Journal of Aquaculture Development
Vol. 20, No. 3, 2026, Pages: 22-34
DOI: 10.71901/jad-2026-1-901

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

Effect of phytogenic feed supplement (digesterom PEP) on growth performance and immunological parameters of nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Omid Foughani[1], Farid Firouzbakhsh[1*], Hamed Paknejad[2]

1-Department of Fisheries, Faculty of Animal Science and Fisheries, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
2-Department of Aquaculture, Gorgan University of Agriculture Science and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received: 17 June 2025 **Accepted: 1 August 2025**

Extended Abstract:

Introduction: Different infectious agents and stressful rearing conditions in intensive aquaculture reduce growth performance and increase mortality, creating a need for sustainable feed-based interventions that improve both productivity and fish health. Phytogenic feed additives are plant-derived compounds known to exert antioxidant, antimicrobial, appetite-stimulating, digestive-enzyme–modulating and immunostimulatory effects in livestock and aquatic species. Digestarom® P.E.P is a commercial phytogenic blend containing essential oil components (carvacrol, anethole, limonene) and prebiotic fructo-oligosaccharides whose combined action has been reported to enhance feed palatability, digestive enzyme secretion and beneficial gut microbiota. This study tested the hypothesis that dietary supplementation with Digestarom P.E.P at graded levels (5, 10 and 15 g/kg diet) improves growth performance, feed utilization and innate humoral immunity (serum lysozyme activity and immunoglobulin M concentration) of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings reared under controlled pond conditions. The objective was to identify an effective inclusion level that simultaneously enhances growth indices and immune biomarkers, providing practical recommendations for tilapia feed formulation and health management.

Material and Methods: A completely randomized design with four dietary treatments and three replicates per treatment (total 12 experimental units) was used. Juvenile Nile tilapia (initial body weight 10.0 ± 0.2 g) were obtained and stocked at 15 fish per concrete pond (2 × 2 × 1 m). Fish were fed a commercial basal diet supplemented with Digestarom P.E.P at 0 (control), 5, 10 and 15 g/kg for 60 days. Water was supplied from a well and aerated; temperature was maintained at 25–26 °C and pH near 7.5 throughout the trial. Feeding rate was 5% of body weight per day, administered five equal meals between 07:00 and 19:00. At the end of the trial, fish were fasted for 24 h prior to sampling; three fish per pond were randomly sampled for biometric and blood analyses. Growth and feed utilization indices were calculated: weight gain (WG), specific growth rate (SGR) and feed conversion ratio (FCR). Serum lysozyme activity was measured by the Micrococcus lysodeikticus turbidimetric assay and expressed in U/mL. Serum immunoglobulin M (IgM) was quantified by an immunoturbidimetric approach using polyclonal antibodies and spectrophotometric detection at 340 nm. Data distribution was tested for normality and analyzed by one-way ANOVA; treatment means were compared by Duncan's multiple range test with significance at $p<0.05$.

Results and Discussion: Dietary Digestarom P.E.P produced dose-dependent improvements in both growth performance and humoral immune indicators. Final body weight increased progressively with inclusion level, with the highest final weight observed in the PEP15 group (167.77 g) and the lowest in the control (155.23 g). Specific growth rate followed the same trend: SGR values rose from the control through the 5 and 10 g/kg groups to the 15 g/kg group, with PEP15 achieving the greatest SGR (≈5.43% day−1). Feed conversion ratio

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-901]

improved markedly in supplemented groups; FCR decreased from 1.96 in the control to 1.34–1.39 in the phytogenic-supplemented groups, indicating enhanced feed efficiency and digestibility. Body length was also greater in all phytogenic treatments compared to control, although differences among the 5, 10 and 15 g/kg groups were not always statistically distinct. Innate immune parameters responded strongly to supplementation. Serum lysozyme activity increased in a dose-dependent manner from 14.40 µg/mL in the control to 49.17 µg/mL in PEP15. Plasma IgM concentration showed a parallel increase, with the highest IgM recorded in the PEP15 group. The concurrent enhancement of lysozyme activity and IgM suggests improved antibacterial potential and humoral readiness against pathogens. The observed growth benefits can be attributed to multiple, complementary mechanisms associated with the phytogenic blend: (1) appetite stimulation and increased voluntary feed intake due to flavor-enhancing components, (2) stimulation of digestive enzyme secretion and nutrient hydrolysis improving nutrient availability and absorption, and (3) prebiotic fructo-oligosaccharides promoting beneficial intestinal microbiota that assist digestion and modulate immune responses. Reduced FCR in supplemented groups supports improved nutrient utilization efficiency. The immune enhancements likely derive from the immunomodulatory and antimicrobial actions of essential oil components and from indirect effects via a healthier gut environment. Results align with prior reports showing positive effects of phytogenic supplements on growth, feed efficiency and immune markers in tilapia and other cultured fish species. Variability in responses reported in the literature may reflect differences in species, life stage, additive formulation and baseline diet composition, which underlines the importance of dose optimization for each production context.

Conclusion: Dietary inclusion of Digestarom P.E.P at 15 g/kg feed significantly improved growth performance (higher final weight and SGR, lower FCR), body length and humoral immune markers (lysozyme activity and serum IgM) in Nile tilapia fingerlings under the conditions of this study. The 15 g/kg inclusion level (PEP15) provided the most consistent and strongest benefits, suggesting it functions both as a growth promoter and an immunostimulant. Practical application of PEP15 in tilapia diets can contribute to improved production efficiency and enhanced disease resilience, particularly in intensive culture systems where nutritional strategies to support immunity are desirable. Future research should evaluate the long-term effects of PEP15 on survival and disease resistance under challenge conditions, assess interactions with reduced fishmeal diets, and conduct cost–benefit analyses to determine economic feasibility at farm scale. Investigations of gut microbiome shifts and digestive enzyme activities would clarify mechanistic pathways underpinning observed improvements.

Conflict of Interest: The authors declare that there are no conflicts of interest related to the conduct, analysis or reporting of this study. No financial or personal relationships that could inappropriately influence the work were present.

Acknowledgment: We thank the technical staff of the aquaculture laboratory for their assistance in fish husbandry and sampling, and the university facilities that supported this research. Special thanks to the feed preparation team and laboratory technicians who performed biochemical assays. This work benefitted from constructive discussions with colleagues in the Department of Fisheries and the Department of Aquaculture.

Key words: Additive, Immunoglobulin M, Lysozyme, Tilapia

* *Corresponding Author: f.firouzbakhsh@sanru.ac.ir*

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-901]

نشریه توسعه آبزی‌پروری، سال بیستم، شماره سوم، پاییز ۱۴۰۵، صفحه های ۳۴-۲۲
DOI: 10.71901/jad-2026-1-901

"مقاله پژوهشی"

ارزیابی مکمل غذایی فایتوژنیک (دایجسترم پی. ای. پی) بر شاخص‌های رشد و ایمنی تیلاپیای‌نیل (*Oreochromis niloticus*)

امید فوقانی[۱]، فرید فیروز بخش[۱*]، حامد پاک‌نژاد[۲]

۱-گروه شیلات، دانشکده علوم دامی و شیلات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی‌ساری، ساری، ایران
۲-گروه تکثیر و پرورش آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۳/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۵/۴

چکیده

از چالش‌های اصلی در پرورش ماهی عوامل بیماری‌زای مختلفی هستند که باعث کاهش عملکرد رشد و مرگ‌ومیر می‌شوند؛ بنابراین، تحقیق حاضر باهدف بررسی تأثیر مکمل غذایی فایتوژنیک (Digestarom PEP) بر شاخص‌های رشد و ایمنی ماهی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) انجام شد. برای این منظور، ماهی‌های تیلاپیای نیل با وزن ۰/۲ ± ۱۰ گرم با تیمارهای مختلف شامل شاهد، (۵ گرم فایتوژنیک در کیلوگرم جیره) PEP5، (۱۰ گرم فایتوژنیک در کیلوگرم جیره) PEP10، (۱۵ گرم فایتوژنیک در کیلوگرم جیره) PEP15 به مدت ۲ ماه تغذیه شدند. عملکرد رشد طبق معادلات آن‌ها محاسبه شد و اندازه‌گیری لیزوزیم و ایمونوگلوبولین M (IgM) طبق روش ایمونوتوربیدومتریک انجام شد. براساس عملکرد رشد، تفاوت معنی‌داری در ضریب تبدیل غذایی، نرخ رشد ویژه و افزایش وزن بدن نمونه PEP15 در مقایسه با سایر نمونه‌ها وجود داشت ($p<۰/۰۵$) علاوه بر این، تفاوت معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) بین نمونه کنترل و PEP15 در طول بدن مشاهده شد. لیزوزیم تیمارها با استفاده از PEP15 به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۱$) از ۱۴/۴ میکروگرم بر میلی‌لیتر در نمونه شاهد به ۴۹/۱۶ میکروگرم بر میلی‌لیتر افزایش یافت. طبق نتایج، IgM در تیمار PEP15 به‌طور معنی‌داری ($p<۰/۰۱$) بیشتر بود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تجویز خوراکی فایتوژنیک، به‌ویژه در سطح ۱۵ گرم در کیلوگرم می‌تواند پارامترهای ایمنی و عملکرد رشد تیلاپیای نیل را افزایش دهد.

کلمات کلیدی: افزودنی، ایمونوگلوبولین M، تیلاپیا، لیزوزیم

* عهده‌دار مکاتبات: f.firouzbakhsh@sanru.ac.ir

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-901]

مقدمه

آبزی‌پروری سریع‌ترین بخش تولید پروتئین حیوانی در نظر گرفته شده است، با این‌حال، تشدید پرورش ماهی برای حفظ و افزایش تولید آبزی‌پروری جهت تأمین نیازهای انسانی ضروری است (Mohammady *et al*., 2022). در آبزی‌پروری بیشترین هزینه در حال گردش را تغذیه به خود اختصاص می‌دهد. امروزه با توجه به افزایش هزینه‌های تولید غذا، محققین تغذیه سعی به بررسی راه‌هایی برای کاهش هزینه‌های مربوط به خوراک آبزیان پرورشی نموده‌اند. یکی از راه‌های بالقوه جهت کاهش هزینه خوراک مصرفی، استفاده از مکمل‌های غذایی شامل مواد محرک ایمنی[۲]، پروبیوتیک، پریبیوتیک و مواد افزودنی با پایه گیاهی یا فایتوژنیک است (Montero *et al*., 2024).

فایتوژنیک، فرآورده‌های مشتق شده از گیاهان هستند که با هدف بهبود سلامت و عملکرد رشد حیوان به خوراک دام اضافه می‌شوند. این مواد به‌عنوان افزودنی در تولید خوراک دام به‌طور گسترده مورد آزمایش قرارگرفته‌اند و اخیراً در رژیم‌های غذایی ماهی‌ها و سخت‌پوستان در آبزی‌پروری مورد ارزیابی قرارگرفته‌اند (Caipang *et al*., 2019). طبقه‌بندی فایتوژنیک براساس منشأ گیاهی، روش‌های فرآوری و ترکیب آن‌ها است و معمولاً طیف وسیعی از مواد طبیعی مانند محصولات گیاهی (ریشه، برگ، پوست، دانه)، ادویه‌ها، گیاهان معطر، اولئورزین‌ها (ترکیبات فرار کمتر استخراج‌شده از حلال‌های غیرآبی) و روغن‌های ضروری (ترکیبات فرار گیاهی تقطیرشده استخراج‌شده با تقطیر بخار) را شامل می‌شوند (Slater *et al*., 2018). فایتوژنیک دارای خواص آنتی‌اکسیدان، آنتی‌باکتریال، ضد سرطان، مسکن، حشره‌کش، ضد انگل، محرک رشد، اشتهاآور، محرک ترشح صفرا و فعالیت آنزیم‌های گوارشی هستند (Kazempoor *et al*., 2022).

تحقیقات مختلفی بر روی استفاده ازفایتوژنیک بر شاخص‌های رشدی و ایمنی ماهی انجام‌گرفته است به‌طوری‌که Ayyat و همکاران در سال (۲۰۲۲) اثرات مکمل غذایی گیاهی دایجسترم پی.ای.پی (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ گرم بر کیلوگرم جیره) را بر روی رشد، شاخص‌های خونی و آنالیز شیمیایی بدن ماهی تیلاپیا نیل (*Oreochromis niloticus*) در شرایط پرورشی متراکم مطالعه کردند و به این نتیجه رسیدند که استفاده از ۳۰۰ میلی‌گرم دایجستروم پی.ای.پی در جیره غذایی تیلاپیا نیل در برابر اثرات منفی پرورش متراکم می‌تواند مکمل مناسب و اثربخشی باشد. Aboelward و همکاران (۲۰۲۰) اثر سطوح مختلف مکمل دایجسترم پی.ای.پی (۰ درصد، ۰/۰۱ درصد ۰/۰۰، ۰/۰۲ درصد و ۰/۰۳ درصد) بر روی عملکرد رشد، کارایی خوراک و نرخ بقا ماهی تیلاپیا قرمز انگشت قد بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که بهترین سطح مکمل دایجسترم پی.ای.پی در سطوح ۲۵ و ۳۰ درصد به میزان ۰/۰۲ درصد بود. Brian و همکاران (۲۰۱۸) مطالعه‌ای بر روی اثرات تغذیه‌ای فایتوژنیک بر سطح لاکتین گربه‌ماهی کانالی (*Ictalurus punctatus*) که حساسیت به *E. ictaluri* داشتند، انجام دادند و نتایج نشان داد که دایجسترم پی.ای.پی بقای گربه‌ماهی کانالی که با *E. Ictaluri* درگیر بود را بهبود بخشید.

ماده افزودنی خوراکی فایتوژنیک دایجسترم پی.ای.پی.[۳] شامل دودسته از ترکیبات هستند این

[۲] immunostimulants

[۳] Digestarom® P.E.P

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-901]

ترکیبات شامل فروکتوالیگوساکارید (با خاصیت پری‌بیوتیکی و بیفیدوژنیک) و اسانس‌ها (کارواکرول[۴]، آنتول[۵] و لیمونن[۶]) هستند (Kroismayr *et al.*, 2008). این ترکیب فایتوژنیک به‌عنوان یک محرک رشد و طعم‌دهنده، یک ترکیبِ شامل چند فراورده گیاهی مختلف است. نتایج تحقیقات در مؤسسات و دانشگاه‌ها معتبر دنیا نشان می‌دهد که فایتوژنیک موردنظر جزو بهترین محرک‌های رشد می‌باشد. از طرفی این ترکیب با تغییر طعم و بو خوراک باعث افزایش مصرف خوراک می‌شود. با مصرف این فایتوژنیک ترشح آنزیم‌های گوارشی مانند پپسین، آمیلاز، لیپاز و مالتاز، افزایش می‌یابد و درنتیجه جذب و هضم پروتئین‌ها، چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها، به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد (Peterson *et al.*, 2014).

تیلاپیا پس از کپور ماهیان، دومین گروه رایج ماهیان پرورشی است (Sadeghi *et al.*, 2023). تیلاپیا به دلیل رشد سریع و مقاومت در برابر طیف وسیعی از شرایط محیطی و ترکیبات غذایی، گونه‌ای محبوب در آبزی‌پروری است. در اوایل زندگی، رژیم غذایی آن‌ها همه‌چیزخوار است و بنابراین، با غذاهای دریایی حاوی سطوح پایین‌تر پودر ماهی و پروتئین‌های گیاهی بالاتر تغذیه می‌شوند. گرچه تیلاپیاها در برابر استرس و بیماری‌ها نسبتاً مقاوم هستند، اما در برابر عوامل بیماری‌زای باکتریایی ازجمله گونه‌های استرپتوکوک (*Streptococcus*)، *فلاوباکتریوم کلومنارس* (*Flavobacterium columnare*)، *آئرومونا هیدروفیلا* (*Aeromonas hydrophila*) و *ادواردزیلا تاردا* (*Edwardsiella tarda*) و عفونت‌های انگلی مانند ایکتیوفتریوس مولتی‌فیلیس و گونه‌های تریکودینا حساس هستند (Gruber *et al.*, 2025).

بر همین اساس استفاده از فایتوژنیک‌ها سبب افزایش قدرت ایمنی در مقابل عوامل باکتریایی و عفونت‌های انگلی می‌شود. لذا در مطالعه حاضر اثر افزودنی فایتوژنیک دایجسترم پی. ای. پی بر روی شاخص‌های رشد به‌مانند وزن بدن، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و طول بدن و فاکتورهای ایمنی به‌مانند لیزوزیم و IgM موردبررسی قرارگرفت.

مواد و روش‌ها

برای انجام این طرح ۱۸۰ عدد بچه ماهی تیلاپیا نیل با میانگین وزن ۰/۲ ± ۱۰ گرم از یک مرکز تکثیر واقع در شهرستان ساری خریداری و به آزمایشگاه دانشگاه منابع طبیعی ساری منتقل شد. برای حمل ماهیان از مخزن پلاستیکی به حجم ۵۰۰ لیتر استفاده گردید.

آزمایش‌ها در قالب یک طرح کاملاً تصادفی، شامل ۴ تیمار که هر یک واجد ۳ تکرار بودند، به اجرا در-آمد. بنابراین برای اجرای آزمایش تعداد ۱۲ واحد آزمایشی در نظر گرفته شد. هر واحد آزمایشی، یک حوضچه به ابعاد ۲×۲×۱ متر بود. آب حوضچه‌ها از چاهی با دبی ۱۰ لیتر بر ثانیه تأمین می‌شد که پس از ۲ روز هوادهی و تنظیم دما و میزان اکسیژن، به هر حوضچه ۱۵ عدد بچه ماهی معرفی شد. دمای آب حوضچه‌ها توسط بخاری‌های مرکزی درون سالن تنظیم‌شده و در طی دوره بین ۲۵ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد بود. میزان pH نیز در طول دوره، در محدوده ۷/۵ قرار داشت.

[۴] اسانس پونه با خاصیت آنتی میکروبی قوی و آنتی اکسیداتیو
[۵] اسانس بادیان با خاصیت ضد ویروسی و قارچی و محرک اشتهاء
[۶] اسانس مرکبات با خاصیت افزایش دهنده طعم خوراک

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOI: 10.71901/jad-2026-1-901]

غذادهی و سنجش شاخص‌های رشد

در مدت‌زمان دو ماه ماهیان با افزودن ماده فایتوژنیک (Digestarom P.E.P) در سه سطح ۱۵، ۱۰ و ۵ گرم بر کیلوگرم به خوراک تجاری افزوده شد و برای تغذیه به تیمارها داده شد. پس از آماده‌سازی خوراک، از ۱۰ روز پس از معرفی بچه ماهیان اولین غذادهی صورت گرفت. میزان غذای مصرفی بچه ماهی‌ها از شروع طرح آزمایشی با توجه به وزن اولیه آن‌ها، روزانه معادل ۵ درصد وزن بدن آن‌ها در نظر گرفته شد که این میزان روزانه طی پنج نوبت با فواصل زمانی برابر طی ساعات ۷ تا ۱۹ در اختیار آن‌ها قرارگرفت. در انتهای آزمایش ابتدا ماهیان به مدت ۲۴ ساعت قطع غذا شدند؛ که سبب کاهش استرس وارده به ماهی در زمان نمونه‌برداری می‌شود. سپس از هر حوضچه تعداد سه عدد ماهی تیلاپیا نیل به‌صورت تصادفی گرفته شد. وزن نهایی ماهی با استفاده از ترازو دیجیتال و طول کل بدن آن با استفاده ازکولیس اندازه‌گیری شد.

شاخص‌هایی چون وزن بدن، نرخ رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی از رابطه‌های زیر استفاده گردید (Ibrahim *et al*., 2021; Hassaan *et al*., 2021; El-Badawy *et al*., 2022).

$$\text{وزن بدن (WG)} = \frac{\text{وزن اولیه(گرم)} - \text{وزن نهایی(گرم)}}{\text{وزن اولیه(گرم)}}$$

$$\text{نرخ رشد ویژه (SGR)} = \frac{\ln \text{وزن اولیه} - \ln \text{وزن نهایی}}{\text{طول دوره پرورش (روز)}} \times ۱۰۰$$

$$\text{ضریب تبدیل غذایی (FCR)} = \frac{\text{مقدار غذای خورده شده(گرم)}}{\text{افزایش وزن بدن(گرم)}} \times ۱۰۰$$

سنجش شاخص‌های ایمنی

سنجش میزان لیزوزیم بر اساس روش توصیه‌شده توسط Ellis در سال ۱۹۹۰ صورت گرفت. ابتدا ۱۷۵ میلی‌لیتر از سوسپانسیون میکروکوکوس *لیزودیکتیکوس* (*Micrococcus lysodeikticus*) (معادل مقدار ۰/۳۷۵ گرم بر لیتر بافر فسفات سدیم با ۰/۰۵ مولار و pH برابر ۶/۲) با میزان ۲۵۰ میکرولیتر از هر نمونه مخلوط و در دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد انکوبه شد. میزان جذب نوری پس از ۱۵ و ۱۸۰ ثانیه به روش اسپکتروفتومتری و در طول‌موج ۶۰۰ نانومتر قرائت گردید. سپس تفاوت جذب نوری بین اولین و دومین مرحله نورسنجی ثبت شد و نتایج حاصله برحسب واحد بر میلی‌لیتر محاسبه شد.

روش مورد استفاده برای اندازه‌گیری IgM روش ایمونوتوربیدی متری است. در این روش IgM با آنتی‌بادی‌های پلی‌کلونال موجود در محلول‌های تامپون تشکیل کمپلکس داده و باعث کدرشدن محلول می‌شوند. شدت کدورت ایجادشده با مقدار IgM رابطه مستقیم داشته و توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل 2100-VIS ساخت شرکت Unico آمریکا) در طول‌موج ۳۴۰ نانومتر (با بلانک (آب مقطر)) خوانده شد (Sagha, 2003).

تجزیه‌وتحلیل آماری

تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.4 انجام شد. برای بررسی آماری داده‌ها ابتدا نرمال بودن داده‌ها توسط One Sample Kolmogorov-Smirnov Test ارزیابی گردید و در صورت نرمال بودن داده‌ها جهت تجزیه‌وتحلیل داده‌ها از آنالیز واریانس یک‌طرفه استفاده گردید و مقایسه میانگین تیمارها در سطح آماری ۵ درصد با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت.

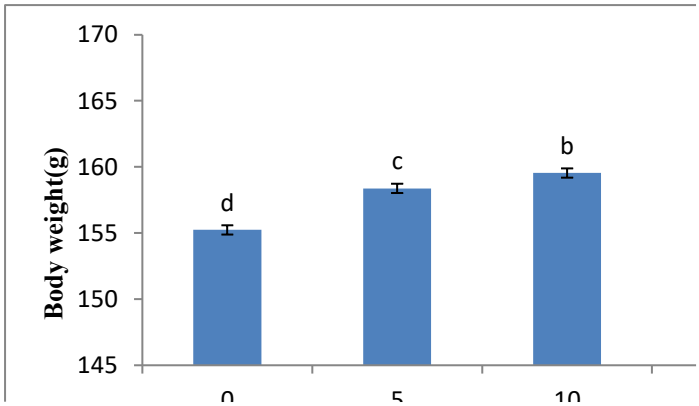
[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-901]

نتایج

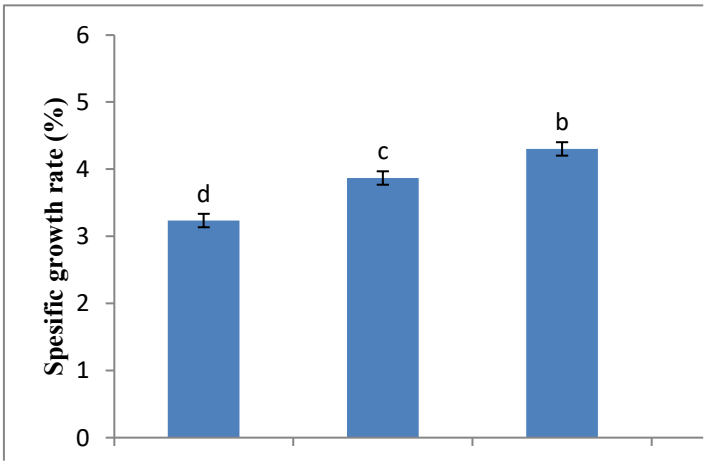
شاخص‌های رشد

طبق شکل ۱ تغییرات وزن نهایی در ماهیان تیلاپیا ناشی از افزودن فایتوژنیک به جیره غذایی آن‌ها در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد ($p<۰/۰۵$). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین وزن نهایی بدن مربوط به تیمار ۱۵ درصد فایتوژنیک (۱۶۷/۷۶ گرم) و کمترین وزن نهایی مربوط به تیمار شاهد (۱۵۵/۲۳ گرم) بود. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها و آزمون دانکن مقایسه میانگین نرخ رشد ویژه تیمارهای مختلف بیانگر تفاوت معنی‌داری میان تیمارها بود ($p<۰/۰۵$) (شکل ۲). تیمار ۱۵ درصد افزودنی فایتوژنیک بیشترین نرخ رشد ویژه در ماهی‌ها را ایجاد کرده بود. درحالی‌که کمترین نرخ رشد ویژه مربوط به تیمار شاهد بود.



شکل ۱. تغییرات وزن بدن ماهیان در تیمارهای مختلف

Fig 1. Changes of fish body weight in different treatments



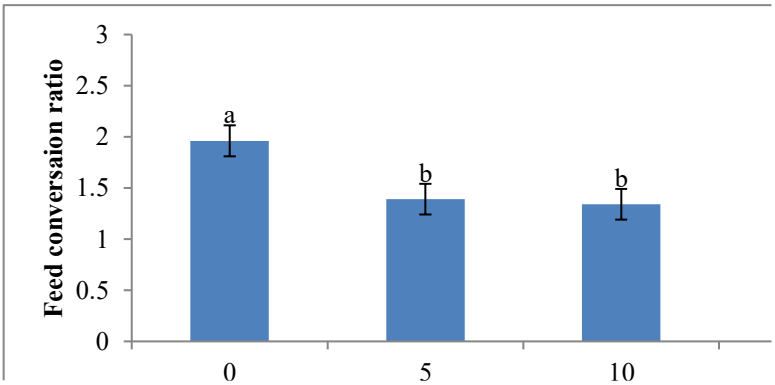
شکل ۲. تغییرات نرخ رشد ویژه ماهیان در تیمارهای مختلف

Figure 2. Changes of specific growth rate of fish in different treatments

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

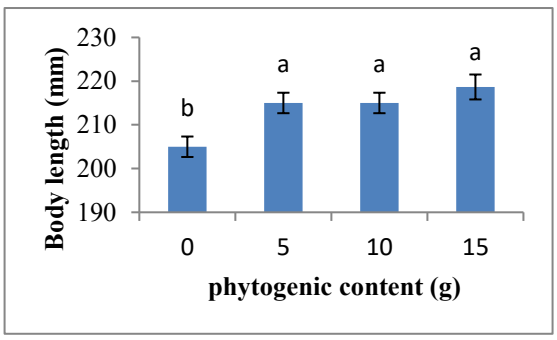
[DOI: 10.71901/jad-2026-1-901]

نتایج تجزیه واریانس در رابطه با میزان ضریب تبدیل غذایی نیز بیانگر وجود اختلاف معناداری در سطح احتمال پنج درصد در میان تیمارهای مختلف بود ($p<۰/۰۵$) طی این زیست‌سنجی تیمار شاهد بیشترین میزان ضریب تبدیل غذایی را داشت و کمترین میزان ضریب تبدیل غذایی در تیمارهای حاوی فایتوژنیک دیده شد. همچنین بین تیمارهای ۵ و ۱۰ و۱۵ گرم در کیلوگرم تفاوت معنی‌داری مشخص نگردید ($p>۰/۰۵$) (شکل ۳). مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین افزایش طول کل بدن مربوط به تیمارهای ۵، ۱۰ و ۱۵ گرم در کیلوگرم فایتوژنیک و کمترین هم مربوط به نمونه شاهد بود؛ که اختلاف آن‌ها معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$) و همچنین بین تیمارهای ۵، ۱۰ و ۱۵ گرم در کیلوگرم افزودنی فایتوژنیک اختلاف معنی‌داری نشان داده نشد ($p<۰/۰۵$) ش(کل۴).



شکل ۳. تغییرات ضریب تبدیل غذایی ماهیان در تیمارهای مختلف

Figure 3 Changes of fish feed conversion ratio in different treatments



شکل ۴. تغییرات طول بدن ماهیان در تیمارهای مختلف

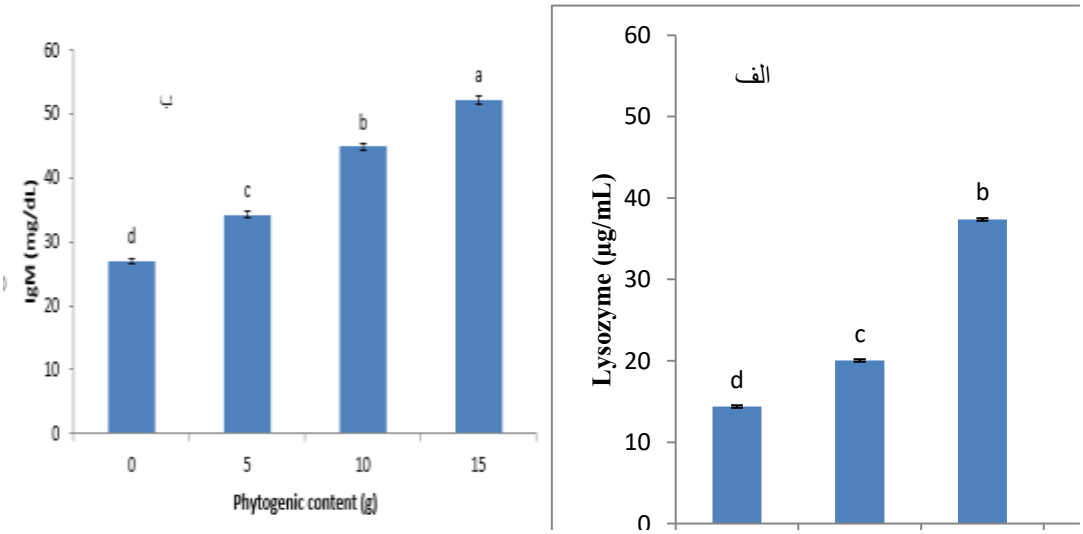
Figure 4. Changes in fish body length in different treatments

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-901]

شاخص‌های ایمنی

نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق نشان دادند که تغییرات سطح لیزوزیم در سرم ماهی‌هایی که با افزودنی فایتوژنیک تغذیه‌شده بودند در مقایسه با ماهی‌های گروه شاهد اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد داشتند ($p<۰/۰۵$). میزان لیزوزیم در تمامی تیمارهای آزمایشی افزایش‌یافته بود و بیشترین میزان افزایش متعلق به تیمار حاوی ۱۵ گرم بر کیلوگرم بود که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارهای آزمایش داشت ($p<۰/۰۵$). همچنین کم‌ترین میزان لیزوزیم در گروه شاهد بود (شکل ۵ الف). همچنین تجزیه واریانس داده میانگین میزان IgM خون بچه ماهیان در آخرین روز بیانگر تفاوت معنی‌داری در میان تیمارها بود ($p<۰/۰۵$). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین میزان IgM در تیمار ۱۵ گرم فایتوژنیک بود و کمترین هم در نمونه شاهد مشاهده گردید (شکل ۵ ب). همچنین مشخص گردید که با افزایش درصد افزودنی فایتوژنیک میزان IgM نیز افزایش یافت.



شکل ۵. تغییرات لیزوزیم (الف) و IgM (ب) ماهیان در تیمارهای مختلف

Figure 5. Changes in lysozyme (a) and IgM (b) in fish in different treatments

بحث

در سال‌های اخیر در صنعت آبزی‌پروری جهت افزایش رشد و ایمنی و هم‌چنین پیشگیری یا کنترل بیماری به گیاهان دارویی توجه بیشتری شده است. افزودنی گیاهی مورداستفاده در این تحقیق حاوی عصاره‌های کارواکرول، آنتول و لیموتن بوده که به‌عنوان محرک رشد و اشتهاآور در این تحقیق نیز سبب رشد بیشتر ماهیان شده است. در حقیقت محرک‌های رشد گیاهی مزیت‌های متعددی نسبت به محرک‌های رشد مصنوعی دارند. از این مزیت‌ها می‌توان به در دسترس بودن، آسیب کم‌تر برای محیط‌زیست و جانور و امکان تولید در سطح وسیع باقیمت پایین اشاره کرد. نتایج این تحقیق نشان داد که

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOI: 10.71901/jad-2026-1-901]

افزودن مکمل فایتوژنیک به خوراک، بدون تأثیر منفی سبب وزن و طول بیشتر، افزایش نرخ رشد ویژه و کاهش ضریب تبدیل غذایی و درنتیجه عملکرد بهتر رشد در ماهیان تیلاپیا نیل نسبت به تیمار شاهد (فا قد افزودنی خوراکی فایتوژنیک) گشت. در رابطه با افزایش وزن، یافته‌ها حاکی از تأثیر بهتر دایجستروم پی.ای.پی در سطح ۱۵ گرم در کیلوگرم است. به نظر می‌رسد پریبیوتیک فروکتوالیگوساکارید موجود در دایجستروم به‌واسطه تحریک رشد یا فعال کردن باکتری‌های مفید روده باعث ترشح آنزیم‌های هضمی در دستگاه گوارش را، تحریک و کمک به هضم و جذب مواد مغذی نمایید و درنهایت باعث افزایش رشد بچه ماهی شود.

در تحقیق حاضر پایین بودن ضریب تبدیل غذایی در جیرهای حاوی افزودنی‌های مختلف فایتوژنیک دایجسترم پی، ای، پی مشاهده شد که نشان از کارایی و قابلیت هضم بهتر جیره می‌باشد. برخی از پژوهش‌هایی که به بررسی افزودن مکمل‌های با منشأ گیاهی به خوراک در گونه‌های مختلف ماهی پرداخته‌اند، نتیجه‌گیری تحقیق حاضر در خصوص این مسئله را تائید می‌کنند. چنانچه در یک تحقیق Peterson و همکاران (۲۰۱۴) نیز نشان داده‌اند که افزودن ۲۰۰ گرم دایجسترم پی.ای.پی. در یک‌تن خوراک گربه‌ماهی کانالی (*Ictalurus punctatus*) با پروتئین ۳۲٪، علاوه برافزایش اشتها سبب بهبود ضریب تبدیل غذا گردید. همچنین در تحقیقی دیگر اثر اضافه کردن افزودنی فایتوژنیک بر روی شاخص‌های رشد ماهی گورامی، با افزایش غلظت افزودنی وزن بدن از۷ گرم به ۱۸/۴۷ گرم و نرخ رشد ویژه از۱/۹۹ درصد به ۳/۱۹ درصد افزایش و ضریب تبدیل ماده غذایی از۱/۰۷ به ۰/۷۸ در نمونه حاوی ۱/۵ درصد افزودنی کاهش پیدا کرد (Karimifar *et al*., 2022). مطالعه اثر مخلوط گیاهان دارویی استخراج‌شده از لیمو، پیاز و سیر بر شاخص‌های رشد تیلاپیا نیل، به مدت ۷۰ روز موردبررسی قرار گرفت. یافته‌های حاصل از پژوهش نشان داد که با افزایش ترکیبات فایتوژنیک به میزان ۲۰ میلی‌لیتر در کیلوگرم شاخص‌های وزن بدن، نرخ رشد ویژه، به‌طور معنی‌داری افزایش و شاخص ضریب تبدیل غذایی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (Mohammady *et al*., 2022). اما گزارش‌هایی نیز مبنی بر عدم تأثیر بهتر افزودن مکمل‌های با منشأ گیاهی به خوراک، در گونه‌های مختلف ماهی وجود دارند. Yousefi Jourdehi و همکاران (۲۰۱۴) نیز افزایش رشدی را در فیل ماهیان (*Huso huso*) تغذیه کرده از سطوح ۰/۲، ۰/۴، ۰/۸ و ۱/۶ گرم در کیلوگرم استروژن‌های گیاهی جنیستین و اکوال ثبت نکردند. همچنین Chegini و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی سطوح متفاوت مکمل گیاهی ساپونین در یک آزمایش ۱۸ هفته‌ای دریافتند که سطوح مختلف ساپونین تأثیری در نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و شاخص رشد روزانه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان ندارد. تمامی این نتایج متناقض و پاسخ‌های بسیار متغیر، ممکن است به دلیل عوامل مختلفی ازجمله مرحله رشد، پیچیدگی رژیم غذایی، منبع و سطح اسیدهای آلی و سلامت ماهی باشند.

نتایج این پژوهش نشان داد که استفاده از جیره حاوی فایتوژنیک برای ماهی تیلاپیا نیل سبب تقویت سیستم ایمنی می‌شود و سطوح مختلف این افزودنی تأثیر معنی‌داری بر میزان IgM و همچنین لیزوزیم دارد. گروه آزمایشی تغذیه‌شده با سطح ۱۵ گرم در کیلوگرم افزودنی فایتوژنیک (دایجسترم پی. ای. پی.)، بیشترین

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOI: 10.71901/jad-2026-1-901]

افزایش را نسبت به گروه شاهد داشت. Taghavi و همکاران (۲۰۱۵) با تحقیق بر تأثیر افزودنی فایتوژنیک (با یومین پی. ای. پی.) بر فاکتورهای خونی و ایمنی ماهیان بستر (*Huso huso*×*Acipenser ruthenus*) دریافتند که میزان لیزوزیم و IgM خون این ماهیان در تیمارهای آزمایشی با سطوح ۱/۵ و ۲ گرم در کیلوگرم افزودنی فایتوژنیک، نسبت به گروه شاهد افزایش داشته اما میزان این افزایش معنادار نبوده است. Rodrigues و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که استفاده از دایجسترم پی.ای.پی به میزان ۱/۲ گرم در کیلوگرم غذا توانست تمام فاکتورهای رشد ماهی سیم سر طلایی را طی ۶۳ روز دوره پرورش با جیره غذایی واجد مقدار کم آرد ماهی، بهبود ببخشد. همچنین در مطالعه‌ای دیگر اثر اضافه کردن افزودنی فایتوژنیک بر روی IgM و لیزوزیم ماهی گورامی موردبررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که با افزایش غلظت افزودنی IgM و لیزوزیم به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد ک با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (Karimifar *et al*., 2022).

نتیجه‌گیری

براساس یافته‌های به‌دست‌آمده، مشخص گردید که با افزایش درصد افزودنی خوراکی فایتوژنیک دایجسترم پی. ای.پی در جیره پارامترهای مرتبط با رشد و سیستم ایمنی بهبود یافت به‌طوری‌که اضافه نمودن افزودنی خوراکی فایتوژنیک تأثیر معنی‌داری بر لیزوزیم و IgM داشت. همچنین اضافه کردن فایتوژنیک دایجسترم پی، ای، پی سبب افزایش وزن بدن، نرخ رشد و کاهش ضریب تبدیل غذایی شد و به‌طورکلی می‌توان گفت که فایتوژنیک دایجسترم پی، ای، پی به‌عنوان یک محرک رشد و ایمنی، قابل‌استفاده در جیره غذایی ماهی تیلاپیا نیل است.

سپاسگزاری

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

منابع

1. Aboelward, A., Eid, A., K.A, M., Tonsy, H.D. and Ayyat, A.N., 2020. Effect of Digestrom® on growth performance and feed utilization of red tilapia (*O. niloticus*× *O. mossambicus*). *Egyptian Journal for Aquaculture*, *10*(1), pp.65-83.DOI: 10.21608/eja.2020.23919.1016
2. Ayyat, M.S., Al-Sagheer, A.A., Ayyat, A.M., Abdelrhman, A.M., Ahmed, N.H. and Naiel, M.A., 2022. Effects of a blend of herbal feed supplements on growth, associated blood indices and body chemical analysis in Nile tilapia reared under high stocking density. *Aquaculture Research*, *53*(16), pp.5475-5485.
3. Brian, C., Peterson, E., Peatman, D.D.O., Waldbieser, G.C., 2018. Phytogenic feed-additive effects on channel catfish rhamnose-binding lectin levels, and susceptibility to *Edwardsiella ictaluri*. *Diseases of Aquatic Organisms*, *129*(2), pp.99-106. DOI:10.3354/dao03235
4. Caipang, C.M.A., Mabuhay-Omar, J. and Gonzales-Plasus, M.M., 2019. Plant and fruit waste products as phytogenic feed additives in aquaculture. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, *12*(1), pp.261-268.
5. Chegini, H.R., Amir Kolaii, A., Jafarpoor, A. and Firoozbakhsh, F., 2012. Effect of saponin supplement on growth parameters and carcass chemical composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) larvae. *Journal of Exploitation and Aquatic Breeding*, *1*(1), pp.41–52. [In Persian]

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-901]

6. Ellis, A.E., 1990. Lysozyme assays. In: Techniques in Fish Immunology. Stolen, J.S., Fletcher, D.P., Anderson, B.S. and Van Muiswinkel, W.B. (eds). SOS Publication, USA. pp.101-103.
7. El-Badawy, A.S., Hassaan, M.S., Abdel-Hameid, N.A.H., El-Ezaby, M.M. and El-Serafy, S., 2022. Synergistic effects between dietary zinc form supplementation and dietary protein levels on performance, intestinal functional topography, hemato-biochemical indices, immune, oxidative response, and associated gene expression of Nile tilapia Oreochromis niloticus. *Biological Trace Element Research*, *200*(7), pp.3412-3428. DOI:10.1007/s120011-02724-z
8. Gruber, C., Ocelova, V., Kesselring, J.C. and Wein, S., 2025. Phytogenic Feed Additives as a Sustainable Alternative to Antibiotics: Enhancing Growth and Disease Resistance in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Animals, *15*(3), pp.1-14. DOI: 3390/ani15030380
9. Hassaan, M.S., Mohammady, E.Y., Soaudy, M.R., El-Garhy, H.A., Moustafa, M.M., Mohamed, S.A. and El-Haroun, E.R., 2019. Effect of Silybum marianum seeds as a feed additive on growth performance, serum biochemical indices, antioxidant status, and gene expression of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings. *Aquaculture*, 509, pp.178-187. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2019.5.006
10. Ibrahim, M.S., El-gendy, G.M., Ahmed, A.I., Elharoun, E.R. and Hassaan, M.S., 2021. Nanoselenium versus bulk selenium as a dietary supplement: Effects on growth, feed efficiency, intestinal histology, haemato-biochemical and oxidative stress biomarkers in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) fingerlings. *Aquaculture Research*, *52*(11), pp.5642-5655.DOI: 10.1111/are.15439
11. Karimifar, B., Abdolhay, H., Mohamadizadeh, F., Shamsaie Mehrgan, M. and Hosseini Shekarabi, S., 2022. Effect of phytogenic feed additive (Digestarom PEP) on growth performance, hematological parameters, immunity system, and carcass quality of giant gourami (*Osphronemus goramy*). *Iranian Iranian Journal of Fisheries Sciences*, *21*(1), pp.220-234. DOI: 10.22092/ijfs.2022.350692.0
12. Kazempoor, R., Alavinezhad, S.S., Pargari, M.M., Shakeri, Y.S. and Haghighi, M.M., 2022. A review on the application of phytogenics as feed additives for aquatic animals. *International Journal of Aquatic Research and Environmental Studies*, *2*(2), pp.46-78. DOI: 10.70102/IJARES/V2I2/6
13. Kroismayr, A., Schedle, K., Sehm, J., Pfaffl, M.W., Plitzner, C., Foissy, H., ... and Windisch, W., 2008. Effects of antimicrobial feed additives on gut microbiology and blood parameters of weaned piglets. *Die Bodenkultur Journal of Land Management Food and Environment*, *59*(1), pp.111-120.
14. Mohammady, E.Y., Soaudy, M.R., Mohamed, A.E., EL-Erian, M.M.A., Farag, A., Badr, A.M., ... and Hassaan, M.S., 2022. Can dietary phytogenic mixture improve performance for growth, digestive enzyme activity, blood parameters, and antioxidant and related gene expressions of Nile tilapia, Oreochromis niloticus?. *Animal Feed Science and Technology*, *290*(2), 115369. DOI:10.1016/j.anifeedsci.20220115369
15. Montero, D., Torrecillas, S., Serradell, A., Nedoluzhko, A., Fernández-Montero, Á., Makol, A., ... and Acosta, F., 2024. Phytogenics enhance welfare and vaccine efficacy against Vibrio anguillarum in European seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Aquaculture*, 585, 740714. DOI:10.1016/j.aquaculture.2024.740714
16. Peterson, B.C., Bosworth, B.G., Li,

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]
[DOI: 10.71901/jad-2026-1-901]

M.H., Beltran, R. and Santos, G.A., 2014. Assessment of a phytogenic feed additive (Digestarom PEP MGE) on growth performance, processing yield, fillet composition, and survival of channel catfish. *Journal of the World Aquaculture Society*, *45*(2), pp.206-212. DOI:10.1111/jwas.12103

17. Rodrigues, V., Colen, R., Ribeiro, L., Santos, G., Gonçalves, R.A. and Dias, J., 2018. Effect of dietary essential oils supplementation on growth performance, nutrient utilization, and protein digestibility of juvenile gilthead seabream fed a low-fishmeal diet. *Journal of the World Aquaculture Society*, *49*(4), pp.676-685. DOI:10.1111/jwas.12495
18. Sadeghi, T., Marvizadeh, M.M., Ebrahimi, F., Mafi, S., Foughani, O. and Nafchi, A.M., 2023. Assessment of Nutritional and Antioxidant Activity of Sport Drink Enriched with Spirulina platensis. *Journal of Chemical Health Risks*, *13*(3), pp.485-496. DOI: 10.22034/jchr.2022.1953680.1516
19. Sagha, H.R., and Soroush Nia, M., 2003. Comprehensive book of laboratory equipment and products. Ketab Mir Publications, P. 2687. [In Persian]
20. Slater, M., D'Abramo, L. and Engle, C.R., 2018. Aquaculture research priorities for the next decade: A global perspective. *Journal of the World Aquaculture Society*, *49*(1), pp.3-6. DOI:10.1111/jwas
21. Taghavi, F., Nasri Tajan, M. and Zamini, A.A., 2015. Determination on growth indices, blood parameters, Immune responses and intestine bacterial flora of Bester juvenile fish (*Huso huso*× *Acipenser ruthenus*) fed by Biomin nutritional supplements. *Journal of Advances in Bioresearch*, *6*(3), pp.300-312.
22. Yousefi Jourdehi, A., Sudagar, M., Bahmani, M., Hosseini, S.A., Dehghani, A.A. and Yazdani, M.A., 2014. Comparative study of dietary soy phytoestrogens genistein and equol effects on growth parameters and ovarian development in farmed female beluga sturgeon, *Huso huso*. Fish Physiology and Biochemestry, *40*(1), pp.117-28. DOI: 10.1007/s10695-013-9829-z

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.71901/jad-2026-1-901]