

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

Omid Foughani¹, Farid Firouzbakhsh^{1*}, Hamed Paknejad²

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 ($2 \times 2 \times 1$ 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 ($\approx 5.43\%$ day⁻¹). Feed conversion ratio

improved markedly in supplemented groups; FCR decreased from 1.96 in the control to 1.34–1.39 in the phytogetic-supplemented groups, indicating enhanced feed efficiency and digestibility. Body length was also greater in all phytogetic 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 phytogetic 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 phytogetic 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

"مقاله پژوهشی"

ارزیابی مکمل غذایی فایتوژنیک (دایجسترم پی.ای.پی) بر شاخص های رشد و ایمنی تیلاپای نیل (*Oreochromis niloticus*)

امید فوقانی^۱، فرید فیروز بخش^{۱*}، حامد پاک نژاد^۲

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

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۵/۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۳/۲۷

چکیده

از چالش های اصلی در پرورش ماهی عوامل بیماری زای مختلفی هستند که باعث کاهش عملکرد رشد و مرگ و میر می شوند؛ بنابراین، تحقیق حاضر باهدف بررسی تأثیر مکمل غذایی فایتوژنیک (Digestarom PEP) بر شاخص های رشد و ایمنی ماهی تیلاپای نیل (*Oreochromis niloticus*) انجام شد. برای این منظور، ماهی های تیلاپای نیل با وزن 10 ± 0.2 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 آن ها محاسبه شد و اندازه گیری لیزوزیم و ایمونوگلوبولین M (IgM) طبق روش ایمونوتوریدومتريک انجام شد. براساس عملکرد رشد، تفاوت معنی داری در ضریب تبدیل غذایی، نرخ رشد ویژه و افزایش وزن بدن نمونه PEP15 در مقایسه با سایر نمونه ها وجود داشت ($p < 0.05$) علاوه بر این، تفاوت معنی داری ($p < 0.05$) بین نمونه کنترل و PEP15 در طول بدن مشاهده شد. لیزوزیم تیمارها با استفاده از PEP15 به طور معنی داری ($p < 0.01$) از $14/4$ میکروگرم بر میلی لیتر در نمونه شاهد به $49/16$ میکروگرم بر میلی لیتر افزایش یافت. طبق نتایج، IgM در تیمار PEP15 به طور معنی داری ($p < 0.01$) بیشتر بود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تجویز خوراکی فایتوژنیک، به ویژه در سطح ۱۵ گرم در کیلوگرم می تواند پارامترهای ایمنی و عملکرد رشد تیلاپای نیل را افزایش دهد.

کلمات کلیدی: افزودنی، ایمونوگلوبولین M، تیلاپیا، لیزوزیم

مقدمه

آبزی پروری سریع‌ترین بخش تولید پروتئین حیوانی در نظر گرفته شده است، با این حال، تشدید پرورش ماهی برای حفظ و افزایش تولید آبزی پروری جهت تأمین نیازهای انسانی ضروری است (Mohammady et al., 2022). در آبزی پروری 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 قرار گرفته‌اند و اخیراً در رژیم‌های غذایی ماهی‌ها و سخت‌پوستان در آبزی پروری مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند (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 استخراج شده از حلال‌های غیرآبی) و روغن‌های ضروری (ترکیبات فرار گیاهی تقطیر شده استخراج شده با تقطیر بخار) را شامل می‌شوند (Slater et al., 2018). فایتوژنیک دارای خواص آنتی‌اکسیدان،

آنتی‌باکتریال، ضد سرطان، مسکن، حشره‌کش، ضد انگل، محرک رشد، اشتها آور، محرک ترشح صفرا و فعالیت آنزیم‌های گوارشی هستند (Kazempoor et al., 2022).

تحقیقات مختلفی بر روی استفاده از فایتوژنیک بر شاخص‌های رشدی و ایمنی ماهی انجام گرفته است به‌طوری‌که Ayyat و همکاران در سال (۲۰۲۲) اثرات مکمل غذایی گیاهی دایجستر 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 دایجستر 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 دایجستر پی. ای. پی (۰ درصد، ۰/۰۱ درصد، 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 دایجستر 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 دایجستر پی. ای. پی بقای گربه‌ماهی کانالی که با *E. Ictaluri* درگیر بود را بهبود بخشید. ماده افزودنی خوراکی فایتوژنیک دایجستر پی. ای. پی^۳ شامل دودسته از ترکیبات هستند این

تاردا (*Edwardsiella tarda*) و عفونت‌های انگلی مانند اِکتیوفتریوس 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 مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

برای انجام این طرح ۱۸۰ عدد بچه ماهی تیلپا نیل با میانگین وزن 10 ± 0.2 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 درآمد. بنابراین برای اجرای آزمایش تعداد ۱۲ واحد آزمایشی در نظر گرفته شد. هر واحد آزمایشی، یک حوضچه به ابعاد $1 \times 2 \times 2$ 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 تنظیم شده و در طی دوره بین ۲۵ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد بود. میزان pH نیز در طول دوره، در محدوده ۷/۵ قرار داشت.

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 ترکیب شامل چند فراورده گیاهی مختلف است. نتایج تحقیقات در مؤسسات و دانشگاه‌ها معتبر دنیا نشان می‌دهد که فایتوژنیک مورد نظر 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 در نتیجه جذب و هضم پروتئین‌ها، چربی‌ها و کربوهیدرات‌ها، به‌طور چشمگیری افزایش می‌یابد (Peterson et al., 2014).

تیلپا نیل پس از کپور ماهیان، دومین گروه رایج ماهیان پرورشی است (Sadeghi et al., 2023). تیلپا نیل به دلیل رشد سریع و مقاومت در برابر طیف وسیعی از شرایط محیطی و ترکیبات غذایی، گونه‌ای محبوب در آبی‌پروری 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 تیلپاها در برابر استرس و بیماری‌ها نسبتاً مقاوم هستند، اما در برابر عوامل بیماری‌زای باکتریایی از جمله گونه‌های استرپتوکوک (*Streptococcus*)، فلاویباکتریوم کلومنا (*Flavobacterium columnare*)، آئروموناس هیدروفیلا (*Aeromonas hydrophila*) و ادواردزیلا

^۴ اسانس پونه با خاصیت آنتی‌میکروبی قوی و آنتی‌اکسیداتیو

^۵ اسانس بادبان با خاصیت ضد ویروسی و قارچی و محرک اشتها

^۶ اسانس مرکبات با خاصیت افزایش دهنده طعم خوراک

غذادهی و سنجش شاخص‌های رشد

در مدت زمان 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 قرار گرفت. 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 تیلپیا نیل به صورت تصادفی گرفته شد. وزن نهایی ماهی با استفاده از ترازو دیجیتال و طول کل بدن آن با استفاده از کولیس 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).

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

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

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

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

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل 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 تجزیه و تحلیل داده‌ها از آنالیز واریانس یک‌طرفه استفاده گردید و مقایسه میانگین تیمارها در سطح آماری ۵ درصد با آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت.

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 ($p < 0/05$). 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 ($p < 0/05$) (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.

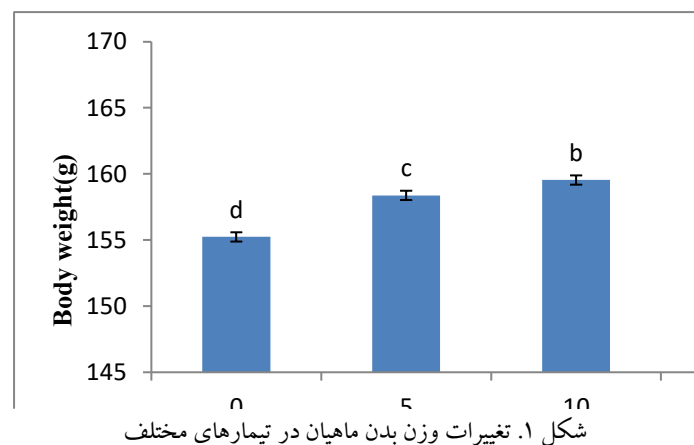


Fig 1. Changes of fish body weight in different treatments

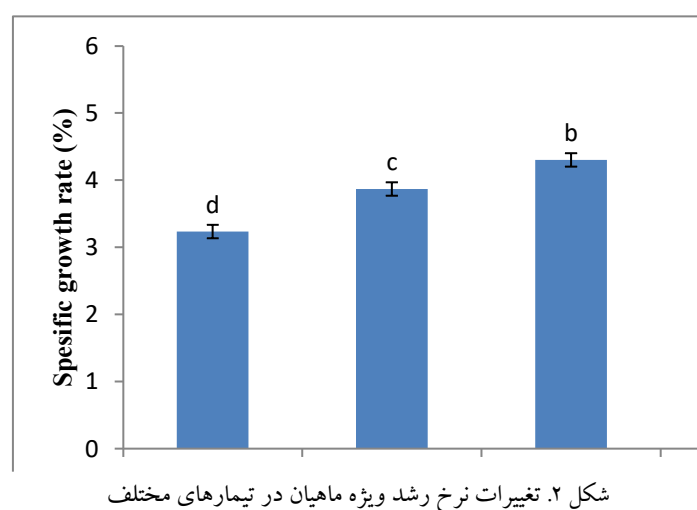
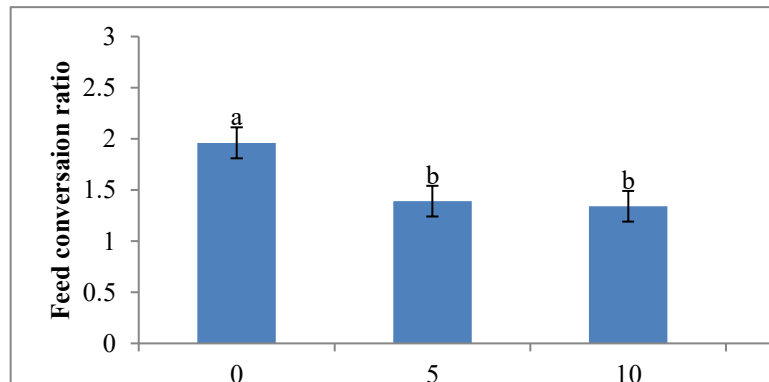


Figure 2. Changes of specific growth rate of fish in different treatments

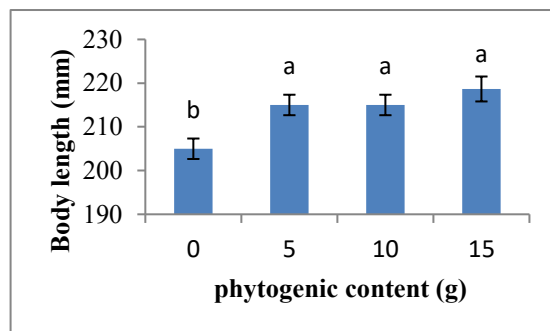
(شکل ۳). مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین افزایش طول کل بدن مربوط به تیمارهای ۵، ۱۰ و ۱۵ گرم در کیلوگرم فایتوژنیک و کمترین هم مربوط به نمونه شاهد بود؛ که اختلاف آن‌ها معنی‌دار بود ($p < 0.05$) و همچنین بین تیمارهای ۵، ۱۰ و ۱۵ گرم در کیلوگرم افزودنی فایتوژنیک اختلاف معنی‌داری نشان داده نشد ($p < 0.05$) ش (کل ۴).

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 ($p < 0.05$) 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 و ۱۵ گرم در کیلوگرم تفاوت معنی‌داری مشخص نگردید ($p > 0.05$)



شکل ۳. تغییرات ضریب تبدیل غذایی ماهیان در تیمارهای مختلف

Figure 3 Changes of fish feed conversion ratio in different treatments



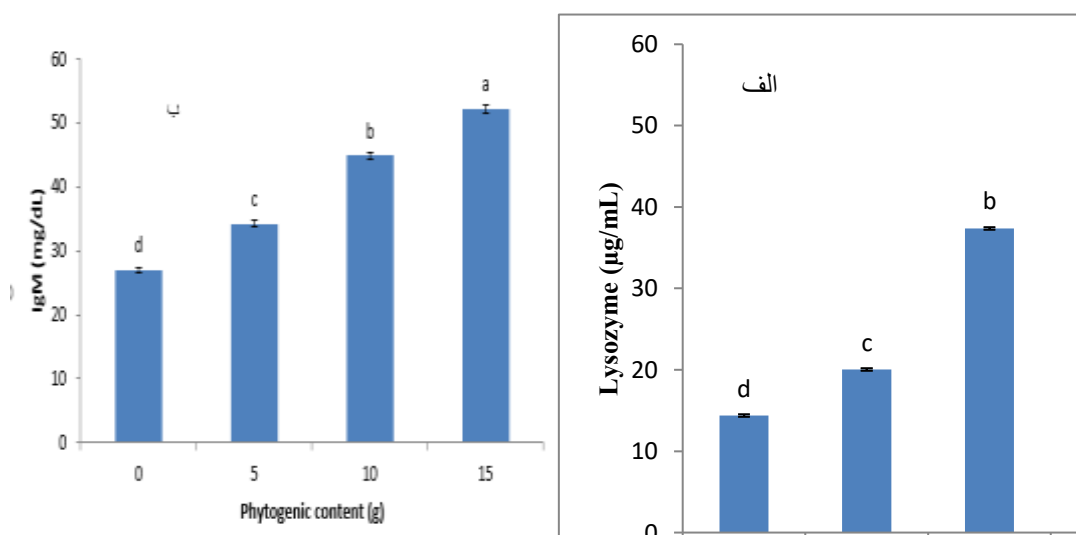
شکل ۴. تغییرات طول بدن ماهیان در تیمارهای مختلف

Figure 4. Changes in fish body length in different treatments

شاخص های ایمنی

نتایج به دست آمده در این تحقیق نشان دادند که تغییرات سطح لیزوزیم در سرم ماهی هایی که با افزودنی فایتوژنیک تغذیه شده بودند در مقایسه با ماهی های گروه شاهد اختلاف معنی داری در سطح احتمال پنج درصد داشتند ($p < 0.05$). میزان لیزوزیم در تمامی تیمارهای آزمایشی افزایش یافته بود و بیشترین میزان افزایش متعلق به تیمار حاوی ۱۵ گرم بر کیلوگرم بود که اختلاف معنی داری با سایر تیمارهای آزمایش داشت ($p < 0.05$). 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 معنی داری در میان تیمارها بود ($p < 0.05$). 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 سال های اخیر در صنعت آبی پروری جهت افزایش رشد و ایمنی و همچنین پیشگیری یا کنترل بیماری به گیاهان دارویی توجه بیشتری شده است. افزودنی گیاهی مورد استفاده در این تحقیق حاوی عصاره های کارواکرول، آنتول و لیمونن بوده که به عنوان محرک رشد و اشتها آور در این تحقیق نیز

سبب رشد بیشتر ماهیان شده است. در حقیقت محرک های رشد گیاهی مزیت های متعددی نسبت به محرک های رشد مصنوعی دارند. از این مزیت ها می توان به در دسترس بودن، آسیب کم تر برای محیط زیست و جانور و امکان تولید در سطح وسیع باقیمت پایین اشاره کرد. نتایج این تحقیق نشان داد که

نمونه حاوی ۱/۵ درصد افزودنی کاهش پیدا کرد (Karimifar et al., 2022). مطالعه اثر مخلوط گیاهان دارویی استخراج شده از لیمو، پیاز و سیر بر شاخص‌های رشد تیلاپیا نیل، به مدت ۷۰ روز مورد بررسی 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 از جمله 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 تغذیه شده با سطح ۱۵ گرم در کیلوگرم افزودنی فایتوژنیک (دایجسترم پی. ای. پی)، بیشترین

افزودن مکمل فایتوژنیک به خوراک، بدون تأثیر منفی سبب وزن و طول بیشتر، افزایش نرخ رشد ویژه و کاهش ضریب تبدیل غذایی و در نتیجه عملکرد بهتر رشد در ماهیان تیلاپیا نیل نسبت به تیمار شاهد (فاقد 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 نماید و در نهایت باعث افزایش رشد بچه ماهی شود.

در تحقیق حاضر پایین بودن ضریب تبدیل غذایی در جیره‌های 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 تأیید می‌کنند. چنانچه در یک تحقیق Peterson و همکاران (۲۰۱۴) نیز نشان داده‌اند که افزودن ۲۰۰ گرم دایجسترم پی. ای. پی. در یک تن خوراک گربه‌ماهی کانالی (*Ictalurus punctatus*) با پروتئین ۳۲٪، علاوه بر افزایش 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 از ۷ گرم به ۱۸/۴۷ گرم و نرخ رشد ویژه از ۱/۹۹ درصد به ۳/۱۹ درصد افزایش و ضریب تبدیل ماده غذایی از ۱/۰۷ به ۰/۷۸ در

محرك رشد و ایمنی، قابل استفاده 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. Phytogetic 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 phytogetic 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]

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 مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که با افزایش غلظت افزودنی IgM و لیزوزیم به طور معنی داری افزایش پیدا کرد که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (Karimifar et al., 2022).

نتیجه گیری

بر اساس یافته‌های به دست آمده، مشخص گردید که با افزایش درصد افزودنی خوراکی فایتوژنیک دایجسترم پی. ای. پی. در جیره پارامترهای مرتبط با رشد و سیستم ایمنی بهبود یافت به طوری که اضافه نمودن افزودنی خوراکی فایتوژنیک تأثیر معنی داری 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 به طور کلی می توان گفت که فایتوژنیک دایجسترم پی، ای، پی به عنوان یک

- Mohamadizadeh, F., Shamsaie Mehrgan, M. and Hosseini Shekarabi, S., 2022. Effect of phytogenic feed additive (Digestaron PEP) on growth performance, hematological parameters, immunity system, and carcass quality of giant gourami (*Osphronemus goramy*). *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, 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.,

effects on growth parameters and ovarian development in farmed female beluga sturgeon, *Huso huso*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 40(1), pp.117-28. DOI: 10.1007/s10695-013-9829-z

- 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