، ایران

[2] دانشجوی دکتری صید و صیادی، اداره کل شیلات استان بوشهر، بوشهر، ایران

واژگان کلیدی

باکتری‌های نفت‌خوار
هیدروکربن‌ها
زیست تحریکی
زیست افزایی

چکیده

آلودگی نفتی یکی از مهم‌ترین تهدیدها برای اکوسیستم‌های دریایی است که اثرات مخرب آن بر آبزیان، زنجیره غذایی و کیفیت محیط زیست ساحلی، نیاز به راهکارهای پایدار و کم‌هزینه را ضروری می‌سازد. باکتری‌های نفت‌خوار، گروهی از میکروارگانیسم‌ها هستند که توانایی تجزیه هیدروکربن‌های نفتی را داشته و به طور طبیعی یا با کمک فناوری‌های زیستی، در پاکسازی محیط‌های آلوده نقش‌آفرینی می‌کنند. در این مقاله، فرآیند شناسایی و جداسازی سویه‌های مؤثر، روش‌های آزمایشگاهی برای تکثیر و تقویت آن‌ها، و راهکارهای استفاده میدانی شامل زیست تحریکی و زیست افزایی بررسی شده است. همچنین نمونه‌هایی از طرح‌های موفق در جهان، از سواحل آلاسکا و مدیترانه تا خلیج فارس، با هدف مقایسه کارایی و تطبیق شرایط اقلیمی ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد استفاده هدفمند از سویه‌های بومی با وجود مقاومت بالا به شوری و دما، می‌تواند سرعت و اثربخشی زیست‌پالایی دریایی را به شکل چشمگیری افزایش دهد و به کاهش خسارات زیست‌محیطی ناشی از نشت نفت در دریا کمک کند.

مطاف
https://motaf.areeo.ac.ir

ظرفیت‌های کشتی مغروق *ایران رشادت* در بازسازی ذخایر آبزیان و توسعه بوم‌گردی دریایی استان بوشهر، خلیج فارس

حامد قناعتیان*[1]، علیرضا صفاهیه[2]، کیوان کبیری[3]، احمد سواری[2]

[1]دانشجوی دکتری زیست شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خوزستان، ایران
[2]هیات علمی گروه زیست شناسی دریا، دانشکده علوم دریایی و اقیانوسی، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خوزستان، ایران
[3]هیات علمی گروه مدیریت داده‌های اقیانوسی و سنجش از دور، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی، تهران، ایران

کلمات کلیدی

مغروقه *ایران رشادت*
بوم‌گردی‌مسئولانه
پرنده‌نگری‌دریایی
توسعه پایدار دریا محور
زیستگاه مصنوعی

چکیده

کشتی مغروق *ایران رشادت* با نام پیشین برگن‌مارو در شمال استان بوشهر، جنوب‌شرق خلیج بهرگان و شمال‌غرب خلیج‌فارس، نمونه‌ای کم‌نظیر از هم‌افزایی ارزش‌های تاریخی و زیست‌محیطی است. این سازه، به عنوان یادگاری از دوران دفاع مقدس، در دهه‌های اخیر به یک زیستگاه مصنوعی فعال برای آبزیان و پرندگان دریایی تبدیل شده است. در این مقاله، با هدف ارزیابی ظرفیت‌های اکولوژیک، فرهنگی و گردشگری کشتی، از مطالعات میدانی، داده‌های موجود در منابع علمی و گزارش‌های مستند استفاده شده است. کشتی مذکور با ۱۶۶ متر طول و ۲۳ متر عرض تقریبی، علاوه بر اینکه بزرگترین کشتی تبدیل شده به زیستگاه مصنوعی و دارای نمود بیرونی در خلیج فارس است، با فراهم کردن ساختار فیزیکی مناسب برای لانه‌سازی و حتی زادآوری پرندگان دریایی نظیر پرستودریایی‌های پشت دودی و کاکلی کوچک، افزایش تنوع زیستی آبزیان و گسترش زنجیره غذایی، ارزش زیستگاهی قابل توجهی ایجاد کرده است. علاوه بر این، ویژگی‌های تاریخی–فرهنگی و جذابیت‌های منحصر به فرد پیرامونی، ظرفیت تبدیل آن را به یک مقصد بوم‌گردی دریایی حفاظت‌محور فراهم می‌کند. در پایان، راهکارهایی برای مدیریت پایدار، توسعه گردشگری مسئولانه، حفاظت از زیستگاه و امکان تبدیل سازه به نخستین موزه زیردریایی دفاع مقدس ارائه شده است.

۱. بیان مسئله

کشتی ایران رشادت با نام اولیه برگن مارو (Bergen Maru) ساخته شده در سال ۱۹۶۶ در ژاپن، از شناورهای فعال تجاری در دهه‌های گذشته بوده که در دوران جنگ تحمیلی (۲ شهریور ۱۳۶۲) در اثر اصابت دو فروند موشک اگزوسه AM39 شلیک شده از جنگنده میراژ عراق، آسیب دیده و در موقعیت کنونی (29°50’31”N, 50°08’21”E) حدود ۶ مایلی بندر صیادی امام‌حسن در استان بوشهر مستقر شده است

*نویسنده مسئول: hamed.ghanaatian@gmail.com

(Hooke, 1997; Ghanaatian *et al*. 2023b). این سازه اکنون بخشی از حافظه تاریخی و فرهنگی منطقه است و قابلیت تبدیل‌شدن به یک «روایت‌گاه زنده دفاع مقدس» را دارد. این سازه نمونه‌ای منحصربه‌فرد از ترکیب «ارزش تاریخی» و «کارکرد اکولوژیک» است. لانه‌گزینی و زادآوری پرندگان دریایی از جمله پرستودریایی‌های کاکلی کوچک (Lesser Crested Tern *Thalasseus bengalensis*) و پشت دودی (Bridled Tern *Onychoprion anaethetus*) بر روی ستون‌های بیرون از آب این کشتی نه تنها ارزش زیستگاهی کشتی را نمایان می‌کند، بلکه زمینه‌ای برای توسعه پرنده‌نگری و بوم‌گردی مسئولانه در منطقه فراهم می‌آورد (Seaman, 2007; Ghanaatian *et al*. 2023a & 2024).



شکل ۱. تصاویر کشتی ایران رشادت (برگن مارو) قبل و بعد غرق شدن

هدف این مقاله معرفی جامع ظرفیت‌های کشتی ایران رشادت به عنوان یک زیستگاه مصنوعی در حفظ تنوع زیستی و بازسازی ذخایر آبزیان، همچنین توسعه پایدار گردشگری دریایی حفاظت‌محور و کمک به شناساندن این سازه ارزشمند جهت حفظ و بقای آن به عنوان یک ظرفیت ویژه با ارزش‌های ملی در توسعه پایدار دریامحور می‌باشد (شکل ۱).

۱.۱.موقعیت کشتی و منطقه مورد مطالعه

منطقه مطالعه شمال استان بوشهر، جنوب‌شرق خلیج بهرگان، شمال‌غرب خلیج فارس، بوده و موقعیت جغرافیایی کشتی ایران رشادت (29°50’31”N, 50°08’21”E) می‌باشد. این منطقه دارای عمق مناسب (حدود ۱۵ متر)، جریان‌های دریایی ملایم و با فاصله تقریبا ٦ مایلی از ساحل بندر امام‌حسن، دسترسی محدود انسانی است که شرایط را برای ساخت زیستگاه مطلوب می‌سازد (شکل ۲).

۲.۱. معرفی کشتی ایران رشادت و کارکرد چندگانه آن

ویژگی‌های فیزیکی و ساختاری: کشتی در عمق حدودا ۱۵ متری بر روی کیل[۲] به صورت قایم به گل نشسته است. حدود ۱٦٦ متر طول و ۲۳ متر عرض داشته، بخش‌هایی از دکل‌ها و ستون‌های کشتی همچنان بالای سطح دریا قرار دارند. ارتفاع ستون‌ها در مد نیز بیش از ۸ متر بالاتر از سطح دریا است. داری حفرات زیاد و متعدد در بخش زیر آب است. این کشتی مغروق دارای ارزش‌های فراوانی است از جمله:

۱.۲.۱. ارزش‌های زیست‌محیطی و حفاظتی

سرشماری حدود ۲۰۰ جفت پرستودریایی، ثبت تخم‌گذاری پرستودریایی پشت‌دودی در اتاقک‌های هر سه ستون و یک مورد پرستودریایی کاکلی کوچک بر روی یک ستون، مشاهده رفتارهای جفت‌گیری، مراقبت والدین تغذیه جوجه‌ها که در

[۲] – Keel شاه‌تیر کف کشتی که محور اصلی در اسکلت کشتی محسوب می‌شود.

نبود شکارچیان زمینی امنیت زیستگاه تقویت گردیده، افزایش تراکم ماهی و زیستگاه ریف‌گونه پیرامون کشتی همگی نشان



شکل ۲. موقعیت جغرافیایی کشتی مغروق ایران رشادت

از ارزش زیست محیطی و حفاظتی کشتی دارد (شکل ۳). البته تهدیدهایی نظیر نزدیک‌شدن قایق‌ها، نصب تجهیزات دریانوردی در زمان نامناسب و امکان سقوط جوجه‌ها نیز شناسایی گردید (قناعتیان و همکاران، ۱۴۰۱). علاوه بر این در بخش دورن آب نیز به مانند بسیاری مغروقه‌های دیگر تبدیل به زیستگاه آبزیان شده است. انواع بی‌مهرگان، ماهیان و سایر آبزیان که توانسته به تنوع زیستی و پایداری صیادی را نسبت به مناطق اطراف افزایش دهد و مصاحبه با صیادان قدیمی و باتجربه نیز این مطلب را تایید می‌کند.

۲.۲.۱. ارزش‌های تاریخی–فرهنگی

کشتی ایران رشادت یک یادمان زنده از تاریخ دفاع مقدس است. قابلیت روایت‌گری و آموزش نسل جوان و پتانسیل طراحی برنامه‌های گردشگری روایت‌محور را داراست. مصاحبه با مردم بومی نشان می‌دهد امروزه ارزش معنوی بالایی برای آنها دارد و به نماد ویژه‌ای برای صیادان و ساحل‌نشینان تبدیل شده است.



شکل ۳. تخمگذاری پرستودریایی پشت دودی و یک مورد پرستودریایی کاکلی کوچک بر سرستون‌های ایران رشادت

۳.۲.۱. نقش در اقتصاد و معیشت ساحل‌نشینان

ایجاد فرصت‌های شغلی جدید از دیگر مزایای حفظ این سازه است. راهنمایان گردشگری، قایق‌داران، غواصان، صیادان تفریحی ورزشی، عکاسان طبیعت، اقامتگاه‌های بومگردی، فروشندگان صنایع‌دستی و ... همگی از فرصت حضور و معرفی این زیستگاه منتفع می‌گردند. افزایش درآمدزایی بومی با گردشگری کم‌تأثیر و امکان تقویت زنجیره ارزش گردشگری در منطقه از دیگر ظرفیت‌های این کشتی مغروق است. ضمن اینکه درآمدزایی محلی خود باعث حمایت مردم از حفاظت سازه و جلوگیری از تخریب می‌شود (Sapehee *et al.*, 2024).

۴.۲.۱. ظرفیت تبدیل به مقصد بوم‌گردی دریایی

کشتی ایران رشادت دارای تمام شاخصه‌های لازم برای مقصد گردشگری است: جذابیت اکولوژیک در بیرون و درون آب دارد (پرندگان دریایی، آبزیان مهره‌دار شامل انواع ماهیان، بی‌مهرگان از اسفنج‌ها و مرجان‌ها گرفته تا نرمتنان و خارپوستان). جذابیت فرهنگی–تاریخی، چشم‌انداز

زیبایی‌شناختی و دسترسی مناسب از ساحل و اسکله امام‌حسن و منطقه بهرگان از دیگر ویژگی‌هایی است که می‌تواند یک مقصد گردشگری سهل‌الوصول باشد و حتی ظرفیت جذب غواصان و گردشگران خارجی را داراست. پتانسیل طراحی روت[۳] گردشگری ترکیبی (پرنده‌نگری به روایت تاریخی) نیز وجود دارد. گردشگری مسئولانه نیز به حفاظت بهتر زیستگاه کمک می‌کند (Patwary *et al*., 2023).

۵.۲.۱. جاذبه‌های پیرامونی و زیرساخت‌ها

سواحل طبیعی و چشم‌نواز نوار شمالی استان بوشهر، بازارها و بنادر بزرگ تجاری اطراف (مانند دیلم و گناوه در سی کیلومتری)، اقامتگاه‌های بوم‌گردی فعال در منطقه (امام‌حسن، حصار و بینک و ... علاوه بر شهرهای بزرگ نزدیک)، پارک‌های ساحلی بزرگ با قابلیت کمپینگ و نصب چادر جهت اقامت‌های ارزان قیمت (از جمله پارک‌های ساحلی و نزدیک ساحل بندر امام‌حسن با نام تاریخی سینیز) همگی ظرفیت جذب گردشگران را افزایش می‌دهد.

۶.۲.۱. امکان تبدیل به موزه زیرآبی دفاع مقدس

بر اساس نمونه‌های جهانی کشتی‌های مغروق در عمق مناسب و با رعایت استانداردهای لازم می‌توانند علاوه بر زیستگاه، تبدیل به مقاصدی از جمله سایت غواصی و موزه‌های زیرآبی شوند و گردشگران داخلی و خارجی را جذب نمایند (EPA 2006; Gemilang *et al*., 2023). USS Oriskany در ایالات متحده، HMAS Swan، SS Yongala و HMAS Brisbane در استرالیا، SS Thistlegorm در مصر، Zenobia Wreck در قبرس، MV Captain Keith Tibbetts در جزایر کایمن، Cancún Underwater Museum (MUSA) در مکزیک و Mediterranean Underwater Museum در ایتالیا همگی زیستگاه‌های مصنوعی چند منظوره‌اند. بررسی تطبیقی نمونه‌های شاخص جهانی نشان می‌دهد که اگرچه بسیاری از کشتی‌های مغروق و سازه‌های زیرآبی به‌عنوان مقاصد موفق غواصی و زیستگاه‌های مصنوعی شناخته می‌شوند، اما اغلب آن‌ها در مقایسه با کشتی مغروق ایران رشادت با محدودیت‌های ساختاری، کارکردی و مدیریتی مواجه‌اند. به‌عنوان مثال، USS Oriskany در عمق ٦٥ متری امکان دسترسی غواصان آماتور و حتی نیمه حرفه‌ای را ندارد. کشتی مغروق Zenobia در قبرس با وجود شهرت جهانی، به‌طور کامل در عمق قرار دارد و فاقد نمود بیرونی لازم برای پشتیبانی از پرنده‌نگری و فعالیت‌های گردشگری سطح‌محور است. مغروقه MV Captain Keith Tibbetts در جزایر کایمن و HMAS Brisbane در استرالیا نیز عمدتاً با رویکرد تک‌بعدی و تمرکز بر غواصی تفریحی مدیریت می‌شوند و از نظر توسعه کارکردهای چندمنظوره بوم‌گردشگری و روایت تاریخی-فرهنگی فراگیر، ظرفیت محدودی دارند. همچنین کشتی SS Yongala، علی‌رغم برخورداری از تنوع زیستی قابل توجه، به دلیل عمق زیاد و محدودیت‌های سخت‌گیرانه دسترسی، امکان بهره‌برداری فراگیر و کم‌اثر گردشگری را کاهش می‌دهد. در مورد سازه‌های طراحی‌شده مانند موزه زیرآبی کانکون (MUSA) در مکزیک و موزه زیرآبی مدیترانه در ایتالیا، هرچند اهداف حفاظتی و گردشگری دنبال شده است، اما فقدان اصالت تاریخی و کارکرد اکولوژیک پویا، آن‌ها را بیشتر به فضاهای نمایشی و هنری محدود کرده است تا زیستگاه‌هایی با نقش فعال در ارتقای تنوع زیستی و پیوند فرهنگی–تاریخی؛ لذا کشتی مغروق ایران رشادت با برخورداری هم‌زمان از ارزش‌های تاریخی–معنوی، نمود بیرونی سازه، کارکرد زیستگاهی فعال برای آبزیان و پرندگان دریایی، عمق مناسب و محدودیت‌های حقوقی کمتر (در کریدور دریانوردی نبوده، مزاحمتی برای عبور و مرور دریایی

[۳] Route مسیر برنامه‌ریزی‌شده گردشگری

ایجاد نمی‌کند و بر اساس کنوانسیون‌های بین‌المللی دریانوردی از جمله کنوانسیون نایروبی محدودیتی برای حفظ و بقای سازه وجود ندارد)، نمونه‌ای کم‌نظیر از یک زیستگاه مصنوعی چندمنظوره محسوب می‌شود که ظرفیت بالایی برای توسعه بوم‌گردشگری دریایی حفاظت‌محور و پایدار دارد.

۲. راهکار و توصیه ترویجی

کشتی ایران رشادت نمونه‌ای واقعی از هم‌افزایی سه‌گانه "اکولوژی – فرهنگ – اقتصاد" است. تشکیل کلنی تغذیه‌ای و تولیدمثلی پرندگان دریایی همچنین توسعه زنجیره غذایی آبزیان نشان می‌دهد که کشتی نقش یک زیستگاه مصنوعی فعال را ایفا می‌کند. هم‌زمان، ارزش تاریخی آن امکان توسعه گردشگری روایت‌محور و آموزشی را فراهم می‌سازد. بنابراین کشتی ایران رشادت یک زیستگاه مصنوعی فعال با ارزش اکولوژیک بالا است؛ ترکیب ارزش‌های تاریخی و زیستی آن را به یک مقصد کم‌نظیر بوم‌گردی دریایی تبدیل می‌کند و توسعه گردشگری مسئولانه می‌تواند به حفاظت از زیستگاه کمک کند (منافع متقابل دارند). همچنین با توجه به منطقه قرارگیری و عدم مزاحمت برای مسیرهای عبور و مرور دریایی، وجود یک هواپیمای ساقط شده عراقی در فاصله نزدیک، عمق حدود ۱۵ متری (مناسب حتی برای غواصان آماتور) و ارزش‌های تاریخی فرهنگی کشتی این پتانسیل را دارد که با افزودن استاندارد تعدادی دیگر از ادوات به جا مانده از جنگ تحمیلی به "نخستین موزه زیردریایی دفاع مقدس" تبدیل شود. برای این منظور راهکارهای زیر پیشنهاد می شود:

۱. ثبت سازه به‌عنوان «میراث دریایی ملی» و زیستگاه مصنوعی

۲. ایجاد کارگروه مشترک بین سازمان‌های شیلات، حفاظت محیط‌زیست، بنادر و دریانوردی، وزارت میراث فرهنگی، گردشگری و صنایع دستی، بنیاد حفظ آثار و نشر ارزش‌های دفاع مقدس و مقاومت و دیگر نهادهای مرتبط جهت تغییر مالکیت و حفظ این مغروقه ارزشمند

۳. ایجاد «نخستین موزه زیردریایی دفاع مقدس» بر پایه این کشتی

تقدیر و تشکر

نویسندگان مراتب سپاس خود را از حمایت‌های اداره کل محیط زیست استان بوشهر و دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر اعلام می‌دارند. از حمایت‌های جناب آقای مهندس محمدرضا محمدزاده مدیر محترم تعاونی صیادی بندر امام‌حسن و همچنین از تلاش‌های مجموعه سازمان شیلات ایران به ویژه جناب آقای دکتر حمیدرضا بارگاهی در پیگیری حفظ این زیستگاه ارزشمند تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

قناعتیان، ح.، صفاهیه، ع.، کبیری، ک، سواری، ا.، محمدزاده، م.ر. و درویشی، خ. (۱۴۰۱). گزارش طرح سازمان حفاظت محیط زیست با عنوان «*پایش پرستوهای دریایی اطراف کشتی مغروق ایران رشادت در تابستان ۱۴۰۱*».

Hooke, N. 1997. Maritime Casualties, 1963–1996. London, UK: LLP Professional Publishing.

Patwary, A.K. (2023). Examining environmentally responsible behaviour, environmental beliefs and conservation commitment of tourists: a path towards responsible consumption and production in tourism. *Environ Sci Pollut Res* 30, 5815–5824. https://doi.org/10.1007/s11356-022-22577-w

anaethetus on a shipwreck in Bahregan Bay, Persian Gulf: a case report. *Marine Ornithology, 51*(1), 43-45. http://doi.org/10.5038/2074-1235.51.1.1509.

Sapehee, N., Hamzah, A., & Ramachandran, S. (2024). Community-based tourism and local support for marine conservation: The mediating role of economic benefits. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*, 42, 100667.

Gemilang, W. A., Rahmawan, G. A., & Wisha, U. J. (2023). The potential of maritime archaeology (shipwreck sites) for sustainable marine tourism management and strengthening historical narrations in Tidore, North Moluccas, Indonesia. *In Proceedings of Fifth Asia Pacific Regional Conference on Underwater Cultural Heritage*. The Museum of Underwater Archaeology. https://apconf.omeka.net/items/show/1916

Ghanaatian, H., Safahieh, A., Kabiri, K. & Savari, A. (2023a). The fate of terns in the course of development at Musa Multi-Branch Creek, northwest of the Persian Gulf. *Open Access Journal of Entomology and Ornithology* 1: 000102. doi:10.23880/oajeo-16000102

Ghanaatian, H., Safahieh, A., Kabiri, K. & Savari, A. (2024). Status of terns on Nakhiloo Island, Persian Gulf, with emphasis on Lesser Crested Terns *Thalasseus bengalensis. Marine Ornithology, 52*(2), 373-377. http://doi.org/10.5038/2074-1235.52.2.1604

Ghanaatian, H., Safahieh, A., Kabiri, K., Savari, A., Mohamadzadeh, M.R. & Darvishi, K. (2023b). Breeding of Bridled Tern *Onychoprion*

Seaman, W. (2007). Artificial habitats and the restoration of degraded marine ecosystems and fisheries. In: Relini, G., Ryland, J. (eds) Biodiversity in Enclosed Seas and Artificial Marine Habitats. *Developments in Hydrobiology*, vol 193. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6156-1_13

U.S. Environmental Protection Agency. (2006). National guidance: Best management practices for preparing vessels intended to create artificial reefs (EPA 842-B-06-002). *U.S. Environmental Protection Agency*. https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-09/documents/artificialreefguidance.pdf

Potentials of the *Iran Reshadat* Shipwreck in aquatic stock restoration and the development of marine ecotourism in Bushehr Province, Persian Gulf

Hamed Ghanaatian[1], Alireza Safahieh[1], Keivan Kabiri[2], Ahmad Savari[1]

[1]Marine Biology Department, Faculty of Marine Science & Oceanography, Khorramshahr University of Marine Science and Technology (KMSU), Khorramshahr, Khuzestan, Iran
[2]Oceanic Data Management & Remote Sensing Department, Iranian National Institute for Oceanography and Atmospheric Science (INIOAS), Tehran, Iran

Key words

Iran Reshadat shipwreck
Responsible ecotourism
Seabird watching
Sustainable marine development
Artificial habitats

Abstract

The *Iran Reshadat* shipwreck, formerly known as *Bergen Maru*, located in northern Bushehr Province of Iran, southeast of Bahregan Bay in the northwestern Persian Gulf, represents a rare convergence of historical and environmental values. Originally a wartime vessel and a remnant of the Iran–Iraq conflict, the structure has, over recent decades, evolved into an active artificial reef supporting diverse marine organisms and seabirds. In this study, field observations were integrated with data from scientific literature and documented reports to assess the ecological, cultural, and tourism-related capacities of the vessel. The results indicate that, with an approximate length of 166 m and a beam of 23 m, *Iran Reshadat* is the largest shipwreck converted into an artificial habitat with an exposed superstructure in the Persian Gulf. The vessel provides an appropriate physical framework for seabird nesting and breeding, with confirmed breeding of the Bridled Tern (*Onychoprion anaethetus*) within the chambers of all three superstructure towers and a documented case of Lesser Crested Tern (*Thalasseus bengalensis*) breeding on one of the towers. In addition, the structure has enhanced local marine biodiversity and food-web complexity, thereby generating considerable habitat value. Beyond its ecological role, the vessel's historical and cultural significance, together with distinctive surrounding attractions, confers substantial potential for development as a conservation-oriented marine ecotourism destination. Finally, this study proposes recommendations for sustainable management, responsible tourism development, habitat conservation, and the potential transformation of the site into the first underwater museum of the Sacred Defense.

مطاف
https://motaf.areeo.ac.ir

اسپیرولینا؛ منبعی طبیعی برای افزایش ارزش تغذیه ای غذاهای روزمره و تهیه غذاهای فراسودمند

سمیرا جدی *

کارشناس بخش زیست فناوری، پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور ، بندرعباس، ایران

کلمات کلیدی

ریزجلبک
اسپیرولینا
غنی‌سازی محصولات غذایی
ارزش‌تغذیه‌ای
غذاهای فراسودمند

چکیده

اسپیرولینا (Spirulina) حاوی ترکیبات مغذی و زیست فعال متعددی بوده و به واسطه این ترکیبات پتانسیل بالایی جهت غنی سازی محصولات غذایی و تولید غذاهای فراسودمند دارد. جمع بندی مطالعات انجام شده نشان داد که بخش عمده ترکیب شیمیایی این ریزجلبک شامل پروتئین (۵۵-۷۰ درصد) بوده ولی کربوهیدرات‌ها، فیبرهای غذایی، چربی‌های حاوی اسیدهای چرب امگا۳، مواد معدنی و رنگدانه‌ها بویژه فیکوسیانین نیز در ساختار این ریزجلبک وجود دارند. از بین محصولات غذایی، محصولات نانوایی، محصولات لبنی و محصولات بر پایه غلات پتانسیل بالایی جهت غنی شدن با ریزجلبک اسپیرولینا را دارند. علاوه بر اینها، میان وعده‌های انرژی زا، انواع نوشیدنی‌ها، غذای کودکان، دسرها و چاشنی های غذایی نیز این پتانسیل را دارا هستند. غنی سازی محصولات غذایی با اسپیرولینا باعث افزایش ارزش غذایی و همچنین اضافه ترکیبات زیست فعال به فرمولاسیون محصولات پایه خواهد شد. توجه به ویژگی های حسی برای تهیه محصولات غذایی غنی شده با ریزجلبک اسپیرولینا از اهمیت ویژه ای برخوردار بوده که هم در کنار نیل به مزایای عنوان شده، مورد پذیرش مصرف کننده نیز قرار گیرند.

۱. بیان مسئله

تغییر سبک زندگی در دهه‌های اخیر، افزایش مصرف غذاهای فرآوری شده و کاهش دریافت مواد مغذی ضروری از رژیم‌های غذایی روزمره، منجر به بروز مشکلات تغذیه‌ای و افزایش شیوع بیماری‌های غیرواگیر نظیر دیابت، بیماری‌های قلبی-عروقی، چاقی و اختلالات متابولیک شده است (Vellapandian and Singh, 2023). این شرایط ضرورت توجه به غنی‌سازی مواد غذایی و توسعه محصولات نوین با ارزش تغذیه‌ای بالا را بیش از پیش آشکار ساخته است. از سوی دیگر، مفهوم غذاهای فراسودمند (Functional Foods) به عنوان رویکردی نوین در علوم تغذیه و صنایع غذایی مطرح شده است. این دسته از غذاها علاوه بر تأمین نیازهای پایه‌ای بدن، قادرند با داشتن ترکیبات زیست فعال، در ارتقای سلامت عمومی، پیشگیری از بیماری‌ها و بهبود کیفیت زندگی نقش‌آفرینی کنند (Arshad et al., 2025). ترکیبات زیست فعال می توانند از منابع مختلفی همچون

* نویسنده مسئول: jeddi.ch.88@gmail.com

قسمت های مختلف گیاهان و جانوران خشکی زی و دریایی استخراج و در فرمولاسیون غذاهای فراسودمند استفاده شوند. یکی از این منابع، جلبک ها (همچون ریزجلبک اسپیرولینا) هستند. مقاله حاضر به معرفی ریزجلبک اسپیرولینا، ارزش تغذیه ای و انواع محصولات غذایی غنی شده با این ریزجلبک و مزایای آنها نسبت به محصولات پایه مشابه، میزان مجاز و ملاحظات مصرف می پردازد.

۲. معرفی دستورالعمل

۱.۲. *معرفی ریزجلبک اسپیرولینا*

ریزجلبک اسپیرولینا در واقع یک سیانوباکتری رشته‌ای، چندسلولی و سبز آبی است که توانایی فتوسنتز داشته و در محیط‌های آبی قلیایی و گرم رشد می‌کند. این ریزجلبک به دلیل شکل مارپیچی رشته‌هایش، نام "Spirulina" (به معنای مارپیچ) را گرفته است. *Spirulina platensis* و *Spirulina maxima* از شناخته شده‌ترین گونه‌های اسپیرولینا هستند که در مکمل‌های غذایی و تحقیقات علمی استفاده می‌شوند. از نظر بوم‌شناسی، اسپیرولینا معمولاً در دریاچه‌های قلیایی با غلظت بالای بی‌کربنات و کربنات سدیم یافت می‌شود و توانایی تحمل شرایط سخت محیطی مانند شوری بالا و دمای زیاد را دارد (حسن زاده اوچتپه و همکاران، ۱۴۰۲).



شکل ۱. ریزجلبک اسپیرولینا و قرص های آن

۲.۲. *ارزش تغذیه ای اسپیرولینا*

ترکیب شیمیایی اسپیرولینا مشابه با سایر جلبک ها بسته به شرایط پرورش، نوع محیط کشت، فصل و گونه می تواند متفاوت باشد. اما به صورت کلی این ریزجلبک حاوی ۵۵–۷۰ درصد پروتئین، ۶–۸ درصد چربی، ۱۵–۲۵ درصد کربوهیدرات، ۷–۱۳ درصد مواد معدنی، ۸–۱۰ درصد فیبرهای غذایی، ۳–۷ درصد رطوبت می باشد (AlFadhly et al., 2022). این ریزجلبک حاوی پتاسیم، کلسیم، فسفر، منگنز، روی، مس، منیزیوم، سدیم و آهن می باشد. علاوه بر اینها، ریزجلبک اسپیرولینا سرشار از ویتامین‌های گروه B، ترکیبات ضداکسایشی فیکوسیانین و بتاکاروتن، اسیدهای چرب ضروری امگا–۳ و امگا–۶ می باشد (مرادی، ۱۴۰۲). با توجه به این ویژگی ها و مزایا ریزجلبک اسپیرولینا در تهیه غذاهای فراسودمند، مکمل های غذایی (به صورت پودر، قرص یا کپسول) و همچنین در تهیه محصولات آرایشی–بهداشتی کاربرد دارد. علاوه بر اینها ریزجلبک اسپیرولینا در بخش کشاورزی برای تهیه کودهای کشاورزی و تغذیه دام، طیور و آبزیان نیز می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۳.۲. *انواع محصولات غذایی غنی شده با اسپیرولینا*

همانطور که در بالا عنوان شد ریزجلبک اسپیرولینا با توجه به ارزش تغذیه ای و ترکیبات زیست فعال خود می تواند در غنی سازی محصولات مختلف غذایی و تهیه غذاهای فراسودمند استفاده شود که در ذیل به صورت اختصار معرفی خواهند شد.

۱.۳.۲. *محصولات نانوایی*: انواع نان، کیک، کلوچه و شیرینی (شکل ۲).

۲.۳.۲. محصولات لبنی: شیر، ماست، پنیر، بستنی و کفیر

اسنک های حجیم شده: محصولات حجیم بر پایه ذرت (مانند پفک)، سیب زمینی و ...



شکل ۲. نان و شیرینی غنی شده با ریزجلبک اسپیرولینا (برگرفته از مرادی و همکاران، ۱۴۰۳)

۳.۳.۲.*محصولات بر پایه غلات*: انواع پاستا، نودل (شکل ۳).



شکل ۳. پاستای غنی شده با ریزجلبک اسپیرولینا با درصدهای مختلف (برگرفته از مطالعه مرادی، ۱۴۰۲ و سایت Amazon.com)

۴.۳.۲.*سایر محصولات غذایی*: میان وعده های انرژی زا، انواع نوشیدنی ها، غذای کودکان، دسرها (ژله ها، پاستیل، مسقطی و ...)، سس ها و چاشنی های غذایی از دیگر محصولات غذایی هستند که پتانسیل غنی شدن با اسپیرولینا را دارا هستند.

۴.۲. *مزایای محصولات غذایی غنی شده با ریزجلبک اسپیرولینا*

۱.۴.۲. *ارتقای ارزش تغذیه‌ای غذاهای پایه*

محصولات غذایی غنی شده با ریزجلبک اسپیرولینا نسبت به محصولات غذایی معمولی دارای پروتئین بالاتر و همچنین از نظر اسیدهای آمینه ضروری، ویتامین‌ها و مواد معدنی غنی‌تر می باشند. بنابراین غذاهای غنی‌شده با اسپیرولینا می‌توانند کمبودهای تغذیه‌ای رایج را جبران کنند.

افزودن ترکیبات زیست‌فعال و سلامت‌بخش به غذاهای پایه وجود ترکیبات زیست فعالی مانند فیکوسیانین، بتاکاروتن، پلی ساکاریدها و فیبرهای خوراکی در ساختار اسپیرولینا باعث می شود که این ریزجلبک دارای ویژگی های ضداکسایشی، ضدمیکروبی، ضدالتهابی، ضدتوموری، ضدسرطانی، ضدچاقی و ضددیابتی داشته باشد (Priyanka et al., 2023). بالطبع با افزودن ریزجلبک اسپیرولینا به محصولات غذایی این ویژگی ها به غذاها نیز اضافه می‌شوند.

۵.۲. *میزان استفاده و ملاحظات مصرف*

میزان مصرف اسپیرولینا بسته به شرایط فرد مصرف کننده می‌تواند متفاوت باشد. مصرف روزانه‌ی اسپیرولینا بین ۱ تا ۸ گرم، فواید مختلفی برای سلامتی دارد. اما با این وجود، مصرف روزانه ایمن اسپیرولینا در مطالعات تغذیه‌ای بین ۱ تا ۳ گرم توصیه شده است. در این رابطه حداکثر میزان مصرف اسپیرولینا برای یک فرد مسن ۲ تا ۳ گرم در روز و برای کودکان ۱ تا ۲ گرم در روز است. دوزهای بالاتر (تا ۸ گرم) تنها در شرایط خاص و تحت نظر متخصص استفاده می‌شوند (Patel, 2020). البته این مقادیر می تواند با توجه به فرم استفاده شده (پودری، عصاره تغلیظ شده، گرانول و ...) تفاوت هایی با هم داشته باشند.

اسپیرولینای پرورشی اگر در شرایط غیراستاندارد تولید شود، می‌تواند آلوده به فلزات سنگین (مانند سرب، کادمیوم،

آرسنیک و جیوه)، میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا، سموم ناشی از سیانوباکتری‌های دیگر، بقایای مواد شیمیایی و آلودگی‌های ناشی از تجهیزات یا محیط کشت باشد. از این رو بایستی اسپیرولینا مصرفی از جاهای معتبر و دارای پروانه های بهداشتی و مجوزهای وزارت بهداشت و سازمان غذا–داور تهیه شوند.

۲.٦. محدودیت‌ها

طعم و رنگ خاص اسپیرولینا ممکن است برای برخی مصرف‌کنندگان خوشایند نباشد، بنابراین میزان مصرف آن در فرمولاسیون غذاها بایستی با توجه به ویژگی های حسی مدیریت شود.

افراد ممکن است نسبت به جلبک‌ها یا ترکیبات خاص اسپیرولینا حساسیت داشته باشند.

افزودن اسپیرولینا می‌تواند قیمت نهایی محصول را افزایش دهد.

۳. توصیه‌های ترویجی

به صورت کلی رویج مصرف غذاهای غنی‌شده با اسپیرولینا نیازمند ترکیب آموزش، فرهنگ‌سازی، حمایت سیاستی و نوآوری صنعتی است تا ریزجلبک اسپیرولینا به عنوان یک منبع پایدار و ارزشمند در سبد غذایی جامعه جایگاه پیدا کند. در این رابطه توجه و رعایت توصیه های زیر برای مصرف کنندگان لازم و ضروری هستند:

- انتخاب محصولات دارای استانداردهای کیفی و برچسب تغذیه‌ای معتبر برای تضمین ایمنی و اثربخشی ضروری است.
- مصرف محصولات غنی شده با اسپیرولینا به صورت تدریجی آغاز شود تا پذیرش حسی (طعم و رنگ) افزایش یابد.
- استفاده از ترکیبات پوشاننده طعم و بو و همچنین ترکیب اسپیرولینا با مواد غذایی خوش‌طعم و پرمصرف می‌تواند پذیرش مصرف‌کنندگان را افزایش دهد.
- استفاده منظم از این محصولات می‌تواند به ارتقای وضعیت تغذیه‌ای و کاهش خطر کمبودهای ریزمغذی کمک کند.
- مصرف بیش از حد اسپیرولینا ممکن است منجر به مشکلات گوارشی شود؛ بنابراین رعایت میزان توصیه شده ضروری است.
- افراد دارای بیماری‌های خاص یا حساسیت غذایی باید پیش از مصرف منظم با پزشک یا متخصص تغذیه مشورت کنند.

منابع

حسن زاده اوچتپه، ح.، لطفی، پ.، قنبرزاده، ب. ۱۴۰۲. مروری بر کاربردهای جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس در بهبود خواص تغذیه‌ای و عملکردی محصولات لبنی و استفاده در بازیافت ضایعات صنعت لبنی. مجله علوم و صنایع غذایی ایران. ۱۴۱، ۱۷۵–۱۹۹.

مرادی. ی. ۱۴۰۲. ریزجلبک اسپیرولینا، غنی‌کننده و بهبوده‌دهنده خواص حسی غذاهای تولیدی بر پایه غلات: مطالعه مروری روایتی. مجله طب دریا. ٤، ۲۱٤–۲۲۲.

مرادی، ی.، قائنی، م.، حدائق، ه. ۱۴۰۳. مقایسه تأثیر افزودن پودر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس (*Spirulina platensis*) روی خواص حسی، فیزیکی، پروتئین و آهن سه فرآورده مختلف صنعتی نان، کیک و شیرینی لایه‌ای. مجله پژوهش های علوم و صنایع غذایی ایران، ۱، ۱۵۳–۱٦٤.

AlFadhly, N.K.Z., Alhelfi, N., Altemimi, A.B., Verma, D.K., Cacciola, F., Narayanankutty, A. 2022. Trends and Technological Advancements in the Possible Food Applications of Spirulina and Their Health Benefits: A Review. Molecules, 27, 5584. https://doi.org/10.3390/molecules27175584

Arshad, Z., Shahid, S., Hasnain, A., Yaseen, E., Rahimi, M. 2025. Functional Foods Enriched with Bioactive Compounds: Therapeutic Potential and Technological Innovations. Food Science & Nutrition, 13(10), e71024. https://doi.org/10.1002/fsn3.71024

Patel, P., Jethani, H., Radha, C., Vijayendra, S.V.N., Mudliar, S.N., Sarada, R., Chauhan, V.S. 2019. Development of a carotenoid enriched probiotic yogurt from fresh biomass of Spirulina and its characterization. Journal of Food Science and Technology, 56, 3721-3731. https://doi.org/10.1007/s13197-019-03844-0

Priyanka, S., Varsha, R., Verma, R., Babu, A.S. 2023. Spirulina: a spotlight on its nutraceutical properties and food processing applications. Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences, 12(6), e4785. https://doi.org/10.55251/jmbfs.4785

Singh, A., Vellapandian, C. 2023. High Risk of Metabolic Complications Due to High Consumption of Processed Foods. Current Nutrition & Food Science, 19(3), 198-208. https://doi.org/10.2174/1573401318666220622062038.

Spirulina: a natural resource for enhancing the nutritional value of conventional foods and development of functional foods

Samira Jaddi

Researcher, Department of Biotechnology, Persian Gulf and Oman Sea Ecological Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Bandar Abbas, Iran

Key words

Microalgae
Spirulina
Food Fortification
Nutritional Value
Functional Foods

Abstract

Spirulina contain numerous nutritious and bioactive compounds and, due to these compounds, has a high potential for fortification of food products and producing functional foods. The conclusion of the studies showed that the main part of the chemical composition of Spirulina consist of protein (55-70%), however carbohydrates, dietary fibers, fats containing omega-3 fatty acids, minerals and pigments, especially phycocyanin, are also present in the structure of this microalga. Among food products, bakery products, dairy products and cereal-based products have a high potential for fortification with Spirulina. In addition, energy snacks, beverages, baby food, desserts and food seasonings also have this potential. Fortification of food products with Spirulina will increase their nutritional value and also add bioactive compounds to the formulation of basic products. Paying attention to sensory characteristics of fortified food products has particular importance, so that, in addition to achieving the aforementioned benefits, they are also accepted by consumers.

مطاف
https://motaf.areeo.ac.ir

اسپیرولینا؛ منبعی طبیعی برای افزایش ارزش تغذیه ای غذاهای روزمره و تهیه غذاهای فراسودمند

سمیرا جدی *

کارشناس بخش زیست فناوری، پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور ، بندرعباس، ایران

کلمات کلیدی

ریزجلبک
اسپیرولینا
غنی‌سازی محصولات غذایی
ارزش‌تغذیه‌ای
غذاهای فراسودمند

چکیده

اسپیرولینا (Spirulina) حاوی ترکیبات مغذی و زیست فعال متعددی بوده و به واسطه این ترکیبات پتانسیل بالایی جهت غنی سازی محصولات غذایی و تولید غذاهای فراسودمند دارد. جمع بندی مطالعات انجام شده نشان داد که بخش عمده ترکیب شیمیایی این ریزجلبک شامل پروتئین (۵۵-۷۰ درصد) بوده ولی کربوهیدرات‌ها، فیبرهای غذایی، چربی‌های حاوی اسیدهای چرب امگا۳، مواد معدنی و رنگدانه‌ها بویژه فیکوسیانین نیز در ساختار این ریزجلبک وجود دارند. از بین محصولات غذایی، محصولات نانوایی، محصولات لبنی و محصولات بر پایه غلات پتانسیل بالایی جهت غنی شدن با ریزجلبک اسپیرولینا را دارند. علاوه بر اینها، میان وعده‌های انرژی زا، انواع نوشیدنی‌ها، غذای کودکان، دسرها و چاشنی های غذایی نیز این پتانسیل را دارا هستند. غنی سازی محصولات غذایی با اسپیرولینا باعث افزایش ارزش غذایی و همچنین اضافه ترکیبات زیست فعال به فرمولاسیون محصولات پایه خواهد شد. توجه به ویژگی های حسی برای تهیه محصولات غذایی غنی شده با ریزجلبک اسپیرولینا از اهمیت ویژه ای برخوردار بوده که هم در کنار نیل به مزایای عنوان شده، مورد پذیرش مصرف کننده نیز قرار گیرند.

۱. بیان مسئله

تغییر سبک زندگی در دهه‌های اخیر، افزایش مصرف غذاهای فرآوری شده و کاهش دریافت مواد مغذی ضروری از رژیم‌های غذایی روزمره، منجر به بروز مشکلات تغذیه‌ای و افزایش شیوع بیماری‌های غیرواگیر نظیر دیابت، بیماری‌های قلبی-عروقی، چاقی و اختلالات متابولیک شده است (Vellapandian and Singh, 2023). این شرایط ضرورت توجه به غنی‌سازی مواد غذایی و توسعه محصولات نوین با ارزش تغذیه‌ای بالا را بیش از پیش آشکار ساخته است. از سوی دیگر، مفهوم غذاهای فراسودمند (Functional Foods) به عنوان رویکردی نوین در علوم تغذیه و صنایع غذایی مطرح شده است. این دسته از غذاها علاوه بر تأمین نیازهای پایه‌ای بدن، قادرند با داشتن ترکیبات زیست فعال، در ارتقای سلامت عمومی، پیشگیری از بیماری‌ها و بهبود کیفیت زندگی نقش‌آفرینی کنند (Arshad et al., 2025). ترکیبات زیست فعال می توانند از منابع مختلفی همچون

* نویسنده مسئول: jeddi.ch.88@gmail.com

قسمت های مختلف گیاهان و جانوران خشکی زی و دریایی استخراج و در فرمولاسیون غذاهای فراسودمند استفاده شوند. یکی از این منابع، جلبک ها (همچون ریزجلبک اسپیرولینا) هستند. مقاله حاضر به معرفی ریزجلبک اسپیرولینا، ارزش تغذیه ای و انواع محصولات غذایی غنی شده با این ریزجلبک و مزایای آنها نسبت به محصولات پایه مشابه، میزان مجاز و ملاحظات مصرف می پردازد.

۲. معرفی دستورالعمل

۱.۲. *معرفی ریزجلبک اسپیرولینا*

ریزجلبک اسپیرولینا در واقع یک سیانوباکتری رشته‌ای، چندسلولی و سبز آبی است که توانایی فتوسنتز داشته و در محیط‌های آبی قلیایی و گرم رشد می‌کند. این ریزجلبک به دلیل شکل مارپیچی رشته‌هایش، نام "Spirulina" (به معنای مارپیچ) را گرفته است. *Spirulina platensis* و *Spirulina maxima* از شناخته شده‌ترین گونه‌های اسپیرولینا هستند که در مکمل‌های غذایی و تحقیقات علمی استفاده می‌شوند. از نظر بوم‌شناسی، اسپیرولینا معمولاً در دریاچه‌های قلیایی با غلظت بالای بی‌کربنات و کربنات سدیم یافت می‌شود و توانایی تحمل شرایط سخت محیطی مانند شوری بالا و دمای زیاد را دارد (حسن زاده اوچتپه و همکاران، ۱۴۰۲).



شکل ۱. ریزجلبک اسپیرولینا و قرص های آن

۲.۲. *ارزش تغذیه ای اسپیرولینا*

ترکیب شیمیایی اسپیرولینا مشابه با سایر جلبک ها بسته به شرایط پرورش، نوع محیط کشت، فصل و گونه می تواند متفاوت باشد. اما به صورت کلی این ریزجلبک حاوی ۵۵–۷۰ درصد پروتئین، ۶–۸ درصد چربی، ۱۵–۲۵ درصد کربوهیدرات، ۷–۱۳ درصد مواد معدنی، ۸–۱۰ درصد فیبرهای غذایی، ۳–۷ درصد رطوبت می باشد (AlFadhly et al., 2022). این ریزجلبک حاوی پتاسیم، کلسیم، فسفر، منگنز، روی، مس، منیزیوم، سدیم و آهن می باشد. علاوه بر اینها، ریزجلبک اسپیرولینا سرشار از ویتامین‌های گروه B، ترکیبات ضداکسایشی فیکوسیانین و بتاکاروتن، اسیدهای چرب ضروری امگا–۳ و امگا–۶ می باشد (مرادی، ۱۴۰۲). با توجه به این ویژگی ها و مزایا ریزجلبک اسپیرولینا در تهیه غذاهای فراسودمند، مکمل های غذایی (به صورت پودر، قرص یا کپسول) و همچنین در تهیه محصولات آرایشی–بهداشتی کاربرد دارد. علاوه بر اینها ریزجلبک اسپیرولینا در بخش کشاورزی برای تهیه کودهای کشاورزی و تغذیه دام، طیور و آبزیان نیز می تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۳.۲. *انواع محصولات غذایی غنی شده با اسپیرولینا*

همانطور که در بالا عنوان شد ریزجلبک اسپیرولینا با توجه به ارزش تغذیه ای و ترکیبات زیست فعال خود می تواند در غنی سازی محصولات مختلف غذایی و تهیه غذاهای فراسودمند استفاده شود که در ذیل به صورت اختصار معرفی خواهند شد.

۱.۳.۲. *محصولات نانوایی*: انواع نان، کیک، کلوچه و شیرینی (شکل ۲).

۲.۳.۲. محصولات لبنی: شیر، ماست، پنیر، بستنی و کفیر

اسنک های حجیم شده: محصولات حجیم بر پایه ذرت (مانند پفک)، سیب زمینی و ...



شکل ۲. نان و شیرینی غنی شده با ریزجلبک اسپیرولینا (برگرفته از مرادی و همکاران، ۱۴۰۳)

۳.۳.۲.*محصولات بر پایه غلات*: انواع پاستا، نودل (شکل ۳).



شکل ۳. پاستای غنی شده با ریزجلبک اسپیرولینا با درصدهای مختلف (برگرفته از مطالعه مرادی، ۱۴۰۲ و سایت Amazon.com)

۴.۳.۲.*سایر محصولات غذایی*: میان وعده های انرژی زا، انواع نوشیدنی ها، غذای کودکان، دسرها (ژله ها، پاستیل، مسقطی و ...)، سس ها و چاشنی های غذایی از دیگر محصولات غذایی هستند که پتانسیل غنی شدن با اسپیرولینا را دارا هستند.

۴.۲. *مزایای محصولات غذایی غنی شده با ریزجلبک اسپیرولینا*

۱.۴.۲. *ارتقای ارزش تغذیه‌ای غذاهای پایه*

محصولات غذایی غنی شده با ریزجلبک اسپیرولینا نسبت به محصولات غذایی معمولی دارای پروتئین بالاتر و همچنین از نظر اسیدهای آمینه ضروری، ویتامین‌ها و مواد معدنی غنی‌تر می باشند. بنابراین غذاهای غنی‌شده با اسپیرولینا می‌توانند کمبودهای تغذیه‌ای رایج را جبران کنند.

افزودن ترکیبات زیست‌فعال و سلامت‌بخش به غذاهای پایه وجود ترکیبات زیست فعالی مانند فیکوسیانین، بتاکاروتن، پلی ساکاریدها و فیبرهای خوراکی در ساختار اسپیرولینا باعث می شود که این ریزجلبک دارای ویژگی های ضداکسایشی، ضدمیکروبی، ضدالتهابی، ضدتوموری، ضدسرطانی، ضدچاقی و ضددیابتی داشته باشد (Priyanka et al., 2023). بالطبع با افزودن ریزجلبک اسپیرولینا به محصولات غذایی این ویژگی ها به غذاها نیز اضافه می‌شوند.

۵.۲. *میزان استفاده و ملاحظات مصرف*

میزان مصرف اسپیرولینا بسته به شرایط فرد مصرف کننده می‌تواند متفاوت باشد. مصرف روزانه‌ی اسپیرولینا بین ۱ تا ۸ گرم، فواید مختلفی برای سلامتی دارد. اما با این وجود، مصرف روزانه ایمن اسپیرولینا در مطالعات تغذیه‌ای بین ۱ تا ۳ گرم توصیه شده است. در این رابطه حداکثر میزان مصرف اسپیرولینا برای یک فرد مسن ۲ تا ۳ گرم در روز و برای کودکان ۱ تا ۲ گرم در روز است. دوزهای بالاتر (تا ۸ گرم) تنها در شرایط خاص و تحت نظر متخصص استفاده می‌شوند (Patel, 2020). البته این مقادیر می تواند با توجه به فرم استفاده شده (پودری، عصاره تغلیظ شده، گرانول و ...) تفاوت هایی با هم داشته باشند.

اسپیرولینای پرورشی اگر در شرایط غیراستاندارد تولید شود، می‌تواند آلوده به فلزات سنگین (مانند سرب، کادمیوم،

آرسنیک و جیوه)، میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا، سموم ناشی از سیانوباکتری‌های دیگر، بقایای مواد شیمیایی و آلودگی‌های ناشی از تجهیزات یا محیط کشت باشد. از این رو بایستی اسپیرولینا مصرفی از جاهای معتبر و دارای پروانه های بهداشتی و مجوزهای وزارت بهداشت و سازمان غذا–داور تهیه شوند.

۲.٦. محدودیت‌ها

طعم و رنگ خاص اسپیرولینا ممکن است برای برخی مصرف‌کنندگان خوشایند نباشد، بنابراین میزان مصرف آن در فرمولاسیون غذاها بایستی با توجه به ویژگی های حسی مدیریت شود.

افراد ممکن است نسبت به جلبک‌ها یا ترکیبات خاص اسپیرولینا حساسیت داشته باشند.

افزودن اسپیرولینا می‌تواند قیمت نهایی محصول را افزایش دهد.

۳. توصیه‌های ترویجی

به صورت کلی رویج مصرف غذاهای غنی‌شده با اسپیرولینا نیازمند ترکیب آموزش، فرهنگ‌سازی، حمایت سیاستی و نوآوری صنعتی است تا ریزجلبک اسپیرولینا به عنوان یک منبع پایدار و ارزشمند در سبد غذایی جامعه جایگاه پیدا کند. در این رابطه توجه و رعایت توصیه های زیر برای مصرف کنندگان لازم و ضروری هستند:

- انتخاب محصولات دارای استانداردهای کیفی و برچسب تغذیه‌ای معتبر برای تضمین ایمنی و اثربخشی ضروری است.
- مصرف محصولات غنی شده با اسپیرولینا به صورت تدریجی آغاز شود تا پذیرش حسی (طعم و رنگ) افزایش یابد.
- استفاده از ترکیبات پوشاننده طعم و بو و همچنین ترکیب اسپیرولینا با مواد غذایی خوش‌طعم و پرمصرف می‌تواند پذیرش مصرف‌کنندگان را افزایش دهد.
- استفاده منظم از این محصولات می‌تواند به ارتقای وضعیت تغذیه‌ای و کاهش خطر کمبودهای ریزمغذی کمک کند.
- مصرف بیش از حد اسپیرولینا ممکن است منجر به مشکلات گوارشی شود؛ بنابراین رعایت میزان توصیه شده ضروری است.
- افراد دارای بیماری‌های خاص یا حساسیت غذایی باید پیش از مصرف منظم با پزشک یا متخصص تغذیه مشورت کنند.

منابع

حسن زاده اوچتپه، ح.، لطفی، پ.، قنبرزاده، ب. ۱۴۰۲. مروری بر کاربردهای جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس در بهبود خواص تغذیه‌ای و عملکردی محصولات لبنی و استفاده در بازیافت ضایعات صنعت لبنی. مجله علوم و صنایع غذایی ایران. ۱۴۱، ۱۷۵–۱۹۹.

مرادی. ی. ۱۴۰۲. ریزجلبک اسپیرولینا، غنی‌کننده و بهبوده‌دهنده خواص حسی غذاهای تولیدی بر پایه غلات: مطالعه مروری روایتی. مجله طب دریا. ٤، ۲۱٤–۲۲۲.

مرادی، ی.، قائنی، م.، حدائق، ه. ۱۴۰۳. مقایسه تأثیر افزودن پودر جلبک اسپیرولینا پلاتنسیس (*Spirulina platensis*) روی خواص حسی، فیزیکی، پروتئین و آهن سه فرآورده مختلف صنعتی نان، کیک و شیرینی لایه‌ای. مجله پژوهش های علوم و صنایع غذایی ایران، ۱، ۱۵۳–۱٦٤.

AlFadhly, N.K.Z., Alhelfi, N., Altemimi, A.B., Verma, D.K., Cacciola, F., Narayanankutty, A. 2022. Trends and Technological Advancements in the Possible Food Applications of Spirulina and Their Health Benefits: A Review. Molecules, 27, 5584. https://doi.org/10.3390/molecules27175584

Arshad, Z., Shahid, S., Hasnain, A., Yaseen, E., Rahimi, M. 2025. Functional Foods Enriched with Bioactive Compounds: Therapeutic Potential and Technological Innovations. Food Science & Nutrition, 13(10), e71024. https://doi.org/10.1002/fsn3.71024

Patel, P., Jethani, H., Radha, C., Vijayendra, S.V.N., Mudliar, S.N., Sarada, R., Chauhan, V.S. 2019. Development of a carotenoid enriched probiotic yogurt from fresh biomass of Spirulina and its characterization. Journal of Food Science and Technology, 56, 3721-3731. https://doi.org/10.1007/s13197-019-03844-0

Priyanka, S., Varsha, R., Verma, R., Babu, A.S. 2023. Spirulina: a spotlight on its nutraceutical properties and food processing applications. Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences, 12(6), e4785. https://doi.org/10.55251/jmbfs.4785

Singh, A., Vellapandian, C. 2023. High Risk of Metabolic Complications Due to High Consumption of Processed Foods. Current Nutrition & Food Science, 19(3), 198-208. https://doi.org/10.2174/1573401318666220622062038.

Spirulina: a natural resource for enhancing the nutritional value of conventional foods and development of functional foods

Samira Jaddi

Researcher, Department of Biotechnology, Persian Gulf and Oman Sea Ecological Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Bandar Abbas, Iran

Key words

Microalgae
Spirulina
Food Fortification
Nutritional Value
Functional Foods

Abstract

Spirulina contain numerous nutritious and bioactive compounds and, due to these compounds, has a high potential for fortification of food products and producing functional foods. The conclusion of the studies showed that the main part of the chemical composition of Spirulina consist of protein (55-70%), however carbohydrates, dietary fibers, fats containing omega-3 fatty acids, minerals and pigments, especially phycocyanin, are also present in the structure of this microalga. Among food products, bakery products, dairy products and cereal-based products have a high potential for fortification with Spirulina. In addition, energy snacks, beverages, baby food, desserts and food seasonings also have this potential. Fortification of food products with Spirulina will increase their nutritional value and also add bioactive compounds to the formulation of basic products. Paying attention to sensory characteristics of fortified food products has particular importance, so that, in addition to achieving the aforementioned benefits, they are also accepted by consumers.

مطاف
https://motaf.areeo.ac.ir

معرفی نانو اکسید روی به عنوان افزودنی خوراکی موثر بر عملکرد رشد و بهبود سیستم ایمنی میگوی سفید غربی

محمد شیخ اسدی[1*]، محسن گذری[2]

[1] کارشناس بهداشت و بیماری‌های آبزیان، پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران

[2] هیات علمی بخش بهداشت و بیماری‌های آبزیان، پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، بندرعباس، ایران

کلمات کلیدی

نانوفناوری
نانوذرات‌اکسید روی
میگوی‌سفیدغربی
محرک ایمنی

چکیده

میگوی سفید غربی (*Penaeus vannamei*) یکی از مهم‌ترین گونه‌های آبزی‌پروری در جهان است و بهبود رشد و تقویت سیستم ایمنی آن نقش کلیدی در افزایش بهره‌وری و کاهش تلفات دارد. گسترش پرورش متراکم میگو با بروز چالش‌هایی نظیر کاهش رشد، تضعیف سیستم ایمنی و افزایش حساسیت به بیماری‌ها همراه است که استفاده گسترده از آنتی‌بیوتیک‌ها را به‌عنوان یک راهکار نامطلوب مطرح کرده است. از این‌رو، یافتن افزودنی‌های خوراکی ایمن، کارآمد و سازگار با محیط زیست به‌منظور ارتقای عملکرد رشد و تقویت سیستم ایمنی میگو پیشنهاد شده است. در سال‌های اخیر، استفاده از نانومکمل‌های معدنی به‌ویژه نانوذرات اکسید روی به‌عنوان افزودنی‌های غذایی نوین در آبزی‌پروری مورد توجه قرار گرفته است. این نانومکمل‌ها قادر به افزایش جذب مواد مغذی، تقویت پاسخ‌های ایمنی، کاهش استرس اکسیداتیو و بهبود مقاومت علیه پاتوژن‌ها می‌باشند. نتایج مطالعات گذشته نشان میدهد نانومکمل‌های معدنی از جمله مکمل نانو اکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان در جیره غذایی میگوی سفید غربی، شاخص‌های رشد و پاسخ ایمنی میگو را ارتقاء می‌بخشد و با بهبود فعالیت آنزیم‌های گوارشی اثر مثبتی بر رشد و تغذیه میگو خواهد داشت. بنابراین، استفاده از نانوحامل‌ها برای انتقال محرک‌های ایمنی غذایی در تغذیه میگو امیدوارکننده به نظر می‌رسد.

۱. بیان مسئله

برای تولید تجاری و کارآمد آبزیان، مدیریت و شرایط مناسب پرورش، غذادهی با جیره‌های حاوی ترکیبات ارزان‌تر و در عین حال موثر برای رشد بهینه که دارای کمترین مقدار ضریب تبدیل غذایی باشند، ضروری به نظر می‌رسد. بهبود جیره‌های غذایی فرموله شده برای افزایش رشد و ارتقاء

* نویسنده مسئول: m.sh_asadi73@yahoo.com

سلامت آبزیان یکی از مسائل عمده در آبزی پروری تجاری می‌باشد (Karamzadeh et al., 2022). بهبود خوراک آبزیان پرورشی گامی مهم در جهت تولید موفقیت آمیز و اقتصادی آبزیان است، زیرا خوراک به عنوان بالاترین هزینه عملیاتی در صنعت آبزی پروری است. علاوه بر این، استفاده از مکمل‌های غذایی با آنتی اکسیدان‌های مختلف در آبزی پروری می‌تواند تعادل آنتی اکسیدانی، وضعیت فیزیولوژیکی عمومی، عملکرد رشد و درآمد اقتصادی آبزی پروری را بهبود بخشد (Ahmed et al., 2025).

پرورش میگوی سفید غربی یکی از مهم‌ترین فعالیت‌های آبزی‌پروری در جهان است که با چالش‌های متعددی همچون بیماری‌ها، استرس محیطی و ضریب تبدیل غذایی مواجه است. با توجه به گسترش پرورش متراکم میگو، بروز بیماری‌ها و خسارات اقتصادی افزایش یافته و از سوی دیگر، محدودیت‌های جهانی در مصرف آنتی‌بیوتیک‌ها، تولیدکنندگان را به سمت استفاده از افزودنی‌های خوراکی ایمن و پایدار به عنوان یکی از راهکارهای نوین و پایدار سوق داده است (شکل ۱). استفاده از مکمل‌های غذایی می‌تواند کیفیت رشد و مقاومت ایمنی را افزایش دهد، اما محدودیت‌های جذب و پایداری برخی از این مواد در بدن میگو باعث شده است تا نانوفناوری به‌عنوان راهکاری نوین مورد استفاده قرار گیرد (Sheikh Asadi et al., 2024).

نانوفناوری شاخه‌ای نوین از علوم کاربردی است که به استفاده از مواد، ساختارها و سامانه‌های نانومقیاس (۱ تا ۱۰۰ نانومتر) می‌پردازد و در آبزی‌پروری می‌تواند به‌منظور بهینه‌سازی فرایندهای زیستی، مدیریتی و تولیدی به‌کار برده شود. این فناوری با بهبود زیست‌دسترس‌پذیری مواد مغذی، افزایش کارایی داروها و واکسن‌ها، کنترل هدفمند عوامل بیماری‌زا، پایش هوشمند کیفیت آب و کاهش اثرات زیست‌محیطی، نقش مهمی در ارتقای سلامت و بهره‌وری، پایداری و امنیت غذایی در صنعت آبزی‌پروری ایفا می‌کند (Sheikh Asadi et al., 2018). در آبزی‌پروری، این فناوری به‌ویژه در تغذیه و ایمنی زیستی کاربرد گسترده‌ای یافته و نانومکمل‌ها یکی از مهم‌ترین دستاوردهای آن محسوب می‌شوند (Moghadam et al., 2021).

نانومکمل‌های معدنی شامل عناصر ضروری هستند که در مقیاس نانو تولید می‌شوند و به دلیل فراهمی زیستی بالا و جذب سریع‌تر، نسبت به مکمل‌های معمولی اثربخشی بیشتری دارند، که می‌تواند باعث بهبود رشد و سیستم ایمنی میگو شود و با توجه به قابلیت حمل بهتر و جذب کارآمدتر نسبت به فرم‌های معمولی، به‌طور هدفمند مواد مغذی را به بخش‌های خاص دستگاه گوارش برسانند و از اتلاف جلوگیری کنند (Sheikh Asadi et al., 2024).



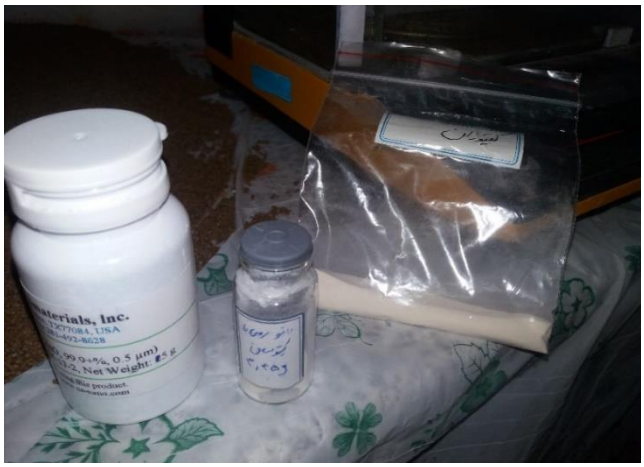
شکل ۱.پرورش میگوی سفید غربی (دستورالعمل کشت متراکم میگو در استخر، نشریه ترویجی، سازمان شیلات ایران ۱۳۹۵)

۲. معرفی دستاورد

۱.۲. معرفی نانواکسید روی

روی یک عنصر ریز مغذی است که در محتوای مایعات بدن، بافت‌ها و اندام‌ها وجود دارد و به عنوان کوفاکتور مورد نیاز برای تنظیم چندین عملکرد فیزیولوژیکی و بیولوژیکی در بدن از جمله تنظیم اسمزی، متابولیسم مواد مغذی، آنزیم‌های آنتی اکسیدانی و کارایی خوراک عمل می‌کند (Karamzadeh et al., 2022). علاوه بر این، روی سنتز پروتئین، چربی، انرژی و ویتامین A را تنظیم می‌کند و نقش مهمی در عملکرد آبزیان (بقاء، رشد، سیستم ایمنی و عملکرد آنتی اکسیدانی و تولید مثل) دارد و به طور طبیعی در انواع مختلف معدنی، آلی و نانوذره وجود دارد (Eman et al., 2021). روی فعالیت سلول را از طریق اتصال به گیرنده‌های خاص روی غشای سلولی، حامل‌ها و کانال‌ها تنظیم می‌کند. از این رو، فعالیت صدها آنزیم و هزاران عامل رونویسی در گونه‌های مختلف جانوری ارتباط نزدیکی با روی دارد. بنابراین کمبود روی باعث اختلال در رشد، بقا، عملکرد سیستم ایمنی آبزی می‌شود و باعث کم اشتهایی، عفونت های مکرر، فرسایش پوست و باله‌ها و مرگ و میر می‌شود (Sallam et al., 2020).

یکی از مهم‌ترین اشکال روی، شکل معدنی آن یعنی اکسید روی است که در رژیم غذایی آبزیان استفاده می‌شود و نقش مثبت آن در رشد و ایمنی آبزیان به اثبات رسیده است (شکل ۲). با توجه به اهمیت تنظیم مقدار دقیق روی در جیره غذایی، استفاده از روش‌های نوین در انتقال این عنصر به بدن ضروری به نظر می‌رسد (Gharaei et al., 2020). علاوه بر اشکال آلی و معدنی مواد معدنی به عنوان مکمل‌های غذایی، نانوتکنولوژی مقیاس اتمی یا مولکولی جدیدی از روی را با ویژگی‌ها و قابلیت‌های بهتر از جمله انتقال و جذب بالاتر معرفی کرده است (Sallam et al., 2020).



شکل ۲. نانو اکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان

۲.۲. مکانیسم‌های اثر نانومکمل‌ها بر سیستم ایمنی میگو

اثرگذاری نانومکمل‌های معدنی بر سیستم ایمنی میگو عمدتاً از طریق چند مکانیسم اصلی صورت می‌گیرد:

- افزایش فراهمی زیستی عناصر معدنی
- تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی و کاهش رادیکال‌های آزاد
- افزایش تعداد و فعالیت هموسیت‌ها (گرانولوسیت-ها، سمی گرانولوسیت‌ها و هیالونوسیت‌ها)
- تحریک بیان ژن‌های مرتبط با دفاع ایمنی

۳.۲. مزایای استفاده از نانومکمل‌های معدنی

افزایش جذب مواد معدنی و غذایی، تقویت سیستم ایمنی و مقاومت در برابر پاتوژن‌ها، بهبود رشد و کارایی تغذیه، کاهش استرس اکسیداتیو، بهبود سلامت عمومی و کاهش تلفات از مزایای استفاده از نانومکمل های معدنی هستند (Muralisankar et al., 2014). در این راستا، نقش مکمل غذایی روی، کیتوزان و نانوذرات اکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان در افزایش هضم و جذب غذا و در نتیجه رشد بیشتر و کاهش ضریب تبدیل غذایی در گونه‌های مختلف آبزیان به اثبات رسیده است (Ishwarya et al., 2019 ; Kazemi et al., 2020 ; Karamzadeh et al., 2022).

۴.۲. نحوه کاربرد نانوذرات اکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان

نانوذرات اکسید روی با اندازه ذرات در محدوده نانومتر (معمولاً ۱۰–۱۰۰ نانومتر) تهیه و به‌منظور افزایش پایداری، زیست‌سازگاری و کارایی جذب، با پلیمرهای طبیعی نظیر کیتوزان پوشش داده می‌شوند. پوشش‌دهی با کیتوزان می‌تواند از تجمع ذرات جلوگیری کرده و قابلیت جذب آن‌ها را در دستگاه گوارش میگو افزایش دهد. دوز مصرف نانوذرات بر اساس نتایج مطالعات پیشین و هدف آزمایش تعیین می‌شود. مقادیر پیشنهادی معمولاً در محدوده ۱۰ تا ۱۰۰ میلی‌گرم نانو اکسید روی به ازای هر کیلوگرم جیره غذایی می‌باشد. توصیه می‌شود قبل از مصرف گسترده، دوز بهینه از طریق آزمایش‌های مقدماتی مشخص گردد. میگوها بر اساس درصدی از وزن بدن (معمولاً ۳ تا ۵ درصد وزن زنده در روز) و در چند وعده منظم با خوراک حاوی نانومکمل تغذیه می‌شوند. در طول دوره تغذیه، شاخص‌های رشد (افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی)، شاخص‌های ایمنی (فعالیت آنزیم‌های ایمنی، شمار هموسیت‌ها) و سلامت عمومی میگو به‌طور منظم پایش می‌شود (Minabi et al., 2020).

۵.۲.محدودیت‌ها و چالش‌های استفاده از نانومکمل‌های معدنی

پتانسیل سمیت در سطوح بالای استفاده این نانومکمل‌ها، سمیت و تجمع زیستی بالقوه و همچنین اثرات زیست‌محیطی، نبود استانداردهای کاربرد، محدودیت‌های قانونی و هزینه بالای تولید و افزایش قیمت تمام شده محصول از محدودیت های استفاده از نانومکمل های معدنی از قبیل نانوذرات اکسید روی هستند (Karamzadeh et al., 2022).

۳. توصیه‌های ترویجی

- نانومکمل اکسید روی پتانسیل بهبود سلامت و سیستم ایمنی میگوی سفید غربی را داشته و می تواند نقش مهمی در ارتقای بهره‌وری و پایداری صنعت آبزی‌پروری ایفا نماید.
- ترکیب نانوذرات با آنتی‌اکسیدان‌ها، جلبک‌ها یا ترکیبات زیستی، راهکاری نوین برای تقویت پاسخ ایمنی، کاهش استرس اکسیداتیو و افزایش مقاومت در برابر بیماری‌ها می‌باشد.
- توسعه استانداردهای مصرف نانومکمل‌ها می‌تواند وابستگی به داروها را در صنعت پرورش میگو کاهش دهد.
- سطح ۱۰ میلی‌گرم نانواکسید روی پوشش داده شده با کیتوزان در کیلوگرم غذا، سطحی مناسب به منظور کاربرد در مقیاس تجاری می‌باشد.

منابع

Ahmed, R., Doan, H., Davies, S., Hassaan, S., Goda, A. and El-Haroun, E. 2025. Effect of Selenium and Nano- Selenium applications on biological Functions in Aquaculture – A Review. Sciendo, 25 (3): 905-919.

Gharaei, A., Khajeh, M., Khosravanizadeh, A., Mirdar, J. and Fadai, R. 2020. Fluctuation of biochemical, immunological, and antioxidant biomarkers in the blood of beluga (*Huso huso*) under effect of dietary ZnO and chitosan–ZnO NPs. Fish Physiology Biochemistry, 1-15.

Ishwarya, R., Jayakumar, R., Abinaya, M., Govindarajan, M., Alharbi, N. S., Kadaikunnan, S., Khaled, J. M., AL-Anbar, M. N. and Vaseeharan, B. 2019. Facile synthesis of haemocyanin-capped zinc oxide nanoparticles: effect on growth performance, digestive-enzyme activity, and immune responses of *Penaeus semisulcatus*. Biological Macromolecules, 1-34.

Karamzadeh, M., Yahyavi, M., Salarzadeh, AR. And Nokhbe Zare, D. 2022. Research Article: Effects of dietary selenium and zinc nanoparticles on growth performance, immune responses, and antioxidant enzymes activities of white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Iranian Journal of Fisheries Sciences 21: 1125-1140.

Kazemi, K., Sourinejad, I., Ghaedi, A., Johari, S. A. and Ghasemi, Z. 2020. Effect of different dietary zinc sources (mineral, nanoparticulate, and organic) on quantitative and qualitative semen attributes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 515:1-8.

Minabi, K., Sourinejad, I., Alizadeh, M., Ghatrami, E. R., & Khanjani, M. H. 2020. Effects of different carbon to nitrogen ratios in the biofloc system on water quality, growth, and body composition of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings. Aquaculture International, 28(5), 1883-1898.

Moghadam, H., Sourinejad, I., and Johari, S.A. 2021. Growth performance, haemato-immunological responses and antioxidant status of Pacific white shrimp *Penaeus vannamei* fed with turmeric powder, curcumin and curcumin nanomicelles Aquaculture Nutrition 27:2294-2306.

Muralisankar, T., Bhavan, P. S., Radhakrishnan, S., Seenivasan, C., Manickam, N. and Srinivasan, V. 2014. Dietary Supplementation of Zinc Nanoparticles and Its Influence on Biology, Physiology and Immune Responses of the Freshwater Prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. Biology Trace Elem Research, 160:56–66.

Sallam, A. E., Mansour, A. T., Alsaqufi, A. S., Salem, M. and El-Feky, M. M. 2020. Growth performance, anti-oxidative status, innate immunity, and ammonia stress resistance of *Siganus rivulatus* fed diet supplemented with zinc and zinc nanoparticles. Aquaculture Reports, 18: 400-410.

Sheikh Asadi, M., Gharaei, A., Mirdar Harijani, J. and Arshadi, A. 2018. A Comparison between dietary effects of *Cuminum cyminum* essential oil and *Cuminum cyminum* essential oil, loaded with iron nanoparticles, on growth performance, immunity and antioxidant indicators of white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). Aquaculture Nutrition. 1–8. 2018.

Sheikh Asadi, M., Naji, A., Sourinejad, I., Gharaei, A., Niroomand, M. 2024. Distinct effects of dietary chitosan, ZnO, and chitosan–ZnO nanocomposite on the performance and diet economic efficiency of Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*). Aquaculture International, 1-21.

Introducing zinc oxide nanoparticles as an effective feed additive on the growth performance and immune system improvements of *Penaeus vannamei*

Mohammad Sheikh Asadi[1], Mohsen Gozari*[2]

[1] *Researcher, Department of Aquatic Health and Diseases, Persian Gulf and Oman Sea Ecological Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Bandar Abbas, Iran*
[2] *Faculty member, Department of Aquatic Health and Diseases, Persian Gulf and Oman Sea Ecological Research Center, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Bandar Abbas, Iran*

Key words

Nanotechnology
Zinc Oxide Nanoparticles
Immunostimulant
Penaeus vannamei

Abstract

White leg shrimp (*Penaeus vannamei*) is one of the most important cultured species in global aquaculture. Improving the growth performance and immune system of aquatics including shrimp plays a key role in their increasing productivity and reducing mortality during the culture period. The expansion of intensive shrimp farming has been accompanied by challenges such as reduced growth, weakened immune responses, and increased susceptibility to diseases. Today, in order to the decrease these challenges, antibiotics are used frequently. However, due to the side effect of antibiotics on the human health, their replacement with safe, efficient, and environmentally friendly dietary has specific importance. In this regard, the application of mineral nano-supplements, particularly zinc oxide nanoparticles, as novel dietary additives in aquaculture have attracted considerable attention. These nano-supplements are capable of enhancing nutrient absorption, strengthening immune responses, reducing oxidative stress, and improving resistance to pathogens. Based on the results obtained from previous studies, it can be concluded that that mineral nano-supplements, including chitosan-coated nano zinc oxide, in the diet of white leg shrimp, improve growth performance and immune responses and exert positive effects on shrimp growth and nutrition by enhancing digestive enzyme activity. Therefore, the use of nanoparticles and nanocarriers in shrimp nutrition could be a promising approach.