Journal of Aquaculture Development
Vol. 20, No. 2, 2026, Pages: 95-108
DOI: 10.71901/jad-2026-1-917

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

Effect of different amounts of Rosemary extract on cholesterol and triglyceride levels and improving immune indices of post larval hemolymph of western white leg shrimp *Litopenaeus vannamei* against environmental stresses of temperature and salinity

Laleh Parishani Heidarpour,[1] Maziyar Yahyavi [2*], Flora Mohammadizadeh[2], Alireza Salarzadeh[2], Amir Hoshang Bahri[2]

1-Department of Fisheries, BA.C., Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran
2-Department of Fisheries, Marine and Fisheries Technologies Research Center, BA.C., Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran

Received: 26 October 2025 **Accepted: 7 December 2025**

Extended Abstract:

Introduction: Advanced aquaculture technology has led to the selection of resistant shrimp against diseases and environmental conditions, which not only reduces the risk of mortality but also significantly increases the yield per hectare. The increasing demand for consumption, short cultivation periods, and profitability of the product are considered as factors driving the progress of this industry. Despite many ups and downs, shrimp farming in our country holds a good position. Research by the Iranian Fisheries Organization has even included the propagation, cultivation, and domestication of Western Whiteleg Shrimp (*Litopenaeus vannamei*), which has an economic justification compared to other native Iranian species, in its program. This study aimed to investigate the effects of different levels of rosemary extract on cholesterol, triglycerides, hemolymph immune parameters, and the stress tolerance of whiteleg shrimp post-larvae under salinity stress.

Material and Methods: In this laboratory experiment, 2,100 post-larvae were obtained from Kouhestak hatchery and fed diets enriched with prepared rosemary extract. The experimental treatments included three levels: control (no extract), 0.2 g/L, and 0.4 g/L of rosemary extract, each with three replicates. After the feeding period, the post-larvae were exposed to salinity shock to assess stress tolerance and physiological quality. For data analysis and to examine the presence or absence of statistically significant differences among treatments regarding the studied parameters, a one-way ANOVA was used, and for comparing the means of the examined factors across different treatments, Duncan's multiple range test was applied at a 95% confidence level.

Results and Discussion: The results showed that rosemary extract significantly reduced cholesterol and triglyceride levels and modulated certain hemolymph biochemical parameters in the 0.2 and 0.4 g/L treatments ($p<0.05$). Analysis of biochemical indices showed that urea, uric acid, glucose, triglycerides, calcium, and phosphorus levels were higher in the control treatment than in the other treatments. These elevated values are generally associated with increased stress, impaired liver and kidney function, and

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-917]

disturbances in energy metabolism. In treatments containing rosemary extract, the reduction of these metabolites can be attributed to the plant's anti-inflammatory, antioxidant, and protective effects. Several studies, including Diwan *et al*. (2022), have demonstrated that rosemary extract improves metabolic and osmotic balance in aquatic organisms by reducing oxidative damage to liver and kidney tissues. The reduction in glucose and triglycerides may also result from modulation of metabolic pathways and more efficient energy utilization. Additionally, immune parameters, including total hemocyte count and granular cell count, were significantly enhanced. Immune parameters, including total hemocyte count and granular cells, also increased in treatments containing rosemary extract, particularly at the level of 0.4 g. Hemocytes play a central role in phagocytosis, tissue repair, coagulation, and antimicrobial responses, and their increase is an indicator of immune stimulation. The phenolic and antioxidant compounds of rosemary are capable of activating immune-related signaling pathways such as NF-κB, which leads to increased production of cytokines, antimicrobial proteins, and enhanced phagocytic activity (Wade *et al*., 2015; Karataş *et al*., 2020). In addition, antioxidant protection of hemocytes prevents cellular damage caused by stress, which in turn increases the number and efficiency of immune cells. Domestic studies also confirm that natural immunostimulants, including mangrove leaf extract, can improve immune quality and post-larval survival (Hajiian *et al*., 2017). Furthermore, rosemary extract improved survival under salinity stress, with the 0.4 g/L treatment showing a statistically significant increase compared to the control.

Conclusion: Overall, the findings indicate that rosemary extract, particularly at 0.4 g/L, can improve biochemical indices, reduce blood lipids, enhance immunity, and increase the resilience of whiteleg shrimp post-larvae to salinity stress. Therefore, it has potential as a natural dietary supplement to reduce stress and improve post-larval quality. These findings align with the global trend in aquaculture towards using plant-based compounds and reducing antibiotic use. Future studies are recommended to focus on determining optimal administration periods, evaluating long-term cumulative effects, and assessing the combination of rosemary extract with other bioactive additives. Developing new formulations based on plant extracts could also be a significant step toward sustainable and safe shrimp farming.

Conflict of Interest: There is no conflict of interest between the authors of the article.

Acknowledgment: The authors of the article are grateful for the support of their respected colleagues.

Keywords: Rosemary extract, cholesterol, triglyceride, immune indices of post-larval hemolymph, western white leg shrimp

* *Corresponding Author: m.yahyavi@iau.ac.ir*

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-917]

نشریه توسعه آبزی‌پروری، سال بیستم، شماره دوم، تابستان ۱۴۰۵، صفحه های ۱۰۸-۹۵
DOI: 10.71901/jad-2026-1-917

"مقاله پژوهشی"

تأثیر مقادیر مختلف عصاره رزماری بر میزان کلسترول و تری گلیسرید و بهبود شاخص‌های ایمنی همولنف پست لارو میگوی پا سفید غربی (*Litopenaeus vannamei*) در برابر تنش شوری

لاله پریشانی حیدرپور[۱]، مازیار یحیوی[۲*]، فلورا محمدی زاده[۲]، علیرضا سالار زاده[۲]، امیر هوشنگ بحری[۲]

۱- گروه شیلات، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران
۲- گروه شیلات، مرکز تحقیقات فناوری‌های دریایی و شیلاتی، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۸/۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۹/۱۶

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف عصاره رزماری بر میزان کلسترول، تری‌گلیسرید، شاخص‌های ایمنی همولنف و همچنین توان مقاومت پست‌لارو میگوی پا سفید غربی (*Litopenaeus vannamei*) در برابر تنش شوری انجام شد. در این مطالعه آزمایشگاهی، تعداد ۲۱۰۰ قطعه پست‌لارو از مزرعه تکثیر میگو کوهستک (شهرستان سیریک، استان هرمزگان) تهیه و پس از آماده‌سازی عصاره رزماری، لاروها با جیره‌های غنی‌شده تغذیه شدند. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح: بدون عصاره (شاهد)، ۰/۲ و ۰/۴ گرم در لیتر عصاره رزماری بود و هر تیمار در سه تکرار اجرا شد. پس از دوره تغذیه، پست‌لاروها در معرض شوک شوری قرار گرفتند تا تحمل استرس و کیفیت فیزیولوژیک آن‌ها ارزیابی شود. نتایج نشان داد که عصاره رزماری به‌طور معنی‌داری سبب کاهش کلسترول، تری‌گلیسرید و تعدیل برخی پارامترهای بیوشیمیایی همولنف در تیمارهای ۰/۲ و ۰/۴ گرم در لیتر شد ($p<0.05$). همچنین، عصاره رزماری سبب افزایش معنی‌دار شاخص‌های ایمنی از جمله هموسیت کل و سلول‌های گرانولار شد ($p<0.05$). از سوی دیگر، استفاده از عصاره رزماری باعث بهبود نسبی بقا در مواجهه با تنش‌های شوری شد، که اختلاف به‌دست‌آمده در برابر شوک شوری در سطح ۰/۴ گرم در لیتر نسبت به شاهد از نظر آماری معنی‌دار بود ($p<0.05$). به‌طور کلی، یافته‌ها نشان داد که استفاده از عصاره رزماری به‌ویژه در سطح ۰/۴ گرم در لیتر، می‌تواند سبب بهبود شاخص‌های بیوشیمیایی، کاهش چربی‌های خون، تقویت ایمنی و افزایش مقاومت پست‌لارو میگوی پا سفید غربی در مواجه با تنش شوری شود. از این‌رو قابلیت کاربرد به‌عنوان مکمل تغذیه‌ای طبیعی در کاهش استرس و بهبود کیفیت پست‌لارو را دارد.

کلمات کلیدی: عصاره رزماری، کلسترول، تری گلیسرید، شاخص‌های ایمنی همولنف پست لارو، میگوی پا سفید غربی

* عهده‌دار مکاتبات: m.yahyavi@iau.ac.ir

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-917]

مقدمه

تکنولوژی پیشرفته صنعت آبزی‌پروری باعث گزینش میگوهای مقاومتری در مقابل بیماری و شرایط محیطی شده که علاوه بر کاهش میزان خطر پذیری، بازده محصول در هر هکتار را در حد چشمگیری افزایش داده است. افزایش تقاضا برای مصرف، زمان کوتاه پرورش و سود آوری محصول را میتوان از عوامل پیشرفت این صنعت دانست. پرورش میگو در کشور ما، به رغم فراز و نشیبهای بسیار از جایگاه مناسبی برخوردار است. تا جایی که تحقیقات شیلات ایران تکثیر، پرورش و بومی سازی میگوی پا سفید غربی را که دارای توجیه اقتصادی نسبت به سایر گونه‌های پرورش بومی ایران بودند، در برنامه خود قرار داده است (Nosratpour *et al*., 2012). وضعیت تغذیه‌ای یکی از عوامل مؤثر بر توانایی موجود در مقابله با عوامل تنش زا و بیماری زا محسوب می‌شود. امروزه به منظور جلوگیری از بروز بیماری‌ها و درمان آن‌ها در سیستم‌های متراکم پرورشی تحت استرس، از آنتی بیوتیک ها استفاده می‌شود. استفاده بیش از حد از مواد شیمیایی و آنتی بیوتیک ها باعث افزایش مقاومت بدن به داروها و کاهش عملکرد سیستم ایمنی، بالا رفتن مقاومت باکتری‌ها، آلودگی محیط زیست و باقی ماندن بقایای سمی آن‌ها در بدن آبزی می‌شوند. همچنین در انسان موجب بروز اثرات سمی، واکنش‌های حساسیت زا، شیوع عفونت‌های ثانویه و اختلال در سوخت و ساز می‌گردد (Immanuel *et al*., 2012; Barman *et al*., 2025; Elhetawy *et al*., 2013). بعلاوه پروتئین از مهمترین و عمده‌ترین مواد مغذی لازم برای رشد و سلامت میگو است و شوری بیشترین تأثیر را بر میزان جذب پروتئین جیره غذایی و سنتز این ماده مغذی در بدن میگوها دارد. بنابراین تغییرات شوری، کیفیت نامناسب آب و سطوح نامطلوب جیره غذایی منجر به ایجاد استرس و در نتیجه ایجاد شرایطی مناسب برای حضور پاتوژنهای فرصت طلب میگردد که متعاقباً باعث تغییر در ترکیب هموسیت‌های همولنف به عنوان نخستین خط دفاعی سخت پوستان میشود زیرا تنش شوری باعث لیز سلولی و کاهش تعداد هموسیت‌ها می‌شود (Sánchez *et al*., 2001). به طورکلی استرس‌های محیطی خارج از محدوده تحمل آبزی می‌تواند فعالیت اندام میتوکندری را تغییر داده و در نتیجه حجم هموسیت‌های در گردش کاهش مییابد (Le Moullac and Haffner, 2000). به نظر می‌رسد، شوری پایین برای گونه شوری پسند مثل میگوی پاسفید غربی و میزان پایین پروتئین جیره غذایی نیز به نوعی عامل استرس زا محسوب شده و منجر به کاهش تعداد سلولهای گرانولوسیت می‌شود که ۱۰ تا ۲۰ درصد هموسیت‌های خون را به خود اختصاص می‌دهد. بنابراین استرس، سیستم ایمنی و عملکرد متابولیکی میگو را مختل می‌نماید (Intanai and Taylor, 2009; Charoensapsri *et al*., 2015).

به طورکلی، هموسیت‌ها یکی از خطوط دفاعی میگو میباشند و میتواند به عنوان نشانگر زیستی بالقوه جهت بررسی و ارزیابی وضعیت سلامت میگو مورد استفاده قرارگیرد (Annies and Rosamma, 2007). تغییرات محیط زیست، سخت‌پوستان را وادار می‌سازد که وضعیت ایمنی بدن خود را تغییر دهند. این نوسانات اغلب موجب استرس در سخت‌پوستان شده و در نتیجه قدرت ایمنی بدن کاهش می‌یابد (Le Moullac and Haffner, 2000). لذا، ایجاد شرایط محیطی مطلوب و جیره غذایی متعادل و مناسب و همچنین مدیریت

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.71901/jad-2026-1-917]

صحیح باعث مقاوم‌تر شدن میگو از طریق تحریک سیستم ایمنی بدن می‌شود (Barman *et al*., 2025). مطالعات همچنین نشان داده‌اند با توجه به استرسی که گونه پا سفید غربی در آبهای شیرین و لب شور متحمل می‌شود، بهترین میزان شوری آب ppt ۳۲–۳۵ بوده و به عنوان مطلوبترین شوری آب جهت پرورش میگوی پا سفید غربی توصیه می‌گردد. لوکوسیت‌هایی که به عنوان Back-bone عامل اصلی پاسخ‌های ایمنی در نظر گرفته می‌شوند شامل لنفوسیت‌ها و فاگوسیت‌ها (مونوسیت ها و نوتروفیل ها) هستند. لنفوسیت‌ها نه تنها از طریق مکانیسم‌های دفاعی خاص آنتی بادی تولید می‌کنند، بلکه فعالیت ماکروفاژ را نیز نشان می‌دهند. به عبارت دیگر، افزایش تعداد این سلولها باعث تقویت سیستم دفاعی آبزی می‌شود. نوتروفیل های خون محیطی سلول‌های بسیار حرکتی هستند که به سرعت در مکان‌های عفونت جمع می‌شوند و با تولید پروتئین‌های چسبنده و چسبیدن به سطوح بافتی، نقش اصلی را در مکانیسم‌های دفاعی غیر اختصاصی بازی می‌کنند (Awad and Awaad, 2017).

محرک‌های ایمنی، پروبیوتیک ها (مکمل‌های میکروبی زنده) و پری بیوتیک ها (ترکیبات غذایی غیرقابل هضم) از جمله ترکیباتی هستند که برای بهبود تعادل میکروبی روده در آبزیان به کار می‌روند(Li and Gatlin, 2014). استفاده از گیاهان دارویی به عنوان محرک‌های ایمنی و رشد جایگزین مناسبی برای آنتی بیوتیک‌ها، واکسن‌ها و ترکیبات سنتزی هستند (Bulfon *et al*., 2015; Dos S Filho *et al*., 2023). این مکمل‌های غذایی علاوه بر افزایش رشد، اثرات سودمندی بر ایمنی میزبان و ایجاد مقاومت در برابر استرس و عوامل بیماری زا ایجاد می‌کند. البته اگر پایه این مکمل‌ها مواد طبیعی مانند گیاهان باشد، دارای حداقل اثرات سوء ذکر شده هستند. از مزیت‌های ترکیبات گیاهی راحتی جذب در دستگاه گوارش آبزیان، بالا نبودن هزینه تولید آن‌ها، دامنه وسیع تأثیر بر پاتوژن ها می‌باشد. این ترکیبات قابلیت تجزیه شدن در بدن آبزیان را دارند و همانند آنتی بیوتیک ها در بدن آنها باقی نمی‌مانند (Hoseinifar *et al*., 2011; Bairwa and Jakhar, 2012). عصاره‌های مختلفی از گیاهان دارویی مورد آزمایش قرار گرفته‌اند که برخی از آنها دارای خواص تحریک ایمنی هستند. این محرکها میتوانند به عنوان یک راه حل مناسب مورد استفاده قرار گیرند. با وجود تحقیقات فراوانی که طی چند دهه اخیر در ارتباط با تغذیه میگو در مراحل مختلف رشد انجام شده است هنوز هم درصد تلفات میگو در مراحل پست لاروی و آغازین دوره لاروی رقم قابل توجه ای است. از آنجایی که تکثیر و پرورش میگو بخش عمده تولیدات شیلات را تشکیل می‌دهد، بنظر میرسد انجام تحقیقات بیشتری در ارتباط با تغذیه لارو میگو ضرورت دارد.

میگوی پا سفید غربی در ابتدا با نام *Penaeus vannamei* و سپس *Litopenaeus vannamei* شناخته شد (Perez Farfante and Kensley, 1997). این میگو بومی مناطقی است که دمای آب در طول سال کمتر از ۲۰ درجه سانتی‌گراد نمی‌شود (Rosenberry, 2003). بنابراین به طور طبیعی در سواحل دریای مکزیک، مرکز و جنوب آمریکا و جنوب پرو به وفور یافت می‌شود. امروزه این گونه در ایران با استفاده از پست لاروهای وارداتی پرورش داده می شود (Faghih *et al*., 2023). در حال حاضر، میگوی پا سفید غربی حدود ۸۰ درصد میگوی تولیدی جهانی را به خود

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-917]

اختصاص داده است (Adineh *et al*., 2019). براساس گزارش‌ها میگوی پا سفید غربی می تواند درجه حرارت ۲۳ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد و pH تا ۸ را تحمل نماید. میزان حلالیت اکسیژن در آب به عواملی از قبیل دما، شوری و عمق آب بستگی داشته و با افزایش دما، شوری و عمق، حلالیت اکسیژن در آب کاهش می یابد. بطوریکه حلالیت اکسیژن در آب شور به طور معنی‌داری کمتر از آب شیرین می باشد. اگر دما و اکسیژن خارج از محدوده ایده آل جهت میگوها باشند بر تغذیه میگوها اثر گذاشته و متعاقباً بر بهبود آنها نیز تاثیر می‌گذارد (Briggs *et al*., 2004). با توجه به اینکه دامنه مطلوب میزان شوری ۳۳ تا ۵۴ قسمت در هزار قابل تغییر است، محققین اعلام کرده‌اند دامنه تحمل تغییرات شوری در این گونه ۰/۵ تا ۴۵ قسمت در هزار است. با این حال، تاکنون مطالعه سطوح عصاره رزماری بر میزان کلسترول، تری‌گلیسرید و بهبود شاخص‌های ایمنی همولنف میگو پا سفید غربی در برابر تنش‌های شوری گزارش نشده است. بنابراین هدف از مطالعه حاضر بررسی تأثیر سطوح مختلف عصاره رزماری بر میزان کلسترول و تری گلیسرید و بهبود شاخص‌های ایمنی همولنف پست لارو میگوی پا سفید غربی در برابر تنش‌های شوری بود.

مواد و روش‌ها

قبل از شروع آزمایش تمام وسایل و لوازم مورد نیاز از جمله تانک نگه داری میگو و تانکهای ذخیره سازی، شیلنگ هوا، سنگ هوا و ساچوکها با فرمالین ۴ درصد و آب شستشو داده شدند. بعلاوه ظروف غنی‌سازی و نگهداری آرتمیا توسط اتوکلاو ضدعفونی شده و در پایان تمام وسایل به مدت ۴ ساعت در معرض نور خورشید قرارگرفتند. جهت ضد عفونی کردن آب دریا از ماده ضدعفونی کننده کلر به میزان ۲۰ قسمت در میلیون استفاده شد. آب مصرفی پس از عبور از لامپ اشعه UV در تانک‌ها ذخیره شدند. در ادامه ۲۱۰۰ قطعه لارو میگوی پاسفید غربی از مرکز تکثیر آبزیان دریایی کوهستک (شهرستان سیریک، استان هرمزگان) تهیه شدند. جهت سازگار شدن با محیط لاروها به مدت یک هفته در شرایط آزمایشگاهی نگهداری شدند. پس از تبدیل لاروها به پست لارو، زیست سنجی اولیه شامل اندازه گیری وزن و طول کل انجام شد. این آزمایش با ۳ تیمار و هرتیمار با ۳ تکرار انجام گرفت. در هر تکرار ۱۰۰ قطعه پست لارو رهاسازی شد.

تیمار ۱: میگوهای گروه شاهد با غذای پایه کنسانتره و ناپلی تیمار غنی نشده، بدون پودر رزماری تغذیه شدند.

تیمار ۲: میگوها با غذای پایه کنسانتره و ناپلی غنی شده با سطح ۰/۲ گرم در لیتر عصاره گیاه رزماری مورد تغذیه قرارگرفتند.

تیمار ۳: میگوها با غذای پایه کنسانتره و ناپلی غنی شده با سطح ۰/۴ گرم در لیتر عصاره گیاه رزماری مورد تغذیه قرار گرفتند (Hajiian *et al*., 2017).

علاوه بر مواد اولیه مورد استفاده در جیره غذایی میگو، عصاره رزماری نیز براساس تیمارهای انتخابی به ترکیب مواد غذایی آنها اضافه شدند. بعد از اتمام زمان تغذیه میگوها با جیره حاوی عصاره گیاهان در معرض شوکهای شوری قرارگرفتند. میانگین وزن میگوها قبل از شروع تست و بعد از آن اندازه گیری شدند. قابل ذکر است که هوادهی نیز در طی آزمایش استرس انجام شد.

غذادهی برای هر تیمار به صورت ۴ وعده در روز شامل دو وعده غذایی کنسانتره و دو وعده غذایی زنده

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-917]

(تیمار غنی سازی شده یا نشده) صورت گرفت. قبل از غذادهی میزان غذای موجود در هر تانک بررسی و غذادهی بر اساس میزان نیاز پست لاروها تنظیم شدند (Stottru, 2003). در این پژوهش پس از دوره یک ماهه اولیه پرورش و همچنین پس از پایان دوره دو ماهه پرورش، برای بررسی تحمل استرس و کیفیت پست لاروها آزمایش های استرس شوری انجام شد. تعویض آب تیمارها به میزان ۷۰ درصد هر دو روز یکبار با قطع هواده و پس از جمع شدن فضولات و غذاهای خورده نشده در کف تانک‌ها و سیفون کردن و تخلیه آنها با استفاده از یک لوله به قطر یک سانتی متر انجام شد (Ress *et al*., 1994). جهت تأمین ناپلی آرتمیا مورد نیاز برای غذادهی، از سیست با تخم گشایی ۷۰ درصد استفاده شد. سیست ها پس از ضد عفونی در ۳ ظرف ۲ لیتری که با آب دریای فیلتر شده (شوری ۳۰ قسمت در هزار) آبگیری شده، قرارگرفتند. ناپلئوسهای تخم گشایی شده از مرحله اینستار II جهت غنی سازی به ظروف ۲ لیتری (تراکم ۲۰۰ عدد ناپلی در میلی لیتر) انتقال داده شد. غنی سازی به مدت ۶ ساعت با عصاره گیاه رزماری در دو غلظت ذکر شده صورت گرفت. آرتمیاهای غنی شده، پس از برداشت و شستشو، برای تغذیه پست لاروها مورد تغذیه قرارگرفتند. شایان ذکر است که جهت تغذیه مناسب پست لاروها، غنی سازی آرتمیا به صورت روزانه انجام شد.

برای آزمایش استرس شوری، در روزهای ۳۰ و ۶۰ پس از پرورش، ۱۰ قطعه پست لارو از هر تکرار موجود در شوری ۴۰ قسمت در هزار (شوری آب مزرعه)، در یک بشر حاوی آب شیرین بدون کلر با شوری صفر قسمت در هزار، به مدت ۳۰ دقیقه قرار داده شدند. در ادامه پست لاروها به آب با شوری ۴۰ قسمت در هزار منتقل شدند. در نهایت تعداد پست لاروهای بی حال، سفید رنگ و مرده، مورد شمارش قرار گرفتند. در پایان درصد میگوهای زنده محاسبه شدند (Hajiian *et al*., 2017). برای همولنف گیری ابتدا سرنگ انسولین با سوزن شماره ۲۵ به میزان ۰/۴ میلی‌لیتر با محلول ضد انعقاد (سیترات سدیم) پر و سپس از هر میگو حداکثر مقدار ممکن همولنف اخذ گردید. از این نمونه برای تعیین میزان هموسیت کل و هموسیت افتراقی استفاده شد. برای شمارش کلی هموسیت‌ها از هر نمونه همولنف حاوی ضد انعقاد، ۱۰۰ میکرولیتر برداشته و با حجم برابر از بافر فرمالین (۱۰٪) برای ۳۰ دقیقه فیکس شد. سپس شمارش کلی هموسیت‌ها به وسیله لام نئوبار زیر میکروسکوپ نوری با بزرگنمایی ۴۰ X انجام گرفت. برای انجام شمارش افتراقی هموسیت‌ها، گسترش تهیه شد. به این ترتیب که ۵۰ میکرولیتر (یک قطره) از نمونه همولنف و ماده ضد انعقاد روی لام ریخته شد و با کمک یک لام دیگر با زاویه ۴۵ درجه گسترش تهیه شد. بعد از خشک شدن گسترش‌ها، برای فیکس کردن، لام به مدت ۳۰ ثانیه داخل متانول خالص قرار داده شد. پس از خشک شدن، لام‌ها به روش گیمسا رنگ آمیزی شد. سپس با میکروسکوپ نوری، تعداد سلول‌های هموسیت شمارش شد. همچنین از نمونه‌های همولنف به دست آمده از هر ۵ قطعه در یک میکروتیوب تخلیه و با سرعت ۱۰ هزار دور و به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفوژ گردید. آنگاه قسمت فوقانی نمونه سانتریفوژ شده به میکروتیوب دی گری انتقال یافت. نمونه‌ها در کنار یخ نگهداری و به آزمایشگاه به منظور سنجش پارامترهای بیوشیمیایی انتقال یافتند. بلافاصله پارامترهای (Elan) بیوشیمیایی به شرح روش‌های زیر مورد اندازه‌گیری قرار گرفت:

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-917]

اوره به روش آنزیمی اوره آز – گلوتامات د هیدروژناز (Uraese- GLDH)، اسیداوریک به روش آنزیمی PAP، کراتینین به روش اصلاح شده ژافه (Jaffe) کلسیم به روش ارتوکرزول فتالئین (_ Orthe cresolphthalein)، فسفر به روش اولتراویوله فسفر مولیبدات (UV)، گلوکز به روش آنزیمی گلوکز اکسیداز (GOD-PAP)، کلسترول به روش آنزیمی کلسترول اکسیداز (CHOD-PAP) و تری گلسیرید به روش آنزیمی گلیسروفسفات دهیدروژناز (GOD-PAP) مورد سنجش قرارگرفت.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزارآماری SPSS 21 انجام گرفت. با توجه به نرمال بودن داده‌ها پس از تست شاپرو ویلک (Shapiro Wilk) جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها، از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه و جهت مقایسه میانگین فاکتورها از آزمون چند دامنه دانکن در سطح ۹۵ درصد استفاده گردید.

نتایج

بطورکلی نتایج میانگین پارامترهای رشد پست لارو میگوی پا سفید غربی تغذیه شده با سطوح مختلف عصاره رزماری در جدول ۱ بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای مختلف آزمایشی بود ($p<۰/۰۵$). بیشترین میزان وزن نهایی در میگوهای تغذیه شده با ناپلی غنی شده با سطح ۰/۴ گرم در لیتر عصاره گیاه رزماری (تیمار ۲) و کمترین آن در تیمار شاهد دیده شد ($p<۰/۰۵$). طول نهایی در تیمارهای ۱ و ۲ بیشتر از تیمار شاهد بود ($p<۰/۰۵$). بطوریکه با تیمار شاهد دارای اختلاف معنی دار بودند، ولی با یکدیگر تفاوت منی داری نداشتند ($p>۰/۰۵$). طول و عرض کاراپاس در تیمار ۲ بیشتر از سایر تیمارها بود، به نحویکه با آنها اختلاف منی دار داشت ($p<۰/۰۵$).

نتایج بررسی تنش شوری نشان داد که در تیمار ۲ درصد بازماندگی بیشتر از دو تیمار دیگر و تفاوتها معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$) (جدول ۲).

مقادیر شاخص‌های ایمنی پست لارو میگوی پا سفید غربی در جدول ۳ نشان داده شده است. میزان هموسیت کل، سلول های گرانول بزرگ، کوچک و هیالبن در تیمار ۲ بیشتر از تیمار ۱ و شاهد بود، بطوریکه از لحاظ آماری نیز اختلاف ها معنی‌دار بودند ($p<۰/۰۵$).

میزان اوره، اسید اوریک، کراتین، کلسیم، فسفر، گلوکز، کلسترول و تری گلسیرید در همولنف میگوهای تیمار شاهد بیشتری از تیمارهای تحت تاثیر رزماری بودد. ضمن اینکه اختلاف‌ها معنی دار بودند ($p<۰/۰۵$) (جدول ۴).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-917]

جدول ۱: شاخص‌های رشد بر پست لارو میگوی پا سفید غربی تغذیه شده با سطوح مختلف عصاره رزماری

Table 1: Growth parameter on post-larval white shrimp fed with different levels of rosemary extract

Parameter / Treatment	Initial weight (gr)	Final weight (gr)	Initial length (mm)	Final length (mm)	Carapace length (mm)	Carapace width (mm)	Survival (%)
Contorol	0.03±0.01^{a}	4.69±0.09^{c}	1.29±0.01^{a}	70.74±0.37^{b}	31.28±0.43^{b}	11.21±0.18^{b}	81.00±5.57^{a}
T1	0.04±0.00^{a}	5.21±0.23^{b}	1.30±0.07^{a}	74.75±0.36^{a}	31.60±0.20^{b}	11.08±0.31^{b}	78.67±8.02^{a}
T2	0.04±0.00^{a}	5.96±0.30^{ab}	1.31±0.08^{a}	74.00±1.33^{a}	32.39±0.82^{ab}	11.91±0.20^{a}	76.33±3.21^{a}

*حروف غیر همنام در هر ستون نشاندهنده معنی دار بودن در سطح ۵ درصد است .

*Non-identical letters in each column indicate significance at the 5% level.

جدول ۲: درصد بازماندگی پست لارو میگوی پا سفید غربی تغذیه شده با سطوح مختلف عصاره رزماری پس از مواجهه با تنش شوری

Table 2: Survival rate of post-larval white shrimp fed with different levels of rosemary extract after exposure to salinity

Parameter / Treatment	Salt Challenge after 30 days	Salt Challenge after 60 days
Contorol	53.33±3.55^{c}	52.00±2.00c
T1	60.00±0.00^{b}	63.33±3.55^{b}
T2	76.67±5.77^{a}	70.00±4.96^{a}

*حروف غیر همنام در هر ستون نشاندهنده معنی دار بودن در سطح ۵ درصد است .

*Non-identical letters in each column indicate significance at the 5% level.

جدول ۳: شاخص‌های ایمنی پست لارو میگوی پا سفید غربی تغذیه شده با سطوح مختلف عصاره رزماری

Table 3: Postlarval immunity parameter of western whiteleg shrimp fed with different levels of rosemary extract

Parameter / Treatment	Total hemocyte (ml)	Large granule cells (ml)	Small granule cells (ml)	Hyaline (ml)
Contorol	12800000.00±300000^{c}	2283333.33±376342^{b}	3526666.67±371662.9^{b}	6990000.00±300499.58^{c}
T1	15633333.33±102143^{b}	2866666.67±461771.9^{a}	4060000.00±235796.5^{ab}	8406666.67±458293.94^{b}
T2	16033333.33±416333.20^{ab}	2883333.33±340783.4^{a}	4396666.67±442304.5^{a}	9103333.33±425245.03^{ab}

*حروف غیر همنام در هر ستون نشاندهنده معنی دار بودن در سطح ۵ درصد است .

*Non-identical letters in each column indicate significance at the 5% level.

جدول ۴: شاخص‌های همولنف پست لارو میگوی پا سفید غربی تغذیه شده با سطوح مختلف عصاره رزماری

Table 4: Postlarval hemolymph indices of western whiteleg shrimp fed with different levels of rosemary extract

Parameter / Treatment	Urea (mg/dl)	Uric acid (mg/dl)	Creatinine (mg/dl)	Calcium (mg/dl)	Phosphorus (mg/dl)	Glucose (mg/dl)	Cholestrol (mg/dl)	Triglycerides (mg/dl)
Contorol	11.30±0.40^{a}	5.11±0.12^{a}	0.93±0.01^{a}	94.53±0.91^{a}	23.33±0.58^{a}	66.20±3.08^{a}	65.17±2.75^{a}	71.67±0.57^{a}
T1	7.67±0.21^{b}	3.44±0.08^{b}	0.53±0.02^{c}	74.80±1.49^{c}	18.13±0.57^{c}	55.03±2.43^{c}	47.40±2.15^{c}	52.50±1.28^{c}
T2	7.70±0.40^{b}	3.19±0.07^{b}	0.61±0.02^{b}	91.53±0.97^{b}	22.07±0.67^{ab}	61.13±1.65^{b}	54.97±0.67^{b}	66.80±1.71^{b}

*حروف غیر همنام در هر ستون نشاندهنده معنی دار بودن در سطح ۵ درصد است .

*Non-identical letters in each column indicate significance at the 5% level.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-917]

بحث

در سال‌های اخیر استفاده از عصاره‌های گیاهی به عنوان جایگزینی طبیعی برای افزودنی‌های شیمیایی و آنتی‌بیوتیک‌ها توجه گسترده‌ای را در صنعت آبزی‌پروری به خود جلب کرده است. مطالعات مختلف نشان می‌دهد که ترکیبات طبیعی نه تنها اثرات جانبی افزودنی‌های شیمیایی را ندارند، بلکه با افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، بهبود هضم و تحریک ایمنی، می‌توانند رشد و سلامت آبزیان را به طور معناداری ارتقاء دهند (Sadeghloo *et al*., 2025). در این میان عصاره رزماری به دلیل برخورداری از ترکیبات فنولی، فلاونوئیدی و ترپنوئیدی مانند رزمارنیک‌اسید، کارنوسول و کارنوسیک‌اسید جایگاه ویژه‌ای در تحقیقات علمی به‌دست آورده است و کارکردهای آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی و تعدیل‌کننده ایمنی آن بارها گزارش شده است (Rofouei *et al*., 2021). بر اساس یافته‌های این مطالعه، تغذیه پست‌لاروهای میگوی پاسفید غربی با سطوح مختلف عصاره رزماری، به‌ویژه سطح ۰/۴گرم در لیتر، اثرات قابل توجهی بر رشد، پارامترهای ساختاری، مقاومت تنشی و شاخص‌های ایمنی داشته است.

داده‌های حاصل نشان داد وزن نهایی، طول و عرض کاراپاس پست‌لاروها در تیمارهای حاوی عصاره رزماری، به‌ویژه در سطح ۰/۴گرم در لیتر، بیشتر از تیمار شاهد بوده است. علت این نتایج را می‌توان در نقش آنتی‌اکسیدان‌های رزماری در کاهش استرس اکسیداتیو جستجو کرد. استرس اکسیداتیو به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد در آبزیان شناخته می‌شود، زیرا با آسیب به غشاها، اختلال در فعالیت میتوکندری و کاهش سنتز ATP، انرژی قابل استفاده برای رشد را کاهش می‌دهد (Wade *et al*., 2015). ترکیبات فعال رزماری با کاهش رادیکال‌های آزاد، تثبیت غشاهای سلولی و بهبود کارکرد میتوکندری موجب افزایش انرژی قابل استفاده برای رشد بافت‌ها شده و بنابراین افزایش وزن و توسعه ساختاری را تسهیل می‌کنند. این مکانیسم با یافته‌های Cakir و Karataş در سال ۲۰۲۴ همخوانی دارد. آنها بیان کردند که مصرف رزماری در ماهیان باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و بهبود شاخص‌های رشدی می‌شود.

افزون بر این، برخی مطالعات بیان کرده‌اند که ترکیبات فنولی رزماری با تحریک ترشح آنزیم‌های گوارشی مانند آمیلاز و پروتئاز می‌توانند هضم و جذب مواد مغذی را تقویت کنند (Syahidah *et al*., 2015). بنابراین بخشی از رشد مشاهده شده در پست‌لاروهای این مطالعه می‌تواند ناشی از بهبود بازده هضم و افزایش بهره‌وری غذایی باشد. به طور مشابه، شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد ترکیبات ترپنوئیدی رزماری با تحریک مسیر mTOR موجب افزایش سنتز پروتئین و رشد سلولی می‌شوند (Wade *et al*., 2015). مجموعه این عوامل نشان می‌دهد که رشد بهتر در تیمارهای دریافت‌کننده عصاره رزماری نه تنها ناشی از کاهش استرس بلکه حاصل تقویت فرآیندهای آنابولیک نیز هست.

در زمینه مقاومت به تنش شوری نیز تیمار ۰/۴گرم در لیتر برتر بود. مقاومت پست‌لاروها در مواجهه با شوری، بر اساس نتایج این تحقیق، افزایش قابل توجهی داشته و این موضوع را می‌توان در چارچوب حفاظت آنتی‌اکسیدانی و تقویت تنظیم اسمزی تبیین کرد. تنش شوری معمولاً باعث اختلال در تعادل یونی، تخریب غشاها و آسیب به میتوکندری می‌شود که در نهایت

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-917]

کاهش بازماندگی را به دنبال دارد (Le Moullac and Haffner, 2000). ترکیبات رزماری با تثبیت غشا، کاهش پراکسیداسیون لیپیدی و بهبود عملکرد پمپ‌های یونی، تعادل اسمزی را در شرایط تغییر شوری حفظ می‌کنند (Diwan *et al*., 2022). این یافته با مطالعه Elhetawy و همکاران در سال ۲۰۲۵ همخوانی دارد. بیان کردند که عصاره‌های گیاهی قادر به افزایش مقاومت میگوها در مواجهه با تنش‌های محیطی از جمله شوری هستند. همچنین نقش محافظتی رزماری بر ساختار میتوکندری، انرژی لازم برای پمپاژ یون‌ها و سازوکارهای تنظیم اسمزی را تضمین کرده و این مسئله افزایش بقا در شرایط تنش را توضیح می‌دهد.

شاخص‌های ایمنی از جمله تعداد هموسیت کل و سلول‌های گرانولر نیز در تیمارهای حاوی عصاره رزماری، به‌ویژه در سطح ۰/۴ گرم، افزایش یافت. هموسیت‌ها نقش اصلی در فاگوسیتوز، ترمیم بافت، انعقاد و پاسخ‌های ضد میکروبی دارند و افزایش آنها نشانه‌ای از تحریک ایمنی است. ترکیبات فنولی و آنتی‌اکسیدانی رزماری قادرند مسیرهای سیگنال‌دهی مرتبط با ایمنی مانند NF-κB را فعال کنند که این امر افزایش تولید سایتوکاین‌ها، پروتئین‌های ضد میکروبی و فعالیت فاگوسیت‌ها را موجب می‌شود (Elumalai *et al*., 2020). همچنین حفاظت آنتی‌اکسیدانی از هموسیت‌ها مانع از تخریب سلولی در اثر استرس شده و این عامل خود موجب افزایش تعداد و کارایی سلول‌های ایمنی می‌شود. نتایج داخلی نیز تأیید می‌کنند که محرک‌های طبیعی از جمله عصاره برگ حرا می‌توانند کیفیت ایمنی و بقای پست‌لاروها را افزایش دهند (Hajiian *et al*., 2017).

در تحلیل شاخص‌های بیوشیمیایی نیز مشاهده شد که مقادیر اوره، اسید اوریک، گلوکز، تری‌گلیسیرید، کلسیم و فسفر در تیمار شاهد بالاتر از سایر تیمارها بود. این مقادیر بالا غالباً به افزایش استرس، کارکرد ضعیف‌تر کبد و کلیه و اختلال در متابولیسم انرژی اشاره دارد. در تیمارهای حاوی عصاره رزماری، کاهش این متابولیت‌ها را می‌توان به اثرات ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی و محافظتی این گیاه نسبت داد. چندین مطالعه از جمله Karataş در سال ۲۰۲۰ نشان دادند که عصاره رزماری با کاهش آسیب اکسیداتیو به بافت‌های کبدی و کلیوی، تعادل متابولیک و اسمزی را در آبزیان بهبود می‌بخشد. کاهش گلوکز و تری‌گلیسیرید نیز می‌تواند ناشی از تعدیل مسیرهای متابولیک و مصرف بهتر انرژی باشد.

نتیجه‌گیری

به‌صورت کلی، نتایج مطالعه حاضر نشان داد که عصاره رزماری با تأثیر بر رشد، ایمنی، تعادل متابولیک و مقاومت به تنش، می‌تواند افزودنی مناسبی برای مراحل پست‌لارو میگوی پا سفید باشد. این یافته‌ها هم‌راستا با روند جهانی حرکت صنعت آبزی‌پروری به‌سوی استفاده از ترکیبات گیاهی و کاهش مصرف آنتی‌بیوتیک‌ها است. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده بر تعیین دوره‌های مصرف، بررسی اثرات تجمعی بلندمدت، و ارزیابی ترکیب عصاره رزماری با سایر افزودنی‌های زیست‌فعال تمرکز شود. توسعه فرمولاسیون‌های جدید بر پایه عصاره‌های گیاهی نیز می‌تواند گامی مهم به سوی پرورش پایدار و ایمن میگو باشد.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-917]

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از حمایت های همکاران محترم کمال تشکر را دارند.

منابع

1. Adineh, H., Harsijeh, M., Khadami, M. and Nazer, A., 2019. Interaction of plant extract (Conocarpus erectus, Yucca schidigera and Paulownia fortunei) on growth performance, hepatopancreas enzyme active and culture water quality of Litopenaeus vannamei in two culture system (biofloc and no-biofloc). *Journal of Fisheries*, *Iranian Natural Resources Journal, 72*(2), pp.130-143. DOI: 10.22059/jfisheries.2019.74689 [In Persian]
2. Annies, J., Rosamma, P., 2007. Acute salinity stress alters the haemolymph metabolic profile of Penaeus monodon and reduces immunocompetence to white spot syndrome virus infection. *Aquaculture, 272*(1-4), pp.87–97. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2007.08.047
3. Awad, E. and Awaad, A., 2017. Role of medicinal plants on growth performance and immune status in fish. *Fish and Shellfish Immunology*, *67*, pp.40-54. DOI: 10.1016/j.fsi.2017.05.034
4. Bairwa, M.K., Jakhar, J.K., Satyanarayana, and Reddy, A.D., 2012. Animal and plant originated immunostimulants used in aquaculture. *Journal of Natural Product and Plant Resources*, *2*(3), pp.397-400.
5. Barman, D., Nen, P., Mandal, S.C. and Kumar, V., 2013. Immunostimulants for aquaculture health management. *Journal of Marine Science: Research & Development*, *3*(3), pp.1-11. DOI:10.4172/2155-9910.1000134
6. Rofouei, M.K., Hejazi Kojoori, S.M. and, Sadat Moazeni-Pourasil, R., 2021. Chemical Variation in Essential Oil Composition and Rosmarinic Acid Content in Rosemary From Iran at Different Harvesting Times During One Day. *Crescent Journal of Medical and Biological Sciences*, 8(1), pp.48-55.
7. Briggs, C., Kunka, S., Hart., D., Oguni, S., Machin, S.J., 2004. Assessment of an immature platelet fraction (IPF) in peripheral thrombocytopenia. *British Journal of Haematology*, *126*(1), pp.93-99. DOI: 10.1111/j.1365-2141.2004.05033.x
8. Bulfon, C.D., Volpatti, M. and Galeotti, S., 2015. Current research on the use of plant-derived products in farmed fish. *Aquaculture Research. 46*(3), pp.513-551. DOI: 10.1111/are.12238
9. Cakir, M. and Karataş, T., 2024. Assessment of the protective role of dietary rosemary extract against deltamethrin-induced neuroimmunity, apoptosis, and DNA damage in rainbow trout brain tissue (*Oncorhynchus mykiss*). *The European Zoological Journal*, *91*(2), pp.1093-1103. DOI:10.1080/24750263.2024.2401400
10. Charoensapsri, W., Sangsuriya, P., Lertwimol, T., Gangnonngiw, W., Phiwsaiya, K. and Senapin, S.L., 2015. Laminin receptor protein is implicated in hemocyte homeostasis for the whiteleg shrimp Penaeus (Litopenaeus) vannamei. *Developmental and Comparative Immunology*, *51*(1), pp.39-47. DOI: 10.1016/j.dci.2015.02.012
11. Diwan, A.D., Harke, S.N. and Panche, A., 2022. Biological Mechanism of Osmoregulatory Stress in Penaeid Shrimp, Penaeus Indicus. *Journal of Proteomics & Bioinformatics*, *15*(8), pp.1-6. DOI:10.35248/0974-276X.22.15.600
12. Dos S Filho, L.G.A., Diniz, F.M. and Pereira, A.M., 2023. Immunostimulants derived from plants and algae to increase resistance of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) against vibriosis. *Studies in Natural Products Chemistry*, *77*, pp.297-337. DOI: 10.1016/B978-0-323-91294-5.00009-9
13. Elhetawy A.I.G., El Basuini M.F. and

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-917]

Mansour A.I.A., 2025. Dietary rosemary oil with/without zymogen forte improves water quality, growth hormones, immune-physiological response, stress resilience, and health status of Chelon ramada grown in groundwater. *BMC Veterinary Research, 21*(1), 27. DOI:10.1186/s12917-024-04446-5

14. Elumalai, P., Kurian, A., Lakshmi, S., Faggio, C., Esteban, M. and Ringø. E., 2020. Herbal Immunomodulators in Aquaculture. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, *29*(2), pp.33-57. DOI:10.1080/23308249.2020.1779651
15. Faghih, S., Alizadeh, A., Babadaei Samani, R., Honarvar, M. and Dashtiannasab, A., 2023. Effect of dietary supplementation with *Gontscharovia popovii* on growth performance, whole body composition, and hematological parameters in *Litopenaeus vannamei*. *Iranian Journal of Fisheries Sciences, 22*(4), pp.790-808. DOI: 10.22092/ijfs.2023.129825
16. Hajiian, M., Soori Nejad, A., Dashtian Nasab, A. and Naji, A. 2017. Effect of dietary supplementation of enriched Artemia with ethanolic leaf extract of grey mangrove Avicennia marina on growth performance, survival and stress resistance in Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*) postlarvae. *Aquatic Physiology and Biotechnology Journal, 5*(3), pp.75-94. DOI:10.22124/japb.2017.2595 [In Persian]
17. Hoseinifar, S.H., Zare, P. and Merrifield, D.L., 2011. The effects of inulin on growth factors and survival of the Indian white shrimp larvae and postlarvae (*Fenneropenaeus indicus*). *Aquaculture Research, 41*(9), pp.348-352. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2010.02485.x
18. Immanuel, G., Sivagnanavelmurugan, M., Marudhupandi, T., Radhakrishnan, S., Palavesam, A., 2012. The effect of fucoidan from brown seaweed *Sargassum wightii* on WSSV resistance and immune activity in shrimp *Penaeus monodon* (Fab). *Fish and shellfish immunology. 32*(4), pp.551-564. DOI: 10.1016/j.fsi.2012.01.003
19. Intanai, I. and Taylor, E., 2009. Effects of salinity on rates of protein synthesis and oxygen uptake in the post-larvae and juveniles of the tropical prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology*. *152*(3), pp.372-378. DOI: 10.1016/j.cbpa.2008.11.006
20. Karataş, T., Korkmaz, F., Karataş, A., Yildirim, S., 2020. Effects of Rosemary (Rosmarinus officinalis) extract on growth, blood biochemistry, immunity, antioxidant, digestive enzymes and liver histopathology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture Nutrition*, pp.1-9. DOI: 10.1111/anu.13100
21. Le Moullac, G. and Haffner, P., 2000. Environmental factors affecting immune responses in crustaceans. *Aquaculture, 191*(1–3), pp.121–131. DOI:10.1016/S0044-8486(00)00422-1
22. Li, P. and Gatlin, D.M., 2004. Dietary brewers yeast and the prebiotic Grobiotic™ AE influence growth performance, immune responses and resistance of hybrid striped bass *(Morone chrysops× M. saxatilis) to Streptococcus iniae infection. Aquaculture*, *231*(1-4), pp.445-56. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2003.08.021
23. Nosratpour, A., Kamali, A. and Akrami, R., 2012. Effects of Immunogen Supplementation on Growth Index, Survival and Body Composition of the Pacific white Shrimp (Litopenaeus Vannamei). *Renewable Natural Resources Research, 2*(4), pp.65-72. [In Persian]
24. Perez Farfante, I. and Kensley, B., 1997. Penaeoid and sergestoid shrimps and prawns of the world. Keys and diagnoses for the families and genera, Editions du Museum national d'Histoire naturelle. Paris, 233p. (Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle,

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-917]

Tome 175 Zoologie. 233 pp.
25. Ress, J-F., Curé, K., Piyatiratitivorakul, S., Sorgeloos, P. and Menasveta, P., 1994. Highly unsaturated fatty acid requirements of Penaeus monodon postlarvae: an experimental approach based on Artemia enrichment. *Aquaculture*, *122*(2-3), pp.193-207. DOI: 10.1016/0044-8486(94)90510-X
26. Rosenberry, B., 2003. World shrimp farming, Shrimps news international.
27. Sadeghloo, A., Akrami, R., Ghelichi, A., Chitsaz, H. and Shamloofar, M., 2025. Effects of Dietary Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) Leaf Powder and Bacillus subtilis on the Growth Performance, Digestive Enzymes, Antioxidant and Immune-Related Gene Expression, and Resistance to Aeromonas hydrophila in Common Carp (*Cyprinus carpio*). *Annals of Animal Science, 25*(2), pp.719–731. DOI: 10.2478/aoas-2024-0101
28. Sánchez, A., Pascual, C., Sánchez, A., Vargas-Albores, F., Le Moullac, G. and Rosas, C., 2001. Hemolymph metabolic variables and immune response in *Litopenaeus setiferus* adult males: the effect of acclimation. *Aquaculture*, *198*(1-2), pp.13-28. DOI: 10.1016/S0044-8486(00)00576-7
29. Syahidah, A., Saad, C., Daud, H., Abdelhadi, Y., 2015. Status and potential of herbal applications in aquaculture: A review. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 14(1), 27-44.
30. Wade, N.M., Gabaudan, J. and D Glencross, B.D., 2015. A Review of Carotenoid Utilisation and Function in Crustacean Aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 9(2), pp.141-156. DOI: 10.1111/raq.12109

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-917]