University of Guilan with collaboration of Iranian Aquaculture Society

Aquatic Animals Nutrition

Vol. 10, No. 4, 2025, pages: 89-104
DOI: 10.22124/janb.2025.29241.1264

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

Effects of different levels of aqueous extract from date palm (*Phoenix dactylifera*) waste on growth performance, immune parameters, and antioxidant activity in juvenile red tilapia (*Oreochromis mossambicus* × *Oreochromis niloticus*)

Reza Shoribei[1], Hamid Mohammadiazarm[1*], Aliakbar Hedayati[2], Milad Maniat[1]
1- Department of Fisheries, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran
2- Department of Fisheries and Aquatic Ecology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

Received 8 November 2024 Revised 17 December 2024 Accepted 19 December 2024

KEYWORDS
Date
extract
Growth
Immunity
Antioxidant
Red tilapia

Abstract:

Introduction: Given that the available potential of water and land resources for fish farming and rearing is not unlimited, maximizing resource use efficiency is crucial to achieve higher production per unit area in aquaculture. Nutritional strategies and improving feed composition for important commercial fish species have received considerable attention in research on sustainable aquaculture. These studies focus primarily on increasing the efficiency of nutrient components such as proteins and fats and improving their digestibility. Proper nutrition is recognized as a crucial factor for fish growth and health. It is essential to ensure that an appropriate diet not only meets the physiological needs of the fish but also contributes to their overall well-being. Various studies conducted on human samples suggest that dates have numerous beneficial effects and play an important role in boosting various immune levels, including antioxidant properties, immune stimulation, antimicrobial, anti-inflammatory, and anti-cancer effects. However, despite the positive effects of dates, there is little research on their effects in aquaculture as an immune and growth stimulant in fish.

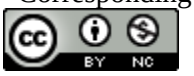
Materials and methods: A total of 240 red tilapia with an initial average weight of 1.15 ± 0.04 g and initial average length of 3.37 ± 0.10 cm were randomly allocated to 12 aquaria with four treatments, each with three replicates. The fish were subjected to different feeding regimens over 8 weeks, including the control group: feeding with a diet without date extract; treatment 1: feeding with 100

mL date extract per kg feed; treatment 2: feeding with 200 mL date extract per kg feed; and treatment 3: feeding with 300 mL date extract per kg feed. After the experiment, the final weight of the fish was measured, followed by the collection of 15 fish from each treatment for biochemical analysis of body composition. In addition, mucus and serum samples were collected from the nine fish in each treatment to evaluate mucosal immune parameters, serum biochemical markers, and antioxidant defense indices. The data obtained were analyzed using a One-way analysis of variance followed by a Duncan post hoc test with a 95% confidence level. Before analysis, normality of data and homogeneity of variances were checked using SPSS version 26.

Results and Discussion: The findings suggest that dietary supplementation with 200 mL date extract significantly improves the growth performance of red tilapia. Biochemical analyses indicated that this treatment group exhibited higher total protein levels and lower fat content than the control group ($P<0.05$). Furthermore, glucose, cholesterol, and triglyceride levels were significantly reduced in the group receiving date extract. Notably, protein and albumin levels also increased substantially in this group ($P<0.05$). Immunological assessments demonstrated significant increases in total protein, immunoglobulin levels, and lysozyme activity in the mucus of red tilapia fed with date extract ($P<0.05$). Antioxidant defense indices revealed heightened activities of catalase, superoxide dismutase, and glutathione peroxidase, along with reduced malondialdehyde levels in the treatment groups compared to the control ($P<0.05$). Overall, the enhancements observed in growth and nutritional indices are attributed to the high nutritional value of dates, which are abundant in fiber, vitamins, enzymes, and essential minerals. This improved nutritional status arises from dietary supplementation with date extract.

Conclusion: Since Iran is among the world's largest producers of dates, utilizing this cost-effective immune stimulant derived from waste dates could be recommended as a viable strategy for the aquaculture industry. The findings of this study suggest that incorporating 200 mL date extract into the diet of red tilapia positively influences immune indices and mucosal immune parameters.

*Corresponding author: azarmhamid@kmsu.ac.ir



دانشگاه گیلان با مشارکت انجمن آبزی‌پروری ایران

تغذیه آبزیان

سال دهم، شماره چهارم، دی ۱۴۰۳، صفحات ۱۰۴-۸۹

DOI: 10.22124/janb.2025.29241.1264

"مقاله پژوهشی"

اثرات سطوح مختلف عصاره آبی ضایعات خرما (*Phoenix dactylifera*) بر رشد، فاکتورهای ایمنی و فعالیت ضداکسایشی ماهی جوان تیلاپیای قرمز (*Oreochromis mossambicus* × *Oreochromis niloticus*)

رضا شریبی[۱]، حمید محمدی آذرم[۱*]، علی اکبر هدایتی[۲]، میلاد منیعات[۱]

۱- گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، اهواز

۲- گروه تولید و بهره برداری آبزیان، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، گلستان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۸/۱۸ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۹/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۹/۲۹

چکیده

هدف از این مطالعه، بررسی سطوح مختلف عصاره آبی ضایعات خرما (*Phoenix dactylifera*) بر رشد، ترکیب بدن، شاخص‌های ایمنی موکوس و فعالیت ضداکسایشی ماهی جوان تیلاپیای قرمز (*Oreochromis mossambicus* × *Oreochromis niloticus*) بود. به این منظور، تعداد ۲۴۰ عدد ماهی تیلاپیای قرمز با میانگین وزن اولیه ۰/۰۴ ± ۱/۱۵ گرم و میانگین درازای اولیه ۰/۱ ± ۳/۳۷ سانتی‌متر در ۱۲ آکواریوم در ۴ تیمار با ۳ تکرار به‌طور تصادفی تقسیم شدند. ماهیان تیلاپیای قرمز با تیمارهای غذایی شامل گروه شاهد: جیره غذایی فاقد عصاره خرما، تیمار اول: حاوی ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره خرما در کیلوگرم غذا، تیمار دوم: حاوی ۲۰۰ میلی‌لیتر عصاره خرما در کیلوگرم غذا، و تیمار سوم: ۳۰۰ میلی‌لیتر عصاره خرما در کیلوگرم غذا، به‌مدت ۸ هفته تغذیه شدند. نتایج این تحقیق نشان داد که استفاده از عصاره خرما در سطح ۲۰۰ میلی‌لیتر در کیلوگرم غذا موجب بهبود شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای می‌شود ($P<0/05$). استفاده از عصاره خرما سبب افزایش پروتئین و کاهش چربی لاشه در کلیه تیمارها نسبت به گروه شاهد شد ($P<0/05$). همچنین میزان شاخص‌های ایمنی و شاخص‌های ضداکسایشی در کلیه تیمارهای حاوی عصاره خرما در مقایسه با شاهد بهبود یافت. براساس نتایج حاصل از این مطالعه، استفاده از عصاره خرما در سطح ۲۰۰ میلی‌لیتر در جیره غذایی موجب بهبود عملکرد شاخص‌های رشد و سلامت ماهیان تیلاپیای قرمز می‌شود.

کلمات کلیدی

عصاره خرما

رشد

ایمنی

ضداکسایشی

تیلاپیای قرمز

نویسنده مسئول: azarmhamid@kmsu.ac.ir

مقدمه

آبزی‌پروری به‌عنوان یکی از فعالیت‌های مهم با گستره جهانی، نقش مؤثری در تغذیه و کمک به توسعه اقتصادی کشورهای جهان سوم دارد. قابلیت‌های نسبتاً محدود صید و بهره‌برداری از منابع آبی طبیعی، پرورش آبزیان و از جمله ماهی را برای تأمین پروتئین حیوانی و به‌خصوص گوشت مورد نیاز بشر به صورت الزامی و اجتناب‌ناپذیر درآورده است. با توجه به این‌که قابلیت‌های موجود آب و خاک برای تکثیر و پرورش ماهی نامحدود نیستند، ناگزیز باید بازده بهره‌برداری از منابع موجود را به بیشینه رساند، تا بتوان به تولید بیش‌تر در واحد سطح پرورش دست یافت (Kamali Sanzighi et al. 2018).

راهبردهای تغذیه و بهبود ترکیبات غذایی برای گونه‌های مهم ماهیان تجاری پرورشی، بیش‌ترین میزان مطالعات در آبزی‌پروری پایدار به‌خود اختصاص داده است. این مطالعات در راستای افزایش کارایی ترکیبات مغذی مانند پروتئین‌ها، چربی‌ها و افزایش قابلیت هضم آنهاست. تغذیه مناسب، یکی از عوامل کلیدی در ارتقای رشد و سلامت ماهی است. به‌واسطه غذای مناسب همواره باید علاوه بر تأمین نیازهای فیزیولوژیک ماهی، موجبات سلامت ماهیان را تأمین کرد (Gatlin, 2002). برای ارتقای دستگاه ایمنی آبزیان به‌خصوص مکانیسم‌های دفاع غیر اختصاصی برای پیشگیری از بروز بیماری‌ها و کنترل آنها در فعالیت‌های آبزی‌پروری، از محرک‌های ایمنی استفاده می‌شود. محرک‌های ایمنی علاوه بر افزایش قدرت دفاعی، می‌توانند موجب بهبود عملکرد رشد و کاهش مرگ و میر در سراسر دوره تولید در آبزیان شده و بنابراین برای افزایش سلامت در مزارع پرورشی به‌طور گسترده استفاده شوند (Raa, 2000).

گیاهان از هزاران سال پیش نقش بسیار مهمی در حفظ سلامتی و بهبود کیفیت زندگی انسان‌ها داشته‌اند. خرما یکی از این گیاهان دارویی است که طی قرن‌های گذشته نقش بسیار مهمی از نظر تغذیه‌ای و اقتصادی داشته است. پژوهش‌های مختلف انجام شده بر نمونه‌های انسانی نشان می‌دهد که خرما دارای اثرات مثبت فراوانی بوده و نقش مهمی در ارتقای سطوح گوناگون ایمنی از جمله خواص ضد اکسایشی، محرک ایمنی، ضد میکروبی و ضد التهابی و ضد سرطانی دارد. اما به‌رغم تأثیرات مثبت خرما، مطالعات کمی در زمینه اثرات آن در آبزی‌پروری به عنوان محرک ایمنی و رشد در ماهیان انجام شده است (Hoseinifar et al. 2016).

درخت نخل، گیاهی است از خانواده Palmaceae که میوه آن خرما (*Phoenix dacrylifera*) یکی از مهم‌ترین منابع تغذیه‌ای در کشورهای جنوب غرب آسیا و شمال آفریقا بوده و ایران از کشورهای مهم تولید کننده خرما در جهان است (Biglari et al. 2008; Nasir et al. 2015). به‌دلیل آن‌که حدود ۷۰٪ خرما از کربوهیدارت (قند) تشکیل شده، این میوه دارای انرژی بالایی است و تقریباً ۱۰۰ گرم از آن حدود ۳۱۴ کیلوکالری انرژی دارد. خرما، منبع غنی از کربوهیدارت‌ها به خصوص ساکارز، فروکتوز، نشاسته و به میزان کمی پروتئین، چربی و همچنین ویتامین‌هایی مانند ریبوفلاوین، تیامین، بیوتین، اسید آسکوربیک و اسید فولیک است. خرما دارای مقادیر بسیار زیادی آهن، کلسیم، کبالت، مس، فلوئور، منیزیم، منگنز، پتاسیم، فسفر، سدیم، سولفور، برم، سلنیوم و روی است (Vayalil, 2002; Biglari et al. 2008; Nasir et al. 2015; Assirey, 2015).

خرما به‌دلیل رطوبت و چسبندگی بالا دارای ضایعات زیادی است و تنها در حدود ۳۰٪ از آن به‌عنوان خرمای درجه یک استفاده می‌شود و بقیه آن را خرمای درجه دو، سه و ضایعات تشکیل می‌دهد (Entezari et al. 2003). علاوه بر این، به دلایل مختلفی همچون رعایت نکردن موازین بهداشتی در هنگام برداشت و مراحل پس از برداشت، عدم سرمایه گذاری مناسب در صنایع بسته بندی و فرآوری، شرایط حمل و نقل نامناسب، عدم آشنایی تولیدکنندگان به روش‌های نوین بازاریابی و تکیه بر بازارهای سنتی سبب افزایش ضایعات محصول خرمای کشور شده است. به هر حال، هنوز آمارهای مشخصی از حجم ضایعات تولید شده در کشور وجود ندارد ولی با توجه به تولید بیش از ۱ میلیون تن خرما در کشور، حجم ضایعات آن نیز می‌تواند بسیار چشمگیر باشد. این مسئله نیاز به توجه هر چه بیش‌تر محققان مختلف برای یافتن روش‌ها و کاربردهای نوین استفاده از ضایعات خرمای کشور جهت بهبود ارزش افزوده آن دارد (Kamali Sanzighi et al. 2018). لذا با توجه به مشکلات اساسی صنعت آبزی‌پروری به‌دلایلی از جمله بالا رفتن بی‌رویه قیمت نهاده‌های غذایی، می‌توان از این

ضایعات به‌عنوان منبعی برای غنی‌سازی خوراک آبزیان برای بالا رفتن بازده تغذیه استفاده کرد.

چندین مطالعه نشان داده‌اند که افزودن محصولات جانبی خرما به جیره غذایی ماهیان ممکن است نتایج مطلوبی داشته باشد. برای مثال، تغذیه با مکمل هسته خرما عملکرد رشد و استفاده از مواد مغذی را در نوزاد گربه‌ماهی آفریقایی (*Clarias gariepinus*) بهبود داده است؛ به‌طوری که ماهیانی که با ۱/۵٪ مکمل هسته خرما تغذیه شده‌اند، رشد قابل‌توجهی داشته‌اند (Sotolu et al. 2014). به‌همین ترتیب، افزودن وعده‌های غذایی با دانه خرما در جیره غذایی گربه‌ماهی آفریقایی، کیفیت اسپرم را بهبود بخشیده است (Fagbohun et al. 2018). افزودن ۰/۵٪ عصاره دانه خرما به جیره غذایی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) باعث افزایش وزن قابل‌توجه و بهبود فراسنجه‌های ایمنی-فیزیولوژیک شده است (Mohammadi et al. 2018 b). این یافته‌ها نشان‌دهنده توان بالقوه محصولات جانبی خرما به‌عنوان یک خوراک پایدار و مغذی در آبزی‌پروری هستند.

امروزه ماهی تیلاپیا به یکی از اصلی‌ترین و رایج‌ترین ماهیان موجود در تأسیسات پرورشی در جهان تبدیل شده و پس از ماهی کپور بیش‌ترین میزان تولید را به خود اختصاص داده است. پرورش ماهی تیلاپیا در سال‌های اخیر گسترش زیادی یافته، به‌طوری‌که در حال حاضر این صنعت در بیش از ۱۰۰ کشور دنیا در حال انجام است. در این میان کشورهای آسیایی به‌عنوان بزرگ‌ترین تولید کننده انواع گونه‌های پرورشی ماهی تیلاپیا در سطح جهان هستند. پرورش ماهی تیلاپیای قرمز (*Oreochromis mossambicus* × *Oreochromis niloticus*) که هیبرید بین گونه‌های تیلاپیای نیل و موزامبیک است، در کشورهای آسیایی مانند چین، تایوان، تایلند، اندونزی و فیلیپین بسیار رواج پیدا کرده است. از مهم‌ترین عوامل تمایل به پرورش ماهی تیلاپیای قرمز رشد بسیار مناسب، رنگ‌پذیری جذاب و مشتری پسندی بالای این ماهی است (Sayed, 2019).

این مطالعه با توجه به اهمیت استفاده از یکی از گیاهان دارویی مهم به نام خرما در تغذیه آبزیان پرورشی برای بهبود کارایی رشد و سلامت ماهی، به بررسی اثرات سطوح مختلف عصاره آبی ضایعات خرما بر رشد، فراسنجه‌های ایمنی و فعالیت ضداکسایشی ماهی جوان تیلاپیای قرمز می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

برای انجام آزمایش، بچه ماهیان تیلاپیای قرمز خریداری، و با استفاده از مخازن مخصوص حمل ماهی، با اعمال کمینه استرس به محل انجام تحقیق واقع در آزمایشگاه تحقیقات آبزیان وابسته به اداره شیلات شهرستان خرمشهر منتقل شد. ماهیان پیش از ایجاد شرایط سازگاری، از لحاظ بیماری‌های انگلی و باکتریایی بررسی شدند و پس از حمام در آب نمک، شرایط سازگاری ماهیان به‌مدت دو هفته، برای رفع هر گونه استرس ناشی از حمل و نقل و سازگاری به شرایط پرورشی انجام شد. ماهیان روزانه در سه نوبت (ساعات ۹:۰۰، ۱۳:۰۰ و ۱۷:۰۰) تا حد سیری تغذیه شدند. تعداد ۲۴۰ قطعه ماهی با میانگین وزن اولیه ۰/۰۴ ± ۱/۱۵ گرم و میانگین درازای اولیه ۰/۱۰ ± ۳/۳۷ سانتی‌متر به‌طور کاملاً تصادفی میان ۱۲ عدد آکواریوم با حجم تقریبی ۱۲۰ لیتر آب (۲۰ عدد ماهی در هر آکواریوم) تقسیم شدند. آکواریوم‌ها قبل از آبگیری به وسیله هیپوکلریت سدیم ضدعفونی و سپس با استفاده از آب شیرین شستشو شدند. برای آبگیری آکواریوم‌ها در طی دوره آزمایش نیز از آب شهری کلرزدایی شده با حداقل ۲۴ ساعت ماندگاری استفاده شد. به‌منظور تأمین اکسیژن مورد نیاز ماهیان، درون هر آکواریوم یک عدد سنگ هوا متصل به هواده مرکزی قرار داده شد.

تهیه عصاره مورد استفاده

عصاره خرمای مورد استفاده در این مطالعه بر اساس روش پیشنهاد شده توسط Esteban و همکاران (۲۰۱۴) تهیه شد. ابتدا ۲۰۰ گرم خرمای ضایعاتی که قابلیت استفاده انسانی نداشت، هسته‌گیری و سپس با استفاده از آب سترون به‌طور کامل شستشو داده شد و پس از شستشو به تکه‌های کوچک خرد شد. سپس ۵۰۰ میلی‌لیتر آب به آن اضافه، و مدت ۲ ساعت در دمای ۵۵ درجه گرمخانه گذاری شد. محصول به‌دست آمده با استفاده از مولینکس به‌مدت ۲ ساعت آسیاب و هم‌زده شد. سپس نمونه به‌دست آمده به‌مدت ۱۵ دقیقه در ۳۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد و سوپرناتانت آن جدا و به‌عنوان عصاره خرما استفاده شد.

پس از تهیه اقلام مورد نیاز برای ساختن جیره‌های غذایی و سنجش بیوشیمیایی اجزای غذایی، اقدام به جیره نویسی با WUFFDA با در نظر گرفتن نیازهای تغذیه‌ای ماهی تیلاپیای قرمز شد. در نهایت نیز جیره‌های آزمایشی حاوی سطوح مختلف عصاره خرما بر اساس جیره پایه (جدول ۱) ساخته شد. تیمارهای مورد استفاده در تحقیق حاضر شامل ۴ جیره غذایی با سه تکرار برای هر تیمار در طی یک دوره ۸ هفته‌ای شامل تیمار شاهد: جیره غذایی پایه بدون عصاره خرما، تیمار اول: جیره غذایی حاوی ۱۰۰ میلی‌لیتر عصاره خرما در کیلوگرم غذا ، تیمار دوم: جیره غذایی حاوی ۲۰۰ میلی‌لیتر عصاره خرما در کیلوگرم غذا و تیمار سوم: جیره غذایی حاوی ۳۰۰ میلی‌لیتر عصاره خرما در کیلوگرم غذا بود.

اجزای غذایی با هم ترکیب و به حالت خمیری در آمده (با استفاده از آب و عصاره خرما) و سپس با استفاده از چرخ گوشت به صورت پلت در آمدند. پلت‌ها با توجه به اندازه دهان ماهی به پلت‌هایی با قطر ۰/۷ میلی‌متر تبدیل شدند. پس از آن در انکوباتور با دمای ۴۰-۳۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۸-۶ ساعت خشک و تا هنگام استفاده در یخچال با دمای تقریبی ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

جدول ۱ اجزا و آنالیز تقریبی جیره آزمایشی پایه.

Table 1 Ingredient and proximate analysis of the basal experimental diet.

اجزای غذایی	درصد ماده خشک
پودر ماهی ساردین	۱۷/۶۲
کنجاله سویا	۳۵
گلوتن ذرت	۵
آرد گندم	۳۲/۷۸
روغن ماهی	۵/۶۰
مکمل ویتامینه[۱]	۲
مکمل معدنی[۲]	۱
ژلاتین	۱
آنالیز تقریبی (درصد ماده خشک)	
ماده خشک	۹۰/۳۱
پروتئین خام	۳۵
چربی خام	۸
خاکستر	۱۰
رطوبت	۹
انرژی کل (کیلوکالری/گرم)	۳/۵

۱. هر کیلوگرم مکمل ویتامینه شامل ویتامین A: ۱۶۰۰۰۰۰ IU، ویتامین D_3: ۴۰۰۰۰۰ IU، ویتامین E: ۴۰۰۰۰ میلی‌گرم، ویتامین K_3: ۲۰۰۰ میلی‌گرم، ویتامین B_1: ۶۰۰۰ میلی‌گرم، ویتامین B_2: ۸۰۰۰ میلی‌گرم، ویتامین B_3: ۱۲۰۰۰میلی‌گرم، B_5: ۴۰۰۰۰ میلی‌گرم، B_6: ۴۰۰۰ میلی‌گرم، B_9: ۲۰۰۰ میلی‌گرم، B_{12}: ۸ میلی‌گرم، H_2: ۴۰ میلی‌گرم، C: ۶۰۰۰۰ میلی‌گرم، اینوزیتول: ۲۰۰۰۰ میلی‌گرم

۲. هر کیلوگرم مکمل معدنی شامل آهن ۶۰۰۰ میلی‌گرم، روی ۱۰۰۰۰ میلی‌گرم، سلنیوم ۲۰ میلی‌گرم، کبالت ۱۰۰ میلی‌گرم، مس ۶۰۰۰ میلی‌گرم، منگنز ۵۰۰۰ میلی‌گرم، ید ۶۰۰ میلی‌گرم، کلرید کبالت ۶۰۰۰ میلی‌گرم

در طی دوره آزمایش، غذادهی ماهیان تا حد سیری و به طور دستی در سه نوبت (ساعات ۸:۰۰، ۱۳:۰۰ و ۱۷:۰۰) انجام شد. برای توزیع یکنواخت غذا، کاهش تلاطم آب و افزایش ماندگاری غذا در آب در طی مدت غذادهی، هوادهی در مخزن‌ها قطع می‌شد. سپس میزان غذای هر وعده برای هر مخزن با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شده و در سطح هر مخزن توزیع می‌شد. فراسنجه‌های آب شامل درجه حرارت، اکسیژن محلول

و pH به‌طور روزانه اندازه‌گیری و ثبت شد. در طی دوره آزمایش، میانگین دمای آب ۰/۷۶ ± ۲۶/۲۹ درجه سانتی‌گراد؛ میانگین pH ۰/۱۱ ± ۷/۱۲ و میانگین اکسیژن محلول ۰/۵۴ ± ۷/۷۲ میلی‌گرم در لیتر ثبت شد. به‌دلیل عدم وارد شدن استرس به ماهیان، عملیات زیست‌سنجی تنها در ابتدا و انتهای دوره آزمایش بعد از بیهوشی ماهی با پودر گل میخک، توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم انجام شد.

شاخص‌های رشد و تغذیه شامل شاخص‌های افزایش وزن، درصد وزن، نرخ رشد ویژه، ضریب تبدیل غذایی و میزان بازماندگی، بر اساس فرمول‌های زیر محاسبه شدند (Sharif-Kanani et al. 2024):

افزایش وزن بدن:

وزن اولیه (گرم) - وزن نهایی (گرم) = BWI (%)

نرخ رشد ویژه:

۱۰۰ × دوره پرورش به روز / (وزن اولیه Ln - وزن نهایی Ln) = SGR (%/day)

ضریب تبدیل غذایی:

افزایش وزن بدن (گرم) / مقدار غذای خورده شده (گرم) = FCR

درصد بازماندگی:

۱۰۰× تعداد ماهیان در ابتدای دوره / تعداد ماهیان در انتهای دوره = SR (%)

سنجش فراسنجه‌های بیوشیمیایی لاشه

در پایان دوره آزمایشی، تعداد ۵ قطعه ماهی از هر تکرار (۱۵ عدد از هر تیمار) به‌طور تصادفی از آکواریوم خارج و برای انجام ارزیابی ترکیبات بیوشمیایی بدن تا زمان انجام سنجش‌ها در فریزر ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. سنجش‌های تقریبی ترکیبات بیوشیمیایی جیره غذایی آزمایشی و ترکیبات بیوشیمیایی لاشه نهایی بدن با استفاده از روش‌های استاندارد (AOAC, 1995) انجام شد. به‌طور خلاصه مقدار پروتئین با استفاده از دستگاه کلدال، چربی با استفاده از سوکسله و حلال اتر، مقدار رطوبت با استفاده از آون در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت و مقدار خاکستر با استفاده از کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۶ ساعت ارزیابی شد.

اندازه‌گیری شاخص‌های بیوشیمیایی سرم

در پایان دوره آزمایش، برای ارزیابی شاخص‌های خونی، تعداد ۹ قطعه ماهی از هر تیمار به‌طور کاملاً تصادفی انتخاب، و توسط محلول پودر گل میخک (۱۰ گرم در هر لیتر) بیهوش شدند. خون‌گیری از طریق ساقه دمی و با استفاده از سرنگ‌های غیر هپارینه انجام شد. فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم خون در این مطالعه شامل گلوکز، کلسترول، تری‌گلیسرید، پروتئین و آلبومین توسط دستگاه بیوشیمی اتوآنالایزر با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی پارس آزمون (کرج، ایران) با روش‌های زیر سنجش شد. گلوکز به روش آنزیمی گلوکز اکسیداز، کلسترول به روش آنزیمی کلسترول اکسیداز، تری‌گلیسرید به روش آنزیمی گلیسروفسفات دهیدروژناز، پروتئین تام به روش بیوره و آلبومین به روش اتصال به رنگ با استفاده از رنگ برم کرزول گرین انجام شد. قبل از اندازه‌گیری شاخص‌های مورد نظر برای بالابردن دقت و صحت نتایج، دستگاه اتوآنالایزر توسط سرم کالیبراتور TruCal U و سپس با استفاده از سرم کنترل‌های TruLab P و TruLab N ساخت شرکت پارس آزمون (کرج، ایران) قبل از انجام آزمایش و در طی انجام آزمایش کنترل شد. برای به‌دست آوردن میزان گلوبولین نیز، مقادیر آلبومین از پروتئین کسر شد. همچنین نسبت آلبومین به گلوبولین (A/G) محاسبه شد.

اندازه‌گیری شاخص‌های ایمنی موکوس

جمع آوری موکوس ماهیان بر اساس روش Ross و همکاران (۲۰۰۰) انجام شد. تعداد ۹ قطعه ماهی از هر تیمار پس از بیهوشی با محلول پودر میخک به‌طور جداگانه درون کیسه‌های پلاستیکی حاوی ۲ میلی‌لیتر سدیم کلراید ۵۰ میلی‌مولار قرار گرفتند. سپس به‌مدت ۲ دقیقه ماهیان را در کیسه‌های مورد نظر تکان داده و بعد از آن ماهی‌ها از کیسه خارج شدند. موکوس جمع آوری شده به مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۵ درجه سانتی‌گراد و در ۱۵۰۰ g سانتریفیوژ شد. سپس مایع رویی به میکروتیوب‌های ۲ میلی‌لیتری منتقل و در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند (Subramanian et al. 2007).

اندازه‌گیری پروتئین کل با استفاده از روش Lowry و همکاران (۱۹۵۱) در طول موج ۷۵۰ نانومتر انجام شد. اندازه‌گیری ایمونوگلوبولین کل بر اساس اندازه‌گیری میزان پروتئین کل مخاط ماهی‌ها قبل و بعد از رسوب مولکول‌های

ایمونوگلوبولین و با استفاده از محلول پلی اتیلن گلیکول ۱۲٪ انجام شده و اختلاف بین محتوای پروتئین‌ها به عنوان محتوای ایمونوگلوبولین ماهی کپور معمولی در نظر گرفته شد (Siwicki, 1993). همچنین فعالیت لایزوزیم بر اساس رسوب و نابودی باکتری گرم مثبت (*Micrococcus lysodeikticus*) که به لایزوزیم حساس است و در طول موج ۵۳۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (Demers and Bayne, 1997).

سنجش فعالیت آنزیم‌های ضداکسایشی

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز در سرم خون ماهیان بر اساس روش Goth (۱۹۹۱) انجام شد. بر اساس این روش بافر فسفات با نمونه مخلوط شد. سپس ۱۰ دقیقه در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد گرمخانه گذاری شد. در ادامه، فعالیت آنزیم با استفاده از آمونیوم مولیبدات و کاهش جذب نوری محلول در طول موج ۴۱۰ نانومتر خوانده شد. هر واحد فعالیت آنزیم به‌صورت ۵٪ کاهش در جذب نوری محلول تعیین شد. سنجش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز (SOD) بر اساس درگیری رادیکال سوپر اکسید در اکسایش خودبه‌خودی پیروگالول و مطابق با روش McCord و Fridovich (۱۹۶۹) انجام شد. در این روش پس از مخلوط کردن بافر Tris-HCl ۵۰ میلی‌مولار با نمونه، پیروگالول به آن اضافه شد، سپس اکسایش خودبه‌خودی پیروگالول در طول موج ۴۲۰ نانومتر قرائت شد. هر واحد فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز به‌صورت مقدار آنزیم مورد نیاز برای ممانعت از اکسیداسیون پیروگالول تا ۵۰٪ در یک دقیقه تعیین شد. میزان فعالیت آنزیم گلوتاتیون پراکسیداز (GPx) با استفاده از کیت تجاری راندوکس (انگلیس) بر اساس دستورالعمل مربوطه در طول موج ۴۴۰ نانومتر اندازه گیری شد. یک واحد فعالیت آنزیم برابر است با مقدار آنزیمی که از تولید ۵۰٪ رادیکال اکسیژن فعال درون نمونه جلوگیری می‌کند. اندازه‌گیری مالون دی آلدهید (MDA) نمونه سرم خون منطبق با روش Satoh (۱۹۷۸) انجام شد. در این روش که اساس آن واکنش MDA با تیوباربیتوریک اسید (TBA) و استخراج بوتانول نرمال است، سرم با اسید فسفریک و TBA مخلوط و به‌مدت ۴۵ دقیقه در حمام بن‌ماری جوش قرار داده شد. پس از آن، مخلوط مورد نظر سرد و بوتانول نرمال به این مخلوط اضافه شد. سپس مخلوط به دست آمده سانتریفیوژ و جذب نوری مایع رویی در طول موج ۵۳۲ نانومتر ثبت شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های اولیه در نتایج به‌صورت میانگین ± خطای استاندارد (Mean ± SE) بیان شد. نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون Shapiro-Wilk بررسی شد. از روش آنالیز واریانس یک‌طرفه (One-Way ANOVA) برای مقایسه بین تیمارها استفاده شد و معنی‌دار بودن به کمک آزمون دانکن مقایسات چندگانه انجام شد. آزمون‌ها در محیط نرم‌افزار SPSS 19 انجام شد. همچنین برای رسم نمودارها از نرم افزار Microsoft Office Excel 2010 استفاده شد.

نتایج

شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای

نتایج ارزیابی شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای ماهیان تیلاپیای قرمز در انتهای دوره آزمایشی در جدول ۲ آمده است. نتایج وزن نهایی ماهیان تیلاپیای قرمز در پایان دوره آزمایشی نشان داد که تمام تیمارهای حاوی عصاره خرما نسبت به گروه شاهد اختلاف معنی‌دار داشتند ($P<۰/۰۵$). با این حال، تیمار ۲ (حاوی ۲۰۰ میلی‌لیتر عصاره خرما در کیلوگرم غذا) نسبت به دیگر گروه‌های آزمایشی افزایش بیش‌تری را نشان داد. با افزایش معنی‌دار میزان وزن نهایی در این تیمار، میزان افزایش وزن بدن (گرم) و نرخ رشد ویژه، افزایش معنی‌دار در این تیمار نشان دادند ($P<۰/۰۵$). ضریب تبدیل غذایی نیز به‌طور معنی‌داری در تیمارهای حاوی عصاره خرما نسبت به گروه شاهد کاهش پیدا کرد ($P<۰/۰۵$). میزان بازماندگی در پایان دوره آزمایشی هیچ اختلاف معنی‌داری در بین گروه‌های آزمایشی نداشت ($P>۰/۰۵$).

جدول ۲ اثر سطوح مختلف عصاره آبی ضایعات خرما بر پارامترهای رشد و تغذیه ماهی جوان تیلاپیای قرمز بعد از ۵۶ روز.

Table 2 Effects of different levels of aqueous extract from date palm waste on growth and nutritional parameters of juvenile red tilapia after 56 days.

	Control	DPE100	DPE200	DPE300
Final weight (g)	10.38 ± 0.29^{a}	12.56 ± 0.33^{b}	14.51 ± 0.26^{c}	14.08 ± 0.18^{c}
BWI (g)	9.23 ± 0.25^{a}	11.40 ± 0.34^{b}	13.36 ± 0.23^{c}	13.10 ± 0.17^{c}
SGR (%/day)	3.91 ± 0.01^{a}	4.25 ± 0.05^{b}	4.53 ± 0.04^{c}	4.48 ± 0.06^{c}
FCR	1.33 ± 0.02^{b}	1.14 ± 0.04^{a}	1.10 ± 0.06^{a}	1.13 ± 0.01^{a}
Survival (%)	95 ± 2.88	96.66 ± 3.33	98.33 ± 1.66	96.66 ± 1.66

مقادیر به‌طور میانگین ± خطای استاندارد از سه تکرار هر گروه هستند. مقادیر میانگین در هر سطر که دارای نمادهای بالانویس متفاوت هستند، اختلاف معنادار دارند (P<۰/۰۵).

Values are the mean ± SE of three replicates from each group. Mean values in each row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

شاخص‌های ترکیبات بیوشیمیایی بدن ماهیان تیلاپیای قرمز در پایان دوره آزمایش، در جدول ۳ بیان شده است. مقدار پروتئین کل در تیمار ۲ (حاوی ۲۰۰ میلی‌لیتر عصاره خرما در کیلوگرم غذا) به طور معنی‌دار در مقایسه با تیمار شاهد و دیگر گروه‌های آزمایشی افزایش داشت (P<۰/۰۵). همچنین، مقدار چربی گروه‌های آزمایشی دارای عصاره خرما در مقایسه با تیمار شاهد، کاهش معنی‌دار داشتند (P<۰/۰۵)، اما میزان رطوبت و خاکستر تفاوت معنی‌داری در بین تیمارهای آزمایشی نشان نداد (P>۰/۰۵).

جدول۳ ترکیبات بیوشیمیایی بدن ماهیان تیلاپیای قرمز تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی به‌مدت ۵۶ روز (درصد وزن تر).

Table 3 Proximate composition of the whole body of juvenile red tilapia fed the experimental diets for 56 days (wet weight; %).

	Control	DPE100	DPE200	DPE300
Moisture	75.49 ± 4.22	74.31 ± 4.96	75.31 ± 5.55	73.99 ± 3.74
Protein	12.66 ± 0.81^{a}	14.39 ± 0.26^{b}	15.46 ± 0.32^{c}	14.47 ± 0.44^{b}
Lipid	6.68 ± 0.47^{b}	5.52 ± 0.23^{a}	5.28 ± 0.20^{a}	5.57 ± 0.45^{a}
Ash	3.62 ± 0.11	3.71 ± 0.19	4.46 ± 0.37	4.80 ± 0.17

مقادیر به‌طور میانگین ± خطای استاندارد از سه تکرار هر گروه می‌باشند. مقادیر میانگین در هر سطر که دارای نمادهای بالانویس متفاوت هستند، اختلاف معناداری دارند (P<۰/۰۵).

Values are mean ± SE of three replicates from each group. Mean values in each row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌های بیوشیمیایی پلاسمای خون ماهیان تیلاپیای قرمز در این مطالعه، در جدول ۴ آمده است. نتایج ارزیابی گلوکز حاکی از کاهش معنی‌دار میزان گلوکز در تیمار ۲ نسبت به گروه شاهد و دیگر گروه‌های آزمایشی بود (P<۰/۰۵). میزان پروتئین و آلبومین در تیمار حاوی ۲۰۰ میلی‌لیتر عصاره خرما نسبت به گروه شاهد و دیگر گروه‌های آزمایشی افزایش پیدا کرد (P<۰/۰۵). همچنین، میزان کلسترول و تری‌گلیسرید نیز در تیمار ۲ به‌طور معنی‌داری نسبت به گروه شاهد کاهش یافت (P<۰/۰۵).

نتایج ارزیابی شاخص‌های ایمنی موکوس ماهیان تیلاپیای قرمز، در پایان دوره آزمایشی در جدول ۵ بیان شده است. نتایج این ارزیابی نشان داد که مقدار پروتئین کل موکوس ماهیان تیلاپیای قرمز، در گروه آزمایشی حاوی ۲۰۰ میلی‌لیتر عصاره خرما در کیلوگرم غذا، در مقایسه با دیگر گروه‌های آزمایشی افزایش معنی‌دار نشان داد (P<۰/۰۵).

ارزیابی ایمونوگلوبولین موکوس نشان داد که میزان این شاخص در تیمارهای حاوی عصاره خرما به‌طور معنی‌دار در مقایسه با گروه شاهد افزایش پیدا کرده است (P<۰/۰۵). نتایج ارزیابی فعالیت لایزوزیم موکوس ماهیان تیلاپیای قرمز در پایان دوره آزمایش نشان داد که میزان فعالیت لایزوزیم در تیمار ۲ به‌طور معنی‌دار درمقایسه با گروه شاهد و دیگر تیمارهای آزمایشی افزایش داشته است (P<۰/۰۵).

جدول۴ فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم خون ماهیان تیلاپیای قرمز تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی به‌مدت ۵۶ روز.

Table 4 Serum biochemical parameters in juvenile red tilapia fed the experimental diets for 56 days.

	Control	DPE100	DPE200	DPE300
Glucose (mg/dL)	75.11 ± 1.08^{c}	73.75 ± 0.54^{c}	66.88 ± 0.53^{a}	69.38 ± 1.19^{b}
Protein (mg/dL)	4.18 ± 0.16^{a}	4.41 ± 0.29^{ab}	4.76 ± 0.12^{c}	4.60 ± 0.17^{b}
Albumin (g/dL)	1.19 ± 0.08^{a}	1.24 ± 0.09^{ab}	1.43 ± 0.10^{b}	1.38 ± 0.12^{ab}
Globulin (g/dL)	2.98 ± 0.14^{a}	3.17 ± 0.19^{ab}	3.32 ± 0.03^{b}	3.21 ± 0.11^{ab}
A/G	0.40 ± 0.03	0.39 ± 0.01	0.43 ± 0.03	0.43 ± 0.04
Cholesterol (mg/dL)	119.1 ± 4.58^{c}	111.3 ± 5.13^{bc}	100.8 ± 2.8^{a}	108 ± 6.55^{ab}
Triglyceride (mg/dL)	218.6 ± 7.5^{c}	208.6 ± 9.01^{bc}	180.8 ± 8.73^{a}	198.3 ± 3.78^{b}

مقادیر به‌طور میانگین ± خطای استاندارد از سه تکرار هر گروه می‌باشند. مقادیر میانگین در هر سطر که دارای نمادهای بالانویس متفاوت هستند، اختلاف معناداری دارند (P<۰/۰۵).

Values are mean ± SE of three replicates from each group. Mean values in each row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

جدول ۵ شاخص‌های ایمنی موکوس ماهیان تیلاپیای قرمز تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی به‌مدت ۵۶ روز.

Table 5 Mucosal immune parameters in juvenile red tilapia fed the experimental diets for 56 days.

	Control	DPE100	DPE200	DPE300
Total protein (mg/mL)	12.41 ± 0.20^{a}	17.89 ± 0.27^{b}	20.59 ± 0.36^{c}	17.77 ± 0.40^{b}
Total IG (mg/mL)	4.61 ± 0.11^{a}	7.22 ± 0.16^{b}	8.41 ± 0.17^{c}	7.28 ± 0.05^{b}
Lysozyme (U/mL)	8.35 ± 0.32^{a}	8.80 ± 0.19^{ab}	9.43 ± 0.51^{b}	8.59 ± 0.52^{ab}

مقادیر به‌طور میانگین ± خطای استاندارد از سه تکرار هر گروه می‌باشند. مقادیر میانگین در هر سطر که دارای نمادهای بالانویس متفاوت هستند، اختلاف معناداری دارند (P<۰/۰۵).

Values are mean ± SE of three replicates from each group. Mean values in each row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

نتایج ارزیابی شاخص‌های ضداکسایشی ماهیان تیلاپیای قرمز، در پایان دوره آزمایشی در جدول ۶ بیان شده است. نتایج این ارزیابی نشان داد که میزان کاتالاز در گروه آزمایشی حاوی ۲۰۰ میلی‌لیتر عصاره خرما در کیلوگرم غذا، در مقایسه با تیمار شاهد افزایش معنی‌دار داشته است (P<۰/۰۵). میزان ارزیابی سوپر اکسید دیسموتاز نیز نشان داد که این شاخص‌ها در تیمارهای حاوی ۲۰۰ میلی‌لیتر عصاره خرما در کیلوگرم غذا به‌طور معنی‌دار در مقایسه با گروه شاهد و دیگر گروه‌های آزمایشی افزایش پیدا کرده است (P<۰/۰۵). نتایج ارزیابی گلوتاتیون پراکسیداز نیز نشان داد که این شاخص در تمامی تیمارهای حاوی عصاره خرما نسبت به گروه شاهد افزایش معنی‌دار پیدا کرده‌اند (P<۰/۰۵). همچنین میزان مالون دی آلدهید در تیمارهای حاوی عصاره خرما نسبت به گروه شاهد کاهش معنی‌دار داشتند (P<۰/۰۵).

جدول۶ فعالیت آنزیم‌های ضداکسایشی ماهیان جوان تیلاپیای قرمز تغذیه شده با جیره‌های آزمایشی به‌مدت ۵۶ روز.
Table 6 Activity of antioxidant enzymes in juvenile red tilapia fed the experimental diets for 56 days.

	Control	DPE100	DPE200	DPE300
Catalase (U/mL)	3.10 ± 0.17^{a}	3.50 ± 0.17^{ab}	3.70 ± 0.10^{b}	3.53 ± 0.28^{ab}
SOD (U/mL)	27.83 ± 1.75^{a}	30.01 ± 1.73^{a}	33.73 ± 0.37^{b}	30.03 ± 0.94^{a}
GPx (U/L)	21.20 ± 0.90^{a}	24.37 ± 1.18^{b}	26.20 ± 1.08^{b}	25.06 ± 1.60^{b}
MDA (U/L)	94.88 ± 1.65^{c}	91.01 ± 1.74^{b}	87.26 ± 1.16^{a}	90.73 ± 0.46^{b}

مقادیر به‌طور میانگین ± خطای استاندارد از سه تکرار هر گروه هستند. مقادیر میانگین در هر سطر که دارای نمادهای بالانویس متفاوت هستند، اختلاف معنادار دارند (P<۰/۰۵).

Values are mean ± SE of three replicates from each group. Mean values in each row with different superscripts are significantly different (P<0.05).

بحث

در مطالعه حاضر شاخص‌های رشد و تغذیه در ماهیان تغذیه شده با عصاره خرما بهبود یافت، که به‌نظر می‌رسد از وضعیت تغذیه بهتر ایجاد شده توسط مکمل غذایی عصاره خرماست. همسو با این نتایج، تحقیقات انجام شده توسط Kamali Sanzighi و همکاران (۲۰۱۸) نشان داده است که استفاده از ضایعات خرما منجر به بهبود درصد افزایش وزن بدن و نرخ رشد روزانه در بچه ماهیان کپور معمولی شده است. علاوه بر این، نتایج مطالعات Mathew و همکاران در سال ۲۰۲۰ نشان‌دهنده اثرات افزایشی پودر هسته خرما بر شاخص‌های رشد و تغذیه ماهی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) بود. همچنین مطالعات Sotolu و همکاران (۲۰۱۴) نشان‌دهنده اثرات افزایشی پودر هسته خرما بر شاخص‌های رشد و بهبود شاخص‌های تغذیه‌ای ماهیان جوان گربه ماهی آفریقایی بود. علاوه بر این، مطالعات Dawood و همکاران (۲۰۲۰) نشان‌دهنده افزایش رشد و بهبود شاخص‌های تغذیه‌ای در ماهیان تیلاپیای نیل تغذیه شده با پودر تخمیری هسته خرما بوده است. مطالعات انجام شده نشان داده است که خرما دارای ارزش غذایی بسیار بالاست که این امر ناشی از دارا بودن محتوی فیبر، انواع ویتامین‌ها (C، B_2، B_1 و A)، آنزیم‌ها (فیتاز، اینورتاز و پراکسیداز) و مواد معدنی ضروری (شامل کلسیم، آهن، منیزیوم، فسفر، پتاسیم، روی، سلنیوم و منگنز) است (Esteban et al. 2014). بر اساس مطالعات مختلف میوه خرما دارای درصد بالایی کربوهیدرات (کل قند ۴۴ تا ۸۸٪)، چربی (۰/۲ تا ۰/۵٪)، ماده معدنی و نمکی (۱۵٪)، پروتئین (۲/۳ تا ۵/۶٪)، ویتامین و درصد زیادی فیبر غذایی (۶/۴ تا ۱۱/۵٪) است.

نتایج ارزیابی شاخص‌های ترکیبات بیوشیمیایی بدن ماهیان تیلاپیای قرمز در پایان دوره آزمایش نشان داد که مقدار پروتئین کل در تیمار ۲ (حاوی ۲۰۰ میلی‌لیتر عصاره خرما در کیلوگرم غذا) به‌طور معنی‌دار در مقایسه با تیمار شاهد و دیگر گروه‌های آزمایشی افزایش داشت که با مطالعات Mohammadi و همکاران (۲۰۱۸a) در خصوص تأثیر عصاره اجزای خرما بر ترکیب پروتئین لاشه ماهیان کپور هم‌خوانی داشت. همچنین، مقدار چربی بدن ماهیان تیلاپیای قرمز در پایان دوره آزمایش تغذیه شده با عصاره خرما در مقایسه با تیمار شاهد، کاهش معنی‌دار پیدا کرده‌اند که برخلاف مطالعات Mohammadi و همکاران (۲۰۱۸a) در خصوص عصاره اجزای خرما بر مقدار چربی لاشه ماهی کپور معمولی بود. اگرچه تفاوت ترکیب شیمیایی بدن یک گونه ماهی به عواملی از جمله تفاوت در سن، جنس، شرایط محیطی و فصل بستگی دارد، اما بدون شک اختلاف اصلی در ترکیبات بیوشیمیایی ماهی را باید با غذای دریافتی یا تغذیه ماهی و حتی درصد و مقدار غذادهی روزانه مربوط دانست. نتایج مطالعه Belal و همکاران در سال ۲۰۱۵ نشان داده است که فیبر موجود در خرما می‌تواند منجر به کاهش مقدار چربی و افزایش مقدار پروتئین لاشه ماهیان تیلاپیای نیل شود.

خون‌شناسی اهمیت فراوانی در تشخیص اختلالات و بیماری‌ها دارد، به‌طوری‌که اگر میزان طبیعی فراسنجه‌های یاخته‌ای و بیوشیمیایی خون و دامنه تغییرات آن در انواع ماهیان در شرایط طبیعی یا فیزیولوژیک در دسترس باشد،

با بررسی این فراسنجه‌ها می‌توان بیماری‌های عفونی، خونی و مسمومیت‌های آبزیان را تشخیص داد (Hernandez et al. 2007). در آزمایش حاضر، مقادیر پروتئین کل، آلبومین و گلوبولین و نسبت گلوبولین به آلبومین با افزایش سطوح عصاره خرما افزایش یافت که بیش‌ترین مقدار افزایش در تیمار ۲ (حاوی ۲۰۰ میلی‌لیتر عصاره خرما در کیلوگرم غذا) در مقایسه با گروه شاهد بود. نتایج Mohammadi و همکاران (۲۰۱۸b) نشان داد که استفاده از عصاره هسته خرما در تغذیه ماهیان کپور منجر به افزایش پروتئین کل و آلبومین در خون می‌شود. از طرف دیگر، مقادیر گلوکز، کلسترول و تری‌گلیسرید در سرم خون ماهیان تغذیه شده با عصاره ضایعات خرما در آزمایش حاضر دارای روند کاهشی بود. در همین راستا، مطالعات Mathew و همکاران در سال ۲۰۲۰ نشان داد که استفاده از پودر هسته خرما در تغذیه ماهی تیلاپیای نیل منجر به کاهش مقدار گلوکز شد. همچنین، Al-Maiman (۲۰۰۵) و Harikrishnan و همکاران (۲۰۰۳) مشاهده کردند که فیبر موجود در خرما می‌تواند منجر به کاهش گلوکز و چربی در موش‌های آزمایشی و ماهیان کپور معمولی شود.

ایمنی یکی از مهم‌ترین ساز و کارهای فیزیولوژیک برای مقابله با عوامل بیماری‌زا و حفظ هموستازی بدن است. یکی از بخش‌های مهم دستگاه ایمنی غیر اختصاصی در ماهی‌ها، ایمنی موکوس است. اجزای موجود در موکوس شامل لایزوزیم، ایمونوگلوبولین‌ها، پروتئین‌های کمپلمان (عامل مکمل)، لکتین‌ها، آنزیم‌های پروتئولیتیک، پروتئین واکنش دهنده C و دیگر پروتئین‌های ضد باکتریال است (Subramanian et al. 2007) که هر کدام به‌نحوی در افزایش فعالیت دستگاه ایمنی ماهی ایفای نقش می‌کنند. نتایج ارزیابی شاخص‌های ایمنی موکوس ماهیان تیلاپیای قرمز در پایان دوره نشان داد که مقدار پروتئین کل، فعالیت لایزوزیم و ایمونوگلوبین در موکوس ماهیان در گروه آزمایشی حاوی ۲۰۰ میلی‌لیتر عصاره خرما در کیلوگرم غذا، در مقایسه با دیگر گروه‌های آزمایشی افزایش معنی‌دار داشته است. در مطالعه انجام شده توسط Karasawa و همکاران (۲۰۱۱) بر موش، آنها مشاهده کردند که استفاده از عصاره خرما در جیره سبب بهبود وضعیت ایمنی می‌شود که این یافته نیز مطابق با یافته‌های مطالعه حاضر است. علاوه بر این، استفاده از عصاره میوه خرما در تغذیه شانک سرطلایی (*Sparus aurata*) منجر به بهبود ایمنی موکوس شد (Cerezuela et al. 2016). همچنین نتایج تحقیقات Garcia Beltran و همکاران (۲۰۲۰) در خصوص کاربرد عصاره هسته خرما در تغذیه ماهی شانک سرطلایی و Dawood و همکاران (۲۰۲۰) در خصوص کاربرد پودر تخمیری هسته خرما در تیلاپیای نیل نشان‌دهنده بهبود دستگاه ایمنی با واسطه یاخته‌ای و هومورال در ماهیان بود. مطالعات نشان می‌دهند که برخی از پلی‌فنل‌ها و پلی‌ساکاریدهای موجود در میوه خرما، دستگاه ایمنی یاخته‌ای را تحریک می‌کنند (Karasawa et al. 2011). لذا به نظر می‌رسد که خرما به‌دلیل دارا بودن فلاونوئید و فنول نقش مهمی در کنترل بیماری‌ها و تقویت دستگاه ایمنی دارند (Al-Alawi et al. 2017). همچنین، خرما حاوی ویتامین‌های مختلف از جمله ویتامین C و مواد معدنی مانند پتاسیم، کلسیم و روی است که همگی در تقویت دستگاه ایمنی نقش دارند (Kari et al. 2022; Wagan et al. 2022).

خرما منبع غنی از ضد اکسایش‌هاست که می‌توانند به کاهش استرس اکسیداتیو و محافظت از یاخته‌ها در برابر آسیب کمک کنند. این خاصیت به پیشگیری از بیماری‌های مزمن و تقویت ایمنی بدن کمک می‌کند (Nasir et al. 2015). در همین باره، نتایج ارزیابی شاخص‌های دفاع ضداکسایشی ماهیان تیلاپیای قرمز در پایان دوره نشان داد که مقدار فعالیت کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز ماهیان گروه آزمایشی حاوی ۲۰۰ میلی‌لیتر عصاره خرما در مقایسه با دیگر گروه‌های آزمایشی افزایش داشته و از طرفی مقدار مانون دی آلدئید کاهش داشته است که تفاوت معنی‌داری در مقایسه با گروه شاهد داشته‌اند. مطالعات انجام شده در باره خواص ضداکسایشی میوه خرما نشان‌دهنده محتوای ظرفیت ضداکسایشی بالای آن است (Esteban et al. 2014). از جمله ضد اکسایش‌های موجود در خرما، فلاونوئیدها هستند که با مهار رادیکال‌های مخرب از جمله رادیکال هیدروکسیل، رادیکال سوپر اکسید و دیگر رادیکال‌های موجود در بدن اثرات حفاظتی را از خود نشان می‌دهند (Siahpoosh et al. 2011). غنی بودن از ترکیبات فنلی با فعالیت ضداکسایشی بالا از جنبه‌های ارزشمند خرماست (Hoseinifar et al. 2017).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به این‌که کشور ایران یکی از بزرگ‌ترین تولیدکنندگان خرما در جهان است. تولید این محرک ایمنی ارزان قیمت از ضایعات خرما راهبردی برای استفاده در صنعت آبزی‌پروری است. در مجموع، نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از ۲۰۰ میلی‌لیتر عصاره ضایعات خرما در کیلوگرم غذا، اثرات سودمندی بر شاخص‌های ایمنی و شاخص‌های ایمنی موکوس پوست ماهی تیلاپیای قرمز دارد.

تشکر و قدردانی

از دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر به‌دلیل حمایت مالی از تحقیق فوق در قالب پایان نامه کارشناسی ارشد تقدیر و تشکر به‌عمل می‌آید.

منابع

Al-Alawi, R.A., Al-Mashiqri, J.H., Al-Nadabi, J.S., Al-Shihi, B.I., Baqi, Y. 2017. Date palm tree (*Phoenix dactylifera* L.): natural products and therapeutic options. Frontiers in Plant Science 8: 845. DOI: 10.3389/fpls.2017.00845.

Al-Maiman, S.A. 2005. Effect of date palm (*Phoenix dactylifera*) seed fibers on plasma lipids in rats. Journal of King Saud University 17: 117-123.

Amouoghli Tabrizi, B., Hassanpour, A., Kohi, V., Ostovar, A., Alizade, A. 2009. The effects of date consumption on serumic levels of glucose, lipids and lipoproteins in diabetic rats. Veterinary Clinical Pathology: The Quarterly Scientific Journal 3: 367-375.

AOAC. 1995. Official Methods of Analysis (16th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.

Assirey, E.A.R. 2015. Nutritional composition of fruit of 10 date palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars grown in Saudi Arabia. Journal of Taibah University for Science 9: 75-79. DOI: 10.1016/j.jtusci.2014.07.002.

Belal, I.E.H., El-Tarabily, K.A., Kassab, A.A., El-Sayed, A.F.M., Rasheed, N.M. 2015. Evaluation of date fiber as feed ingredient for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fingerlings. Journal of Aquaculture Research and Development 6: 1-6. DOI: 10.4172/2155-9546.1000320.

Biglari, F., AlKarkhi, A.F., Easa, A.M. 2008. Antioxidant activity and phenolic content of various date palm (*Phoenix dactylifera*) fruits from Iran. Food Chemistry 107: 1636-1641. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.10.033.

Cerezuela, R., Guardiola, F.A., Cuesta, A., Esteban, M.A. 2016. Enrichment of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) diet with palm fruit extracts and probiotics: effects on skin mucosal immunity. Fish and Shellfish Immunology 49: 100-109. DOI: 10.1016/j.fsi.2015.12.028.

Dawood, M.A., Eweedah, N.M., Khalafalla, M.M., Khalid, A. 2020. Evaluation of fermented date palm seed meal with *Aspergillus oryzae* on the growth, digestion capacity and immune response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture Nutrition 26: 828-841. DOI: 10.1111/anu.13042.

Demers, N.E., Bayne, C.J. 1997. The immediate effects of stress on hormones and plasma lysozyme in rainbow trout. Developmental and Comparative Immunology 21: 363-373. DOI: 10.1016/S0145-305X(97)00009-8.

Entezari, M.H., Nazary, S.H., Khodaparast, M.H. 2004. The direct effect of ultrasound on the extraction of date syrup and its micro-organisms. Ultrasonics Sonochemistry 11: 379-384. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2003.10.005.

Esteban, M.A., Cordero, H., Martinez-Tome, M., Jimenez-Monreal, A.M., Bakhrouf, A., Mahdhi, A. 2014. Effect of dietary supplementation of probiotics and palm fruits extracts on the antioxidant enzyme gene expression in the mucosae of gilthead seabream

(*Sparus aurata* L.). Fish and Shellfish Immunology 39: 532-540. DOI: 10.1016/j.fsi.2014.06.012.

Fagbohun, A.E., Dada, A.A. 2018. Effects of dietary supplementation of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) seed on milt quality of African catfish (*Clarias gariepinus*) broodstocks. Journal of Agricultural Sciences 13: 153-161. DOI: 10.4038/jas.v13i2.8339.

Garcia Beltran, J.M., Mahdhi, A., Abdelkader, N., Hatem, M., Esteban Abad, M.D.L.A. 2020. Effect of the administration of date palm seeds (*Phoenix dactylifera* L.) in gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) diets. Journal of Agricultural Science and Crop Research 1: 102-110.

Gatlin, D.M. 2003. Nutrition and Fish Health. In: *Fish Nutrition*. Halver, J.E., Hardy, R.W. (Eds.). Academic Press, 671-702.

Goth, L. 1991. A simple method for determination of serum catalase activity and revision of reference range. Clinica Chimica Acta 196: 143-151. DOI: 10.1016/0009-8981(91)90067-m.

Harikrishnan, R., Rani, M.N., Balasundaram, C. 2003. Hematological and biochemical parameters in common carp, *Cyprinus carpio*, following herbal treatment for *Aeromonas hydrophila* infection. Aquaculture 221: 41-50. DOI: 10.1016/S0044-8486(03)00023-1.

Hernandez, L.H.H., Teshima, S.I., Koshio, S., Ishikawa, M., Tanaka, Y., Alam, M.S. 2007. Effects of vitamin A on growth, serum anti-bacterial activity and transaminase activities in the juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. Aquaculture 262: 444-450. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2006.10.012.

Hoseinifar, S.H., Khalili, M., Rufchaei, R., Raeisi, M. 2016. Investigating the effects of date palm extract on growth performance and mucus immune parameters in Common Carp *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758 fingerlings. Journal of Applied Ichthyological Research 3: 89-100.

Hoseinifar, S.H., Dadar, M., Khalili, M., Cerezuela, R., Esteban, M.Á. 2017. Effect of dietary supplementation of palm fruit extracts on the transcriptomes of growth, antioxidant enzyme and immune-related genes in common carp (*Cyprinus carpio*) fingerlings. Aquaculture Research 48: 3684-3692. DOI: 10.1111/are.13192.

Kari, Z.A., Goh, K.W., Edinur, H.A., Mat, K., Khalid, H.N.M., Rusli, N.D., Sukri, S.A.M., Harun, H.C., Wei, L.S., Hanafiah, M.H.B.M.A., Rahman, M.M. 2022. Palm date meal as a non-traditional ingredient for feeding aquatic animals: a review. Aquaculture Reports 25: 101233. DOI: 10.1016/j.aqrep.2022.101233.

Karasawa, K., Uzuhashi, Y., Hirota, M., Otani, H. 2011. A matured fruit extract of date palm tree (*Phoenix dactylifera* L.) stimulates the cellular immune system in mice. Journal of Agricultural and Food Chemistry 59: 11287-11293. DOI: 10.1021/jf2029225.

Kamali Sanzighi, M., Akrami, R., Ghelichi, A., Shamloofar, M. 2018. Effect of dietary waste date meal (*Phoneix dactylifera*) on chemical body composition, nutrition value and fatty acids profile of fingerling common carp (*Cyprinus carpio*). Journal of Aquatic Ecology 8: 125-137.

Lowry, O.H., Rosebrough, N.J., Farr, A.L., Randall, R.J. 1951. Protein measurement with the Folin phenol reagent. The Journal of Biological Chemistry 193: 265-275. DOI: 10.1016/S0021-9258(19)52451-6.

McCord, J.M., Fridovich, I. 1969. Superoxide dismutase: an enzymic function for erythrocuprein (hemocuprein). Journal of Biological Chemistry 244: 6049-6055. DOI: 10.1016/S0021-9258(18)63504-5.

Mathew, R.T., Alsaqufi, A.S., Al-Ngada, R.S. 2020. Evaluation of date (*Phoneix dactylifera*) seed powder as dietary

additive for Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* L. Animal Nutrition and Feed Technology 20: 231-242. DOI: 10.3923/jfas.2014.359.365.

Mohammadi, M., Soltani, M., Siahpoosh, A., Shamsaie, M. 2018a. Effects of dietary supplementation of date palm (*Phoenix dactylifera*) seed extract on body composition, lipid peroxidation and tissue quality of common carp (*Cyprinus carpio*) juveniles based on the total volatile nitrogen test. Iranian Journal of Fisheries Sciences 17: 394-402. DOI: 10.22092/IJFS.2018.115477.

Mohammadi, M., Soltani, M., Siahpoosh, A., Hosseini Shekarabi, S.P., Shamsaie Mehrgan, M., Lymbery, A. 2018b. Effect of date palm (*Phoenix dactylifera*) seed extract as a dietary supplementation on growth performance immunological hematological biochemical parameters of common carp. Aquaculture Research 49: 2903-2912. DOI: 10.1111/are.13760.

Nasir, M.U., Hussain, S., Jabbar, S., Rashid, F., Khalid, N., Mehmood, A. 2015. A review on the nutritional content, functional properties and medicinal potential of dates. Scientific Letters 3: 17-22.

Raa, J. 2000. The use of stimulants in fish and shellfish feeds. In: Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Olvera-Novoa, M.A. (Eds.). Advances in Nutrition for Aquaculture. University of Troms, Norway, 240-251.

Ross, N.W., Firth, K.J., Wang, A., Burka, J.F., Johnson, S.C. 2000. Changes in hydrolytic enzyme activities of naive Atlantic salmon *Salmo salar* skin mucus due to infection with the salmon louse *Lepeophtheirus salmonis* and cortisol implantation. Diseases of Aquatic Organisms 41: 43-51. DOI: 10.3354/dao041043.

Satoh, K. 1978. Serum lipid peroxide in cerebrovascular disorders determined by a new colorimetric method. Clinica Chimica Acta 90: 37-43. DOI: 10.1016/0009-8981(78)90081-5.

Sayed, A.F.M. 2019. Tilapia Culture. 2nd ed. Alexandria University, Alexandria, Egypt, 358p.

Sharif-Kanani, H., Keyvanshokooh, S., Mohammadiazarm, H., Pasha-Zanoosi, H., Rezaei, S. 2024. Nano-selenium (nano-Se) removes the detrimental impacts of plant-based diets on the production performance and well-being of common carp (*Cyprinus carpio*). Aquaculture Reports 36: 102107. DOI: 10.1016/j.aqrep.2024.102107.

Siahpoosh, A., Fakhrabadi, F.G., Jorkesh, F. 2011. Determination and comparison of antioxidant activity of aqueous and methanol extracts of date palm (*Phoenix dactylifera* L. var *dayri*).

Siwicki, A.K., Anderson, D.P. 1993. Nonspecific Defense Mechanisms Assay in Fish II: Potential Killing Activity of Neutrophils and Monocytes, Lysozyme Activity in Serum and Organs, and Total Immunoglobulin (Ig) Level in Serum. In: Fish Disease Diagnosis and Prevention Methods. Siwicki, A.K., Anderson, D.P., Waluga, J. (Eds.). Wydawnictwo Instytutu Rybactwa Strodladowego, Olsztyn, Poland, 105-111.

Sotolu, A.O., Kigbu, A.A., Oshinowo, A.J. 2014. Supplementation of date palm (*Phoenix dactylifera*) seed as feed additive in the diets of juvenile African catfish (Burchell, 1822). Journal of Fisheries and Aquatic Science 9: 359-365. DOI: 10.3923/jfas.2014.359.365.

Subramanian, S., MacKinnon, S.L., Ross, N.W. 2007. A comparative study on innate immune parameters in the epidermal mucus of various fish species. Comparative Biochemistry and Physiology 148B: 256-263. DOI: 10.1016/j.cbpb.2007.06.003.

Vayalil, P.K. 2002. Antioxidant and antimutagenic properties of aqueous extract of date fruit (*Phoenix*

dactylifera L. Arecaceae). Journal of Agricultural and Food Chemistry 50: 610-617. DOI: 10.1021/jf010716t.

Wagan, M.A., Suthar, M., Wagan, M.K., Wagan, F.A. 2022. Properties of date Palm (*Phoenix dactylifera*), and its applications: A review. Advances 3: 104-110. DOI: 10.11648/j.advances.20220303.19.