

An overview of the significance of native medicinal plants from Iran in enhancing the growth and immunity of rainbow trout

Ghiasi, M.^{1*}

1-Caspian Sea Ecology Research Center (CSERC), Iranian Fisheries Science Research Institute (IFMRI),
Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sari, Iran

Received: 7 September 2024 Accepted: 8 November 2023

Abstract:

Introduction: In 2020, the Food and Agriculture Organization (FAO) reported that Iran produced over 200,000 tons of rainbow trout, accounting for more than 25% of global production. Challenges like low water quality, high fish density and inadequate feed weaken their immune systems, leading to reduced growth and greater susceptibility to infectious diseases. The primary method for controlling infections has been the use of antibiotics. However, this reliance has caused problems such as drug residues in fish, health risks for consumers, the rise of antibiotic-resistant strains, increased production costs, and negative environmental effects. In recent years, the use of medicinal plants and their active compounds in aquaculture to prevent and treat infectious diseases has gained significant attention. This approach is favored as it does not contribute to the development of antibiotic-resistant strains, avoids contamination of fish flesh, and helps maintain a healthy microbial balance in the aquatic environment.

Materials and methods: A thorough review of English-language articles published between 2013 and 2023 was undertaken to identify studies assessing the impact of bioactive component of herbs and native Iranian herbs on the growth and immune indices of rainbow trout.

Results and Discussion: Interest in using plants as growth and immunity-boosting feed supplements has risen significantly in the Iranian rainbow trout farming industry over the past decade. This trend is driven by issues like antibiotic resistance, meat residues, and health concerns. Utilizing these plants, sourced locally, can enhance farmers' incomes, reduce dependence on external products, and preserve traditional knowledge. Studies show that plant-enriched diets improve growth performance, immunity, antioxidant activity, and resistance to pathogens in rainbow trout within 28 days, suggesting that Iranian medicinal plants can be effective without prolonged use. While extracts, powders, and essences all prove effective, extracts should be prioritized due to their ease of use and low dosage requirements. To enhance the reliability of research, more detailed information about the plant materials must be provided. Additionally, there's a need for more applied research to adapt laboratory findings to the varied conditions and challenges faced in rainbow trout farms.

Conclusion: Although our information on the mechanism of the effect of medicinal plants on growth, blood, serum and immune indices of rainbow trout is limited and requires further research, given the diversity of medicinal plants in the country, it can be predicted that in the future, dietary supplements based on medicinal plants will play a very important role in the sustainable development of the rainbow trout aquaculture industry in the country.

Keywords: Rainbow trout, Antibiotics, Herbs, immunostimulants, Growth promoter, Iran

* Corresponding Author: ghiasimaryam4@gmail.com

"مقاله مروری"

مروری بر جایگاه گیاهان داروئی بومی ایران در بهبود رشد و ایمنی ماهی قزل آلائی رنگین کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

مریم قیاسی*

۱- پژوهشکده اکولوژی دریای خزر، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ساری، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۸/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۶/۱۷

چکیده

براساس آمار سازمان خواربار جهانی فائو در سال ۲۰۲۰، ایران با تولید بیش از ۲۰۰ هزار تن قزل آلائی رنگین کمان، بیشتر از ۲۵ درصد تولید جهانی این ماهی را به خود اختصاص داده است. کیفیت نامناسب آب، افزایش تراکم ماهیان در واحد سطح و کیفیت نامناسب جیره از عوامل اصلی هستند که با ایجاد استرس و تضعیف سیستم ایمنی باعث کاهش رشد و افزایش حساسیت این ماهیان به بیماری‌های عفونی می‌شوند. رایج‌ترین راه کنترل بیماری‌های عفونی استفاده از آنتی بیوتیک‌ها است. اما استفاده گسترده از این ترکیبات مشکلاتی چون ایجاد باقی مانده داروئی در گوشت ماهی و بروز مشکلات بهداشتی برای مصرف کنندگان، ایجاد سوش‌های مقاوم میکروبی به درمان، افزایش هزینه تولید و اثرات سوء بر محیط زیست دارد. همچنین افزایش تقاضا برای خرید محصولات سبز و با کیفیت، نیاز فوری به محدود و حتی ممنوع کردن استفاده از آنتی بیوتیک‌ها را در فرآیند تولید ماهی ایجاد نموده است. طی دو دهه اخیر استفاده از گیاهان داروئی و یا ترکیبات موثره آنها در پیشگیری و درمان بیماری‌های عفونی در آبی‌پروری به دلیل عدم ایجاد سویه‌های میکروبی مقاوم به درمان، عدم ایجاد باقی ماندگی در گوشت و حفظ تعادل فلور میکروبی آب کاربرد زیادی پیدا کرده است. هدف از این بررسی، نشان دادن اثر بخشی بکارگیری گیاهان داروئی بومی ایران بر رشد، ایمنی و مقاومت ماهیان قزل آلائی رنگین کمان است. این مطالعه نشان خواهد داد رژیم‌های غذایی غنی شده با گیاهان داروئی بومی ایران با توجه به شکل، دوز و مدت زمان مصرف اثرات قابل توجهی بر رشد، متابولیسم، ایمنی و مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا در ماهیان قزل آلائی رنگین کمان داشته و به چگونگی مکانیسم تاثیر ترکیبات موثره گیاهان در ماهیان قزل آلائی رنگین کمان اشاره دارد. همچنین مشخص می‌نماید که مکمل‌های گیاهی یک جایگزین همه‌کاره هستند، که می‌توانند برای بخش‌های مختلف آبی‌پروری (از پرورش بچه ماهی تا ماهیان پروراری) مفید باشند. باید خاطر نشان کرد استفاده تجاری از این گیاهان نیاز به مطالعات بیشتر در خصوص فراوانی، شرایط کاشت، داشت و برداشت، نوع و میزان ترکیبات موثره آنها دارد.

کلمات کلیدی: قزل آلائی رنگین کمان، آنتی بیوتیک، گیاهان داروئی، رشد، محرک ایمنی، ایران

* عهده‌دار مکاتبات: ghiasimaryam4@gmail.com

مقدمه

قرل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) به خاطر سازگاری با شرایط پرورش متراکم و سرعت رشد مناسب، به عنوان مهم‌ترین گونه پرورشی ماهیان سردآبی در دنیا و ایران شناخته می‌شود (Ghiasi et al., 2022). در سال ۲۰۲۰، تولید جهانی و تولید ایران به ترتیب ۷۳۹۵۰۰ و ۱۹۰۲۸۲ تن بود که حدود ۲۵/۷ درصد تولید جهانی را تشکیل می‌داد (D'Agaro et al., 2022). گونه اصلی پرورشی قرل‌آلا، قرل‌آلای رنگین‌کمان است که ۹۷ درصد تولید قرل‌آلا را تشکیل می‌دهد، و از ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۰، تولید آن ۳۵ درصد افزایش یافته است (FAO, 2022). پرورش آبزیان نقش مهمی در درآمد و امنیت غذایی کشورهای مختلف دارد. تقاضا برای ماهی در ۲۰ سال گذشته تقریباً دو برابر شده و پیش‌بینی می‌شود تا ۲۰۵۰ تقاضا تا دو برابر سال ۲۰۲۰ افزایش یابد (Naylor et al., 2021). استراتژی فعلی برای افزایش بهره‌وری در آبی‌پروری، بر پایه پرورش متراکم و نیمه متراکم و افزایش تجاری‌سازی محصولات است. اما این سیستم‌ها، با کاهش کیفیت شرایط محیطی، منجر به کاهش رشد و عملکرد سیستم ایمنی ماهیان می‌شوند. آنها را در معرض بیماری‌های عفونی ناشی از ویروس‌ها، باکتری‌ها، انگل‌ها و قارچ‌ها قرار می‌دهند؛ که خسارات اقتصادی قابل توجهی برای صنعت آبی‌پروری به همراه دارد (Zhou et al., 2018; Ramesh and Souissi, 2018). امروزه رایج‌ترین راه حل برای کنترل بیماری‌های عفونی در آبی‌پروری استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها و داروهای شیمیایی است. اما استفاده گسترده از این ترکیبات می‌تواند به بروز مشکلاتی مانند

ایجاد سویه‌های مقاوم به درمان (AMR)^۲، افزایش هزینه‌های تولید، برهم خوردن تعادل فلور میکروبی آب، عوارض جانبی محیط زیستی، باقی‌ماندگی دارویی در گوشت ماهی و مشکلات بهداشتی مصرف‌کنندگان منجر شود. همچنین، افزایش تقاضا برای محصولات سبز و با کیفیت، لزوم محدود کردن و حتی ممنوعیت استفاده از این ترکیبات در صنعت آبی‌پروری را نشان می‌دهد (Lulijwa et al., 2020; Bondad-Reantaso et al., 2023). با وجود تلاش‌ها برای بهبود کیفیت آب و مدیریت بهداشتی، استفاده از گله‌های SPF^۳ و واکسیناسیون به منظور جلوگیری از بیماری‌های عفونی در ماهیان پرورشی، این فعالیت‌ها نتوانسته وابستگی این صنعت را به مصرف آنتی‌بیوتیک و عوارض ناشی از آنها در سلامت مصرف‌کنندگان را به سطح مورد قبول سازمان بهداشت جهانی کاهش دهد (Caputo et al., 2022). در دو دهه اخیر، استفاده از گیاهان دارویی و مشتقات آنها در صنعت آبی‌پروری به عنوان جایگزینی برای آنتی‌بیوتیک‌ها و نیز به عنوان محرک ایمنی و رشد مورد توجه قرار گرفته است. گیاهان دارویی به دلیل سهولت آماده‌سازی، قیمت ارزان، عدم عوارض جانبی بر سلامت عمومی و اثرات مخرب بر محیط زیست، به عنوان راهی برای کاهش مصرف آنتی‌بیوتیک در آبی‌پروری مطرح شده‌اند (Tadese et al., 2021). بین سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۱۹، بیش از ۱۳۷ مقاله درباره اثرات بالینی (*in vivo*) تجویز خوراکی گیاهان دارویی بر رشد، ایمنی و بقا ماهیان در برابر بیماری‌های عفونی منتشر شده است. تعداد این مقالات در دهه گذشته به‌طور تصاعدی افزایش یافته و

2 - antimicrobial resistance

3 - Specific pathogen free

بیش از نیمی از آنها مربوط به سال‌های ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۹ می‌باشد. بیشتر تحقیقات در کشورهای با درآمد کم و متوسط^۴ (LMIC) مانند خاورمیانه، شمال آفریقا و جنوب آسیای انجام شده است و کشورهای ایران، هند و مصر از مشارکت کنندگان اصلی بوده‌اند (شکل ۱) (Reverter et al., 2021).

علاقه بر استفاده از گیاهان داروئی در آبرزی پروری، در کشور ویتنام از سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۰ همزمان با تنظیم دستورالعمل‌های کنترل مصرف آنتی‌بیوتیک‌ها، از جمله برنامه اقدام سازمان بهداشت جهانی (WHO) و برنامه ملی اقدام علیه مقاومت داروئی افزایش یافته است (Binh et al., 2018; Lulijwa et al., 2020). حداث فصل سالهای ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۹، ۲۰ درصد از تحقیقات در مورد استفاده از گیاهان داروئی در جیره غذایی ماهیان (۲۹ مطالعه) در کشورهای با درآمد بالا انجام شده‌است. این نشان‌دهنده توجه جهانی به جیره‌های غنی شده با گیاهان داروئی برای پرورش ماهی است. تغییر الگوهای مصرف به سمت مواد غذایی ارگانیک و سیستم‌های پایدار، به همراه توجه به روش‌های سازگار با محیط زیست برای پیشگیری و درمان بیماری‌های ماهی و نیز توجه به کیفیت محصولات آبزیان، موجب افزایش علاقه به این تحقیقات در کشورهای با درآمد بالا شده‌است (Reverter et al., 2021). ایران با شرایط اقلیمی و توپوگرافی منحصر به فرد خود، زیستگاه حدود ۸۲۰۰ گونه گیاه آوندی است که تقریباً ۲۳۰۰ گونه (بیش از ۲۸ درصد) به عنوان گیاه داروئی یا معطر شناخته می‌شوند و حدود ۷۰ درصد این گیاهان در ۱۰ استان اصفهان، کرمان، فارس، تهران، چهارمحال و بختیاری،

آذربایجان شرقی، لرستان، آذربایجان غربی، همدان و مازندران ثبت شده‌اند (Hassanpour Aghdam et al., 2022). از سوی دیگر لرستان، چهارمحال و بختیاری و مازندران از مهمترین مراکز تولید ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان در کشور هستند (سالنامه آماری شیلات ایران، ۱۴۰۰). همچنین طی سالهای اخیر سازمان شیلات ایران توجه خاصی به پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان در قفس داشته و با توجه به محدودیت و مشکلات استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها (Ghiasi et al., 2023b)، نیاز به معرفی ترکیبات محرک ایمنی برای حفظ سلامت ماهیان طی دوره پرورش امری حیاتی است، لذا توجه به امر تحقیقات در استفاده از گیاهان داروئی بومی در این حوزه کمک فراوانی به حل معضلات پرورش دهندگان در حوزه مدیریت بهداشتی و سلامت ماهیان و به دنبال آن تولید محصول با کیفیت می‌نماید.

گیاهان داروئی و اثرات مفید آنها در صنعت آبرزی پروری

آنتی‌بیوتیک‌ها در آبرزی پروری اثرات نامطلوبی بر سلامت ماهیان، زیستگاه آبزیان و به طور غیرمستقیم بر سلامت انسان دارند (Freitas et al., 2020). در مقابل، گیاهان داروئی به دلیل داشتن مواد مغذی و زیست‌فعال، به عنوان جایگزینی مناسب برای پیشگیری از بیماری‌های ماهی پیشنهاد می‌شوند (Gerwick, 2013). گیاهان داروئی نه تنها در درمان، بلکه به عنوان مکمل غذایی نیز استفاده می‌شوند و به بهبود رشد ماهی‌ها کمک می‌کنند (Reverter et al., 2014; Oniszcuk et al., 2019; Oke et al., 2019). گیاهان داروئی دارای کارکردهای بیولوژیکی متعددی از جمله فعالیت‌های ضد میکروبی، ضد استرس، افزایش

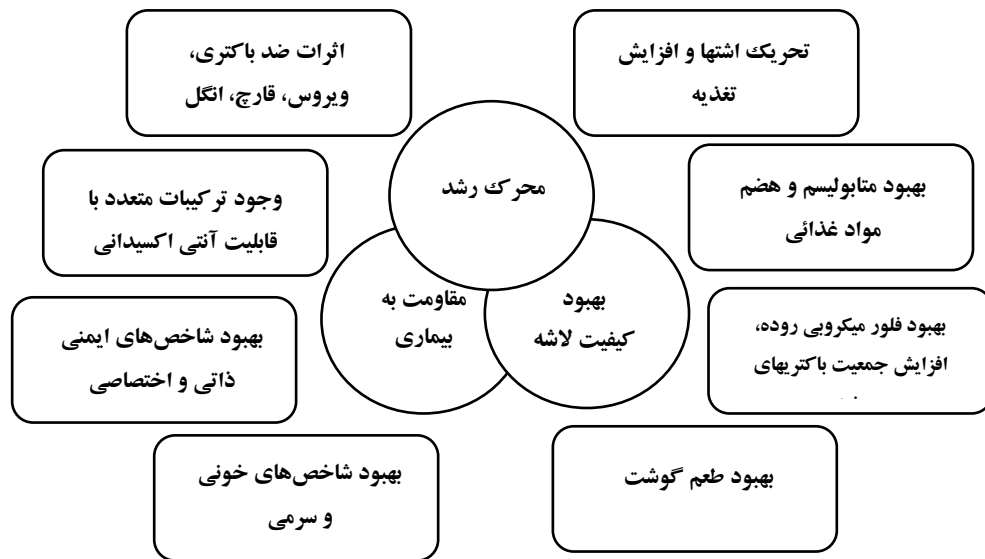
4- low- and middle-income countries

اشتها، بهبود شاخص‌های رشد و تقویت سیستم ایمنی در ماهیان دارند که به دلیل وجود ترکیبات شیمیایی متنوعی شامل فلاونوئیدها، گلیکوزیدها، فنول‌ها، ساپونین‌ها، آلکالوئیدها، ترپنوئیدها، پلی‌ساکارید، تانن-ها و استروئیدها است (Ullah *et al.*, 2016). به دلیل قیمت ارزان، دسترسی آسان، استفاده راحت و نداشتن اثرات منفی بر محیط زیستاز گیاهان دارویی می‌توان به صورت ترکیبات موثره، اسانس یا عصاره خام در جیره آبیان استفاده کرد و برای بهره‌برداری بیشتر، همراه با پروبیوتیک‌ها یا واکسیناسیون به کاربرد (Cawthorn and Hoffman, 2015; Soltani *et al.*, 2019; Tadese *et al.*, 2021). با افزایش درک از اثرات منفی آنتی‌بیوتیک‌ها و اهمیت ایمنی مواد غذایی، توسعه استفاده از افزودنی‌های “سبز” به یک اولویت در صنعت

آبی‌پروری تبدیل شده است (Zhang *et al.*, 2022). در این مقاله تلاش شده کاربرد گیاهان دارویی در صنعت پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان در ایران با توجه به جدیدترین اطلاعات در خصوص اثرات گیاهان دارویی بومی ایران بر شاخص‌های رشد، سلامت، ایمنی و افزایش مقاومت ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان در برابر بیماری‌های عفونی باکتریایی و مکانیسم‌های احتمالی موثر آنها پرداخته شود تا محققین حوزه سلامت دامپزشکی و پزشکی به اهمیت این سرمایه ملی در ارتقا سلامت در صنعت آبی‌پروری و بهداشت عمومی بیشتر واقف شوند.



شکل ۱: گستردگی تعداد مقالات چاپ شده در خصوص تحقیقات اثرات گیاهان دارویی در صنعت آبی‌پروری (Reverter *et al.*, 2021)
Fig1: The extensive body of published research on the impact of medicinal plants in the aquaculture (Riverter *et al.*, 2020)



شکل ۲: نقش و مکانیسم های احتمالی شناخته شده گیاهان داروئی ایران در هنگام استفاده در جیره قزل آلائی رنگین کمان

Fig: The recognized roles and possible mechanisms of Iranian medicinal plants when incorporated into the diet of rainbow trout

ترکیبات موثره گیاهان داروئی و عملکرد آنها در سلامت ماهیان قزل آلائی رنگین کمان

۱- پلی فنل ها^۵: ترکیبات موجود در گیاهان داروئی به دلیل داشتن گروه های هیدروکسیل فنلی، آنتی اکسیدان های قدرتمندی هستند که قادرند گونه های فعال اکسیژن^۶ (ROS) را از بین ببرند و از تولید آنها جلوگیری کنند. این ترکیبات با اتصال به گروه های پروتئینی حاوی SH، رشد باکتری ها و قارچ ها را مهار می کنند و در مسیرهای آنتی اکسیدانی، پرواکسیدانی، تعدیل بیان ژن و پارامترهای ایمنی نقش دارند (Ahmadifar et al., 2020, Tadese et al., 2021). پلی فنلها به دو گروه غیر فلاونوئیدها^۷ (اسیدهای فنولیک^۸، استیلبن ها^۹، لیگنان ها^{۱۰} و تانن های قابل

هیدرولیز^{۱۱} و فلاونوئیدها^{۱۲} (فلاونول ها^{۱۳}، فلاون ها^{۱۴}، فلاونول ها^{۱۵}، فلاوانون ها^{۱۶}، آنتوسیانیدین ها^{۱۷} و ایزوفلاون ها^{۱۸}) تقسیم می شوند (Panche et al., 2016; Mrduljaš et al., 2017). Awad و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که تجویز کوئرستین^{۱۹} (از گروه فلاون ها) باعث افزایش فعالیت لیزوزیم، آنتی پروتئاز، میلوپراکسیداز، IGM و فعالیت باکتری کشی سرم در ماهیان قزل آلا می شود. همچنین، روتین^{۲۰} (از گروه فلاون ها) از ماهیان قزل آلا در برابر آسیب کبدی ناشی از اکسی تتراسایکلین و استرس اکسیداتیو محافظت می کند (Nazari et al., 2017). جنستاین و دیدزین^{۲۱}

11 - hydrolyzable tannins

12 - flavonoids

13 - flavonols

14 - flavones

15 - flavanols

16 - flavanones

17 - anthocyanidins

18 - isoflavones

19 - Quercetin

20 - Rutin

21 - genistein and daidzein

5 - polyphenols

6 - reactive oxygen species

7 - nonflavonoid

8 - phenolic acids

9 - stilbenes

10 - lignans

بهبود عملکرد کبد و کاهش^{۲۵} MDA و افزایش مقاومت در برابر یرسینیا را کری شد (Ghafarifarsani et al., 2023). سسامین^{۲۶} ترکیبی شناخته شده از گروه لیگنان‌ها (پلی فنل‌های غیر فلاونوئیدی) است که به فراوانی در دانه و روغن کنجد وجود دارد (Moazzami and Kamal-Eldin 2006). استفاده از سسامین در رژیم غذایی به عنوان تعدیل کننده ترکیب اسیدهای چرب غیر اشباع چند گانه زنجره بلند^{۲۷} (C-PUFAs) با موفقیت بر روی قزل‌آلای رنگین کمان آزمایش شده و با نتایج خوبی همراه بوده است (Trattner et al., 2008; Vestergren et al., 2013). با تجویز کورکومین^{۲۸} (پلی فنولی از کورکومینوئیدها) گیاه زردچوبه در جیره غذایی ماهیان قزل‌آلا به شدت اثرات نامطلوب استرس ناشی از تراکم بالا را کاهش داد (Akdemir et al., 2017). Yonar و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که کورکومین شاخص‌های رشد، خون شناسی، ایمنی، ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و افزایش مقاومت ماهیان قزل‌آلا در برابر باکتری آئروموناس سالمونیسیدا^{۲۹} زیر گونه آکرومونز^{۳۰} را بهبود بخشیده است. کاتچین‌ها^{۳۱}، ترکیبات پلی‌فنلی در چای سبز هستند. آنها به عنوان فعال‌ترین اجزای بیولوژیکی، ۳۰ تا ۴۲ درصد وزن خشک چای سبز را تشکیل می‌دهند (Khan and Mukhtar 2007). گنجاندن برگ‌های خشک چای سبز در جیره ماهیان قزل‌آلا به طور قابل توجهی فعالیت باکتری کشی سرم و بیان ژن و تولید IL-1 β ، IL-6، IL-8 و TNF- α را در ماهی قزل‌آلای

از فعال‌ترین ایزوفلاون‌های سویا هستند (Mahmoud et al., 2014). Bennetau-Pelissero و همکاران (۲۰۰۲) در تحقیقات انجام شده، اختلال در کارایی تولید مثلی ماهی قزل‌آلای رنگین کمان تغذیه شده با جیره‌های غنی شده با جنستاین را گزارش کردند. ترانس سینامیک اسید^{۲۲} (TCA) یک اسید پلی فنولیک طبیعی است که باعث بهبود شاخص‌های خونی، بیوشیمیایی سرم، پاسخ‌های ایمنی غیراختصاصی و بیان ژن‌های مرتبط با ایمنی در ماهیان قزل‌آلا پس از ۶۰ روز تغذیه شده و مقاومت در برابر یرسینیا را کری را افزایش داده است (Yilmaz and Ergun, 2018). همچنین این ترکیب موجب افزایش معنی‌دار شاخص‌های آنتی-اکسیدانی و بیان ژن‌های آنتی‌اکسیدان کبدی شده است (Yilmaz et al., 2019a). گنجاندن ترکیبی از TCA و باسیلوس سوبتیلیس^{۱۰۸} (CFU/g جیره) در رژیم غذایی ماهیان قزل‌آلا تفاوت معنی‌داری در رشد، فعالیت آنزیم‌های روده و پسین معده ایجاد نکرد (Yilmaz et al., 2019b) ولی به طور قابل توجهی پاسخ‌های ایمنی ماهی قزل‌آلا (انفجار تنفسی، فعالیت آنزیم میلوپراکسیداز و آنتی پروتئازها) و مقاومت در برابر یرسینیا را کری را افزایش داد (Yilmaz et al., 2020). کلروژنیک اسید^{۲۳} نیز یک اسید پلی فنولیک طبیعی است که تجویز آن به ماهیان قزل‌آلا در ۶۰ روز موجب بهبود معنی‌دار شاخص‌های رشد (وزن نهائی، استحصال وزن و ضریب رشد ویژه)، کاهش ضریب تبدیل غذایی، افزایش معنی دار لیزوزیم، ایمونوگلوبولین، کمپلمان، انفجار تنفسی و MPO^{۲۴}،

25 - malondialdehyde

26 - Sesamin

27 - long chain polyunsaturated fatty acids

28 - Curcumin

29 - Aeromonas salmonicida

30 - Achromogenes

31 - catechins

22 - Trans-cinnamic acid

23 - Chlorogenic acid

24 - myeloperoxidase

$TGF-\beta^{42}$ ، پارامترهای ایمنی سرم و مخاط، بیان ژن‌های ایمنی روده و دفاع آنتی‌اکسیدانی را بهبود داده است. (Hoseinifar *et al.*, 2020b). برگ گیاه به لیمو حاوی حجم بالایی از فلاونوئیدها و اسیدهای فنولیک است (Polumackanyecz *et al.*, 2022). استفاده از برگ خشک شده آن در تغذیه ماهیان قزل‌آلا تاثیر معنی‌داری بر رشد نداشت، اما بهبود چشمگیر شاخص‌های ایمنی، بیان ژن‌های دخیل در ایمنی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را در ماهیان تیمار سبب شد (Hoseinifar *et al.*, 2020a).

۲- ساپونین‌ها⁴³: ساپونین‌ها، گلیکوزیدهای تری‌ترپنوئیدی یا استروئیدی موجود در گیاهان داروئی و زراعی هستند که به عنوان محرک ایمنی، سورفکتانت‌های طبیعی و آفت‌کش‌های زیستی استفاده می‌شوند (Francis *et al.*, 2005). یکی از مهمترین اثرات ساپونین‌ها، اثر ضد سرطانی است. این ترکیبات به دلیل مهار ژن‌های فاکتور رشد اندوتلیال عروقی (VEGF)⁴⁴ و القا هیپوکسی $\alpha - 1$ (HIF-1 α)⁴⁵، دو مکانیسم اصلی فعال سازی تومورهای سرطانی، را متوقف می‌کنند. پوست و دانه نخود فرنگی و باقلا، سویا، شیرین بیان، سیر، پیاز و چای سبز غنی ساپونین‌ها هستند (Majnooni *et al.*, 2023). این ترکیبات در شرایط آزمایشگاهی باعث افزایش انفجار تنفسی ماکروفاژها و جمعیت لنفوسیت‌ها در ماهیان قزل‌آلا شده‌اند. تجویز جیره‌ای آن‌ها عملکرد لنفوسیت‌ها را بهبود داده و تجویز به صورت حمام همراه با واکسن

رنگین کمان را افزایش داد (Nootash *et al.*, 2013). از دیگر پلی‌فنلی عصاره دانه انگور³² است. Mousavi و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند مصرف عصاره دانه انگور در جیره غذایی قزل‌آلای رنگین کمان به مدت ۶۰ روز متوالی منجر به بهبود شاخص‌های رشد (ضریب رشد ویژه و ضریب وضعیت)، افزایش سطح بیان mRNA ژن‌های CAT^{33} ، GPx^{34} و GST^{35} و سبب بهبود وضعیت آنتی‌اکسیداسیونی ماهیان تیمار شده است. پوسته شاه بلوط نیز حاوی ترکیبات فنلی مختلف شامل اسیدهای فنولیک (الازیک³⁶ و گالیک³⁷) و فلاونوئیدها (روتین، کورستین و آپیزین³⁸) است (Lameirão *et al.*, 2020). Coccia و همکاران (۲۰۱۹) نشان دادند که عصاره پوسته شاه بلوط فعالیت های آنتی‌اکسیدانی، پاکسازی رادیکال‌های آزاد، تولید آنیون‌های سوپراکسید و بیگانه خواری را در لکوسیت‌های ماهی قزل‌آلای رنگین کمان افزایش می‌دهد. در برگ زیتون ترکیبات پلی‌فنلی خصوصاً اولئوروسایدها³⁹ (اولئوروپین⁴⁰ و ورباسکوزید⁴¹) وجود دارد (Ghomari *et al.*, 2019). گزارش شده که عصاره برگ زیتون باعث بهبود شاخص‌های بیوشیمیایی سرم، بیان ژن‌های ایمنی و مقاومت قزل‌آلای رنگین کمان در برابر یرسینیا راکری شده است. همچنین، گنجاندن تفاله زیتون در جیره ماهیان قزل‌آلا عملکرد رشد، بیان ژن

32 - *Vitis vinifera*

33 - catalase

34 - glutathione peroxidase 1

35 - glutathione S-transferase

36 - Ellagic acid

37 - Gallic acid

38 - Apigenin

39 - Oleurosides

40 - Oleuropein

41 - Verbascoside

42 - transforming growth factor- β

43 - saponins

44 - vascular endothelial growth factor

45 - hypoxia-inducible factor 1- α

یرسینیا را کروی، فعالیت باکتری‌کشی سرم را افزایش داده است (Citarasu, 2010).

۳- کومارین‌ها^{۴۶}: کومارین‌ها ترکیبات بنزوپیرانی با داشتن دو اکسیژن فعال هستند و طیف وسیعی از ترکیبات مختلف را تشکیل می‌دهند. مطالعات مختلف نشان داده که بیشتر مشتقات کومارینی مانند B4، C2، BBC، A9، C10، S5 و D5 قادر به افزایش آپوپتوزیس در سلول‌های آلوده به ویروس، بیان ژن ترکیبات آنتی‌اکسیدانی، حفظ تعادل آنتی‌اکسیدان اکسیداتیو و کاهش تیترو ویروس در عفونت‌های ویروسی ماهیان هستند (Sun et al., 2023). گیاهانی چون گلپر (Razavi and Janani, 2015) و جاشیر^{۴۷} (Shokoohinia et al., 2014) از مهمترین گیاهان با مقادیر بالای ترکیبات کومارینی در ایران هستند. در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تجویز این ترکیبات به بیان ژن مربوط به تولید اینترفرون‌ها در مراحل اولیه عفونت با ویروس نکروز عفونی بافت خونساز (IHN) کمک کرده، با کاهش تکثیر ویروس، میزان بقای ماهی را افزایش داده است. تجویز ترکیبات کومارینی به ماهیان قزل‌آلای بیمار به صورت حمام، انتقال افقی بیماری IHN را کاهش داده و استفاده از این ترکیبات را به عنوان درمان احتمالی برای IHN در صنعت پرورش قزل‌آلا مطرح می‌کند (Hu et al., 2021; Wang et al., 2021). تجویز S5 و C10 به بچه ماهی نوری قزل‌آلای آلوده به ویروس IHN باعث افزایش بقای ماهیان تا ۲۵ درصد و کاهش تیترو ویروس در کلیه و طحال آن‌ها طی ۹۶ ساعت شده است. همچنین، پایداری بالای C10 در آب و کاهش تیترو ویروس در

آب، انتقال افقی IHN را به شدت کاهش داد. به نظر می‌رسد C10 پتانسیل استفاده به عنوان یک ترکیب ضد ویروس وسیع‌طیف علیه رابدو ویروس‌های ماهی را دارد (Liu et al., 2021).

۴- پلی‌ساکاریدها^{۴۸}: پلی‌ساکاریدهای گیاهی به عنوان محرک ایمنی، رشد و بقا در ماهیان شناخته شده‌اند. به دلیل اثرات مفید بر سیستم ایمنی و قیمت ارزان، این ترکیبات جایگزین مناسبی برای آنتی‌بیوتیک‌ها و داروهای شیمیایی در پرورش ماهی هستند (Wang et al., 2017). مکانیسم احتمالی تأثیر این ترکیبات بر سیستم ایمنی به عملکرد گیرنده‌های TLRs^{۴۹} مرتبط است. این گیرنده‌ها نقش مهمی در شناسایی عوامل بیماری‌زا و فعال‌سازی ایمنی دارند و شواهد زیادی از وجود مسیرهای سیگنال‌دهی آن‌ها در ماهیان، به ویژه قزل‌آلای رنگین‌کمان، وجود دارد (Mougin et al., 2023). ترکیبات پلی‌ساکاریدی گیاهی منبع غذائی باکتری‌های تولیدکننده اسید لاکتیک روده بوده، سبب افزایش جمعیت آنها شده و به عملکرد هضم و جذب مواد غذایی و بهبود شاخص‌های رشد کمک می‌کنند (Wang et al., 2017). افزودن ترکیب دو پروبیوتیک کلستریدیوم بوتریکوم و باسیلوس کواگولانس به همراه پلی‌ساکارید گیاه گون^{۵۰} موجب بهبود معنی‌دار ضریب رشد ویژه، ضریب تبدیل غذا و درصد بقا بعد از مواجهه با آئروموناس سلامونیسیدا در ماهیان قزل‌آلا شده است (Fan et al., 2020).

۵- روغن‌های فرار^{۵۱} (اسانس‌ها): این ترکیبات به دلیل تأثیرات بیولوژیکی مفید مانند تقویت رشد، تحریک

48 - Polysaccharides

49 - Toll Like receptors

50 - *Astragalus membranaceus*

51 - Essential oils

46 - Coumarins

47 - *Prangos ferulacea*

اشتها، بهبود سیستم ایمنی و خاصیت آنتی‌اکسیدانی، همچنین اثرات ضد انگلی و ضد باکتریایی، پتانسیل زیادی برای استفاده در سیستم‌های آبی‌پروری دارند (Suttili et al., 2018). یکی از گیاهانی که اسانس آن در پرورش قزل‌آلا بسیار مورد مطالعه قرار گرفته است آویشن باغی^{۵۲} است. اثرات ضدباکتریایی اسانس این گیاه در شرایط آزمایشگاهی با موفقیت بر روی پاتوژن‌های رایج و فلور میکروبی روده ماهیان قزل‌آلای سالم آزمایش شده است (Navarrete et al., 2010) و این موضوع به کارواکرول^{۵۳} و تیمول^{۵۴} موجود در اسانس مرتبط دانسته شده است (Giannenas et al., 2012). تغذیه ماهیان قزل‌آلا رنگین‌کمان از این اسانس موجب بهبود رشد (Sonmez et al., 2015; Zargar et al., 2019)، بهبود فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی کبد، افزایش عملکرد ایمنی و مقاومت در برابر باکتری‌های بیماری‌زا شده است (Sonmez et al., 2015; Hoseini et al., 2019; Zargar et al., 2018; and Yousefi, 2018). وجود کارواکرول، تیمول، سایمن^{۵۵} و اوژنول^{۵۶} در اسانس آویشن باغی به بهبود بیان ژن لیزوزیم، IL-1 β و کمپلمان C3 کمک نموده، تحریک و افزایش عملکرد ایمنی در ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان را سبب شده است (Zargar et al., 2019). Ghafarifarسانی همکاران (۲۰۲۱a) اثرات ضد آفلاتوکسینی اسانس آویشن باغی را بر ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان با بهبود معنی‌دار شاخص‌های رشد و ایمنی نشان دادند. افزودن ترکیبی از اسانس آویشن باغی و پروبیوتیک تجاری ایمونوژن به جیره غذائی ماهیان قزل‌آلا سبب شد تا

شاخص‌های رشد، فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی کبد و شاخص‌های ایمنی سرم و موکوس بهبود معنی‌دار پیدا کنند (Yousefi et al., 2022). اسانس بادرنجبویه دنائی^{۵۷} حاوی کارواکرول، گاما- ترپین^{۵۸}، آلفا- پنین^{۵۹} و لیمونن^{۶۰} است (Golparvar et al., 2016). تجویز خوراکی آن به ماهیان قزل‌آلا (۶۰ روز) افزایش معنی‌دار لیزوزیم، کمپلمان ACH50، IgM، آلبومین، پروتئین تام سرم، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کبدی، شاخص‌های خون شناسی، بیان ژن C3 کمپلمان، لیزوزیم و افزایش باقی‌ماندگی پس از مواجهه با آئروموناس هیدروفیلا سبب شد (Hafsan et al., 2022). اسانس زیره سیاه^{۶۱} میزان زیادی از مونوترپن- های اکسیژن دار به ویژه گاما- ترپین، کومینالدئید^{۶۲}، رو- سایمین^{۶۳} و لیمونن دارد که دارای اثرات ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی بالایی هستند (Hassanzadazar et al., 2018). تجویز آن به جیره ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان (۶۰ روزه) هرچند تاثیری بر شاخص‌های رشد نداشت ولی افزایش معنی‌دار لیزوزیم سرم و موکوس، قدرت باکتری‌کشی سرم، میزان ایمونوگلوبین، فعالیت کمپلمان، آنزیم‌های پراکسیداز، پروتئین تام و آلبومین سرم را سبب شد. همچنین بعد از مواجهه ماهیان با آئروموناس هیدروفیلا، بیان ژنهای مرتبط با ایمنی (TNF- α و IL-1 β) و در صد بقا در ماهیان بهبود چشمگیر داشت. در ارزیابی HPLC اسانس مصرفی در همین مطالعه گاما- ترپین، کومینالدئید، رو- سایمین و لیمونن مهمترین ترکیبات

57 - *Dracocephalum kotschy*58 - δ -terpinene59 - α -pinene

60 - Limonene

61 - *Buniu persicum*

62 - cuminaldehyde

63 - p - cymene

52 - *Thymus vulgaris*

53 - Carvacrol

54 - Thymol

55 - Cymene

56 - Eugenol

روده و نیز وجود پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه، لیپیدها، ویتامین‌ها و ترکیبات موثره‌ای که بهبود متابولیسم در ماهیان را موجب می‌شوند، اشاره شده است (Terzi et al., 2021). مجموعه‌ای از مکانیسم‌های ذکر شده در رشد ماهیان قزل‌آلا با مصرف گیاهانی چون علف هفت بند (Adel et al., 2020)، آلوئه ورا (Alishahi et al., 2017)، گلپر (Chekav et al., 2023)، دارچین (Fattahi et al., 2022)، فلفل قرمز تند (Firouzbakhsh et al., 2021)، ترخون (Gholamhosseini et al., 2020)، مورد (Mohamadi Saei et al., 2016; Mansouri Taei et al., 2017a)، زرشک معمولی (Ramezanzadeh et al., 2020)، خرفه (Mohammad Alikhani et al., 2020)، تخم گشنیز (Naderi Farsani et al., 2019)، شوید (Zeilab Sendijani et al., 2020)، آویشن باغی (Zargar et al., 2019)، زنجبیل (Shaluei et al., 2017)، گزنه (Saeidi asl et al., 2017) و موسیر (Hosseini Shekarabi et al., 2022) بیان شده است. افزایش ارتفاع پرز روده در ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان که نقش مهمی در افزایش جذب مواد غذایی ایفا می‌کند. با افزودن سیر و آلوئه ورا به جیره غذایی آنها مشاهده شده است. همچنین وجود آلیسین (واجد خواص ضد باکتریایی قوی) در عصاره سیر و مولکول‌های پلی‌ساکاریدی آسمانان^{۶۹} (با خواص پریبیوتیک) در آلوئه ورا با افزایش باکتری‌های مفید روده ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان، از مکانیسم‌های احتمالی موثر در رشد هستند (Heidarieh et al., 2020; Adineh et al., 2013). البته افزایش ترشح آنزیم‌های گوارشی نیز یکی دیگر از مکانیسم‌های

شناسائی شده بودند (Hajirezaee and Khanjani, 2022).

۶- آلکالوئیدها: ترکیبات آلی نیتروژن دار قلیایی هستند که بصورت نمک اسیدهای آلی محلول در آب، استرها، قند و یا ترکیبات بازی آزاد در بافت‌های گیاهی وجود دارند (Vijayaram et al., 2022). مهمترین آنها در گروه ایزوکیونلینها^{۶۴} چلدونین^{۶۵}، سانگوینارین^{۶۶} و بربرین^{۶۷} هستند. این ترکیبات در انسان و موش ترشح بزاق، اسید کلریدریک، آنزیم‌های معده، صفرا و پانکراس را افزایش داده، بهبود هضم و گوارش و سیستم ایمنی بدن را سبب می‌شوند (Imenshahidi and Hosseinzadeh 2019). همچنین با اثرات ضد میکروبی بسیار مناسب قابلیت معرفی به عنوان یک آنتی‌بیوتیک طبیعی را دارند (Liu et al., 2019). زرشک معمولی^{۶۸} از گیاهان غنی از آلکالوئیدهای ایزوکیونلین است. مصرف عصاره اتانولی ریشه آن در ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان بهبود رشد، عملکرد لیروزیم و کمپلمان را بهبود بخشید و موجب کاهش رشد آئروموناس هیدروفیلا در شرایط آزمایشگاهی شد (Ramezanzadeh et al., 2020).

تأثیر گیاهان دارویی بر رشد ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان

یکی از اثرات مصرف گیاهان دارویی در پرورش قزل‌آلای رنگین‌کمان، بهبود شاخص‌های رشد است (جدول ۱). هرچند مکانیسم‌های مختلفی برای آن ذکر شده ولی بیشتر مطالعات به خوش طعم شدن غذا، افزایش ترشح آنزیم‌های گوارشی، بهبود فلور میکروبی

64 - Isoquinoline

65 - Chelidoneine

66 - Sanguinarine

67 - Berberine

68 - Berberis vulgaris

69 - Asmanan

دخیل در رشد شناخته شده و دیده شده با افزودن کاکوتی کوهی (Oroji et al., 2021)، بلوط ایرانی (Rashidian et al., 2018)، گل پنیرک (Rashidian et al., 2020) و موسیر (Rashidian et al., 2022) به جیره، افزایش معنی داری در ترشح آنزیم های آمیلاز، پروتئاز و لیپاز ماهیان قزل آلائی رنگین کمان ایجاد شده است.

تأثیر گیاهان داروئی بر شاخص های خونی و سرمی ماهیان قزل آلائی رنگین کمان

در مهره داران، از جمله ماهیان، خون مهم ترین بافت برای ارزیابی سلامت و وضعیت فیزیولوژیکی است. ظرفیت حمل اکسیژن، که با متابولیسم و سلامت ماهی مرتبط است، از طریق شاخص های خونی مانند میزان گلبول قرمز، غلظت هموگلوبین و درصد هماتوکریت تعیین می شود. همچنین، میزان گلبول های سفید و شمارش افتراقی آن ها برای ارزیابی وضعیت ایمنی ذاتی بررسی می شود (Gabriel et al., 2019). همچنین سرم حاوی ترکیبات متعددی است که برای پایش سلامت ماهی استفاده قرار می گیرد. پروتئین تام، از آلبومین (تنظیم کننده فشار اسمزی و حامل ترکیبات متعدد در خون) و گلوبولین ها (منبع ایمونوگلوبولین ها یا آنتی بادی ها) تشکیل شده و افزایش آن، عملکرد مناسب متابولیسم و ایمنی را نشان می دهد. آنزیم های آسپارات آمینوترانسفراز (AST)، آلانین آمینوترانسفراز (ALT)، لاکتات دهیدروژناز (LDH) و آلکالاین فسفاتاز (ALP) نیز در امر تولید پروتئین، متابولیسم کربوهیدرات و چربی در کبد دخیل هستند و نیز شاخص سلامت کبد محسوب می شوند. سطح گلوکز و کورتیزول نیز سطح استرس وارد شده و تغییرات کلسترو و تری گلیسرید نیز وضعیت متابولیسم و

سلامت کبد ماهی را نشان می دهند (Manera, 2021). مطالعات مختلف نشان داده اند که گیاهان بومی ایران تأثیرات مثبتی بر شاخص های خون و سرم ماهیان قزل آلائی رنگین کمان دارند (جدول ۲). اثرات مثبت گیاهان داروئی بر میزان گلبول های قرمز، هموگلوبین، هماتوکریت و گلبول های سفید به غنی بودن این گیاهان از ویتامین های گروه B، ویتامین های C، A، E، کاروتن و ترکیبات معدنی مانند آهن، منیزیم و کلسیم نسبت داده شده است. تأثیر این ترکیبات بر افزایش شاخص های خون با تجویز جیره ای نعنای فلفلی (Adel et al., 2016)، آلوئه ورا (Alishahi et al., 2017)، نعنای اسبی (Heydari et al., 2020)، ریشه زرشک (Ramezanzadeh et al., 2020)، گل پنیرک (Rashidian et al., 2020) و گزنه (Saeidi asl et al., 2020b; Mehrabi and Firouzbakhsh, 2020) مورد تأکید بوده است. بعلاوه ترکیبات پلی فنلی (فلاونوئیدها و فنلیک اسید) ساپونینی (بربرین) و پلی ساکاریدها به جهت بهبود روند اریتروپوئیز و بهبود تکثیر گلبول های قرمز و سفید و کمک به افزایش طول عمر آنها موجب بهبود شاخص های خونی شده اند (Darvishi et al., 2022; Gharaei et al., 2020; Ghafarifarsani et al., 2021b; Ramezanzadeh et al., 2020).

افزایش میزان پروتئین تام، آلبومین، گلوبولین و کاهش ALT، AST، LDH و ALP با تجویز بسیاری از گیاهان داروئی ایرانی به جیره ماهیان قزل آلائی رنگین کمان مشاهده شده است. از مکانسیم معرفی شده در این بخش، وجود ترکیبات محرک ایمنی و بهبود دهنده عملکرد کبد (خصوصاً ترکیبات پلی فنلی و فلاونوئیدی) ذکر شده است. چنین مکانیسمی در تجویز علف هفت بند (Adel et al., 2020)، آلوئه ورا

بیشتر به ایمنی ذاتی خود متکی هستند (Sahoo et al., 2021). مهم‌ترین سازوکارهای ایمنی غیر اختصاصی در ماهیان موانع فیزیکی مانند فلس‌ها، ترشحات موکوسی و سلول‌های اپیتلیومی در پوست، آبشش و دستگاه گوارش هستند. همچنین، عوامل سلولی مانند نوتروفیل‌ها، ماکروفاژها و لنفوسیت‌ها و عوامل هومورال شامل ترانسفرین، لک‌تین‌ها، لیزوزیم، پپتیدهای ضد میکروبی، سیتوکین‌ها، آنتی‌بادی‌های طبیعی، کمپلمان و رادیکال آزاد اکسیژن هستند (Mokhtar et al., 2023). مطالعات نشان داده‌اند که استفاده از گیاهان دارویی در بهبود شاخص‌های ایمنی غیر اختصاصی شامل میزان لیزوزیم، فعالیت بیگانه‌خواری، انفجار تنفسی، فعالیت کمپلمان و افزایش تولید سیتوکین‌هایی مانند اینترفرون‌ها و TNF در بسیاری از ماهیان تأثیر مهمی دارد. با این حال، تأثیر این گیاهان به نوع گیاه، دوز مصرفی، ترکیبات مؤثره، روش تجویز، گونه و اندازه ماهی وابسته است (Stratev et al., 2018) (جدول ۳). استفاده از گیاهان دارویی به عنوان محرک ایمنی در ماهیان می‌تواند روشی امیدوارکننده برای پیشگیری از بیماری و تلفات باشد. این روش وابستگی به عامل عفونت‌زا ندارد و نسبت به واکسن‌ها، که سیستم ایمنی را به سمت مقاومت در برابر میکروارگانیسم خاص هدایت می‌کنند، ارزان‌تر و مؤثرتر است (Elumalai et al., 2020). یکی از عوامل مهم ایمنی ذاتی ماهیان، تولید رادیکال آزاد اکسیژن در فرآیند انفجار تنفسی است. این مکانیسم دفاعی ضد میکروبی در سلول‌های بیگانه‌خوار مانند نوتروفیل‌ها، ماکروفاژها و سلول‌های دندریتیک است. این فرآیند پس از تحریک غشای پلاسمایی سلول‌ها و فعال شدن آنزیم NADPH اکسیداز توسط پروتئین کیناز C رخ

(Alishahi et al., 2017)، گلپر (Chekav et al., 2023)، فلفل قرمز (Firouzbakhsh et al., 2021)، ترخون (Gholamhosseini et al., 2020)، موسیر (Hosseini Shekarabi et al., 2022; Rashidian et al., 2022)، مورد (Mansouri Taei et al., 2017a)، گل پنیرک (Rashidian et al., 2020)، مرزه خوزستانی (Mohamadi Saei et al., 2016)، خرفه زوفا (Mohammad Alikhani et al., 2020)، و آقطی (Yousefi et al., 2022) (2023a) بیان شده‌است. در کاهش میزان گلوکز مکانیسم‌هایی چون کاهش میزان کورتیزول (اثرات ضد استرس) مانند آنچه در بلوط ایرانی (Rashidian et al., 2018) نشان داده شده و افزایش نفوذ پذیری دیواره سلول به انسولین که در دارچین (Fattahi et al., 2022) و موسیر (به جهت عملکرد آلیسین) (Rashidian et al., 2022) ذکر شده، وجود دارد. کاهش کلسترول و تری‌گلیسرید نیز ناشی از کارواکرول و تیمول که در مسیر سنتز چربی نقش باز دارنده دارند با مصرف گزنه (Saeidi asl et al., 2017b) و آقطی (Ghiasi et al., 2023a) بدست آمده است.

تأثیر گیاهان دارویی بر شاخص‌های ایمنی ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان

ساختار سیستم ایمنی ماهیان استخوانی از نظر تکاملی مشابه دیگر مهره‌داران عالی بوده و شامل ایمنی ذاتی و اختصاصی است. ماهیان در مراحل اولیه جنینی به سیستم ایمنی غیر اختصاصی خود وابسته هستند. با رشد و افزایش سن، ایمنی اختصاصی نیز اهمیت پیدا می‌کند، اما به کارآمدی پستانداران نیست و پاسخ ایمنی اختصاصی معمولاً با تأخیر رخ می‌دهد. بنابراین، ماهیان

(Taheri, 2019) (Soltanian et al., 2019)، آویشن شیرازی (Yousefi et al., 2020) (Mirghaed et al., 2020)، زوفا (Rufchaei et al., 2020) (Rufchaei et al., 2022) و سنبل آبی (Charde et al., 2022) به ماهیان قزل‌آلا سبب افزایش فعالیت این گروه از آنزیمها می‌شوند (جدول ۳). تحقیقات Charde و همکاران (۲۰۱۱) نشان داده است وجود فلاونوئیدها و ترپنوئیدها مهمترین عوامل آنتی اکسیدانی موجود در گیاهان است که نقش مهمی در دفاع سلولها در برابر رادیکال‌های آزاد دارند. لیزوزیم، آنزیمی است که با هیدرولیز پیوندهای گلیکوزیدی دیواره سلولی باکتری‌های گرم مثبت و تخریب لایه خارجی دیواره سلولی باکتری‌های گرم منفی، ماهیان را در برابر عوامل عفونی محافظت می‌کند. این آنزیم توسط نوتروفیل‌ها و مونوسیت‌ها تولید می‌شود و در کلیه، خون، موکوس، پوست، دستگاه گوارش و تخم‌ماهی یافت می‌شود. همچنین، لیزوزیم با اپسونیزاسیون، عملکرد بیگانه‌خواری نوتروفیل‌ها و ماکروفاژها را فعال می‌کند و از انتقال عمودی پاتوژن‌های باکتریایی جلوگیری می‌کند (Firdaus-Nawi and Zamri-Saad, 2016; Grishin et al., 2020). در اکثر مطالعات انجام شده بر تاثیر گیاهان داروئی بومی ایران بر شاخص‌های ایمنی ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان، میزان لیزوزیم افزایش معنی‌داری را نشان داده است. هرچند مکانیسم دقیق این موضوع ذکر نشده ولی Hosseini Shekarabi و همکاران (۲۰۲۰) در ارزیابی تاثیر تجویز جیره‌ای موسیر بر ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان، آن را مرتبط به وجود آلیسین (واجد خواص ضد باکتریائی قوی) موجود در موسیر مرتبط دانسته‌اند. مکانیسم دفاعی دیگر ایمنی غیراختصاصی در ماهیان استخوانی حذف باکتری‌ها از طریق سیستم کمپلمان است (جدول ۳).

می‌دهد و ترکیبات اکسیدکننده قوی برای تخریب عوامل میکروبی تولید می‌کند (Bulfon et al., 2018; Biller and Takahashi, 2018). مطالعات نشان داده است که تجویز جیره‌ای نعنای فلفلی (Adel et al., 2016)، علف هفت بند (Adel et al., 2019)، آلوئه ورا (Haghighi et al., 2017)، دارچین (Fattahi et al., 2022)، ترخون (Gholamhosseini et al., 2020)، مرزنگوش (Pourmoghim et al., 2015)، نعنای اسبی (Heydari et al., 2020)، گزنه (Saeidi et al., 2017b)، زنجبیل (Soltanian et al., 2019)، مشگک (Vazirzadeh et al., 2017)، آق‌طی (Ghiasi et al., 2023a) و سنبل آبی (Rufchaei et al., 2020) سبب بهبود فعالیت انفجار تنفسی در ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان شده است. مکانیسم دقیق اثر این گیاهان بر افزایش فعالیت انفجار تنفسی در ماهیان مشخص نیست. با این حال، Denev و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که ترکیبات پلی فنلی می‌توانند فعالیت انفجار تنفسی نوتروفیل‌های انسان را افزایش دهند و این ترکیبات همان مسیرهای سیگنال‌دهی را فعال می‌کنند که غشای لیپوبلی ساکاریدی باکتری‌های گرم منفی از آن مسیر سبب تحریک نوتروفیل‌ها می‌شوند. آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی سوپراکسید دیسموتاز، گلوکاتایون اس ترانسفراز، گلوکاتایون پراکسیداز و کاتالاز مهمترین جاذب‌های گونه‌های فعال اکسیژن در ماهیان هستند و از بافت‌ها در برابر آسیب استرس اکسیداتیو ناشی از عملکرد عوامل عفونی و نیز سیستم ایمنی محافظت می‌کنند (Ameur et al., 2012). مطالعات نشان داده افزودن سیر (Adineh et al., 2020)، به لیمو (Hoseinifar et al., 2020a)، ترخون (Gholamhosseini et al., 2020)، زنجبیل

جدول ۱: تاثیر گیاهان داروئی بومی ایران بر شاخص‌های رشد قزل آلاى رنگین کمان

Table 1: The effects of native Iranian medicinal plants on the growth indices of rainbow trout

نام فارسی	نام علمی	شکل مصرف	دوره مصرف	دوز مصرف در جیره	تغییرات شاخص‌های رشد	منبع
علف هفت بند	<i>Polygonum minus</i>	عصاره اتانولی	۸ هفته	۱۵ mg/Kg	FCR↓, FW, WG, SGR↑	Adel et al., 2019
سیر	<i>Allium sativum</i>	عصاره اتانولی کپسوله	۴۰ روز	۰/۵، ۱، ۲ %	FCR↓, FW, WG, SGR, CF, PER↑	Adineh et al., 2020
استبرق	<i>Calotropis persica</i>	پودر هسته	۸ هفته	۱۰ – ۵۰ g/Kg	FCR↓, FW, WG, SGR, CF↑	Ahmadniaye Motlagh et al., 2019
آلوئه ورا	<i>Aloe barbadensis</i>	عصاره خام	۶۰ روز	۰/۵ – ۰/۰۵ %	FCR↓, FW, WG, SGR, CF, PER↑	Alishahi et al., 2017
آلوئه ورا	<i>Aloe barbadensis</i>	ژل تجاری	۶ هفته	۱، ۱۰ g/Kg	FCR↓, WG, SGR↑	Heidarieh et al., 2013
آلوئه ورا	<i>Aloe barbadensis</i>	پودر تجاری	۴ هفته	۰/۵، ۱، ۱/۵ %	FCR↓, FW, WG, SGR, PER↑	Mehrabi and Firouzbakhsh, 2020
گلپر	<i>Heracleum persicum</i>	پودر	۶۰ روز	۲ %	WG↓, SGR↓	Chekov et al., 2023
دارچین	<i>Cinnamomum sp.</i>	پودر	۸ هفته	۱۲ g/Kg	FCR↓, FW, WG, SGR, CF↑	Fattahi et al., 2022
فلفل قرمز تند	<i>Capsicum annuum</i>	عصاره تجاری	۳۰ روز	۰/۵ %	FCR↓, FW, WG, SGR↑	Firouzbakhsh et al., 2021
ترخون	<i>Artemisia dracunculus</i>	عصاره متانولی	۸ هفته	۱، ۲، ۳ %	FCR↓, FW, WG, SGR↑	Gholamhosseini et al., 2020
موسیر	<i>Allium stipitatum</i>	پودر	۵۶ روز	۱ – ۲ %	FCR↓, FW, WG, SGR↑	Hosseini Shekarabi et al., 2022
موسیر	<i>Allium hirtifolium</i>	عصاره اتانولی	۸ هفته	۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ g/Kg	FCR↓, FW, WG, SGR↑	Rashidian et al., 2022
مورد	<i>Myrtus communis</i>	پودر	۸ هفته	۱ %	FCR↓, WG, SGR↑	Mansouri Taei et al., 2017a
مرزه خوزستانی	<i>Satureja khuzistanica</i>	اسانس تجاری	۶۰ روز	۳۰۰، ۵۰۰ mg/Kg	FCR↓, SGR↑	Mohamadi Saei, 2016
خرقه	<i>Portulaca oleracea</i>	عصاره اتانولی	۵۶ روز	۱، ۱/۵، ۲ %	FCR↓, FW, WG↑	Mohammadalikhani et al., 2020
تخم گشنیز	<i>Coriandrum sativum</i>	عصاره متانولی	۸ هفته	۰/۵ – ۲ %	FW, CF, SGR↑	Naderi Farsani et al., 2019

ادامه جدول ۱:

Table 1 continued:

نام فارسی	نام علمی	شکل مصرف	دوره مصرف	دوز مصرف در جیره	تغییرات شاخص‌های رشد	منبع
کاکوتی کوهی	<i>Ziziphora clinopodioides</i>	عصاره اتانولی	۸ هفته	۰/۵، ۱/۵، ۳، ۴/۵٪	FCR↓, FW, WG, SGR ↑	Oroji <i>et al.</i> , 2021
زرشک معمولی	<i>Berberis vulgaris</i>	پودر	۸ هفته	۱۰، ۲۰ g/Kg	WG, SGR ↑	Ramezanzadeh <i>et al.</i> , 2019
بلوط ایرانی	<i>Quercus brantii</i>	عصاره استونی	۸ هفته	۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰ mg/Kg	FCR↓, FW, WG, SGR ↑	Rashidian <i>et al.</i> , 2018
گل پنیرک	<i>Malvae sylvestris</i>	عصاره آبی	۸ هفته	۱، ۳، ۵٪	FCR↓, FW, WG, SGR ↑	Rashidian <i>et al.</i> , 2019
گزنه	<i>Urtica dioica</i>	عصاره اتانولی	۸ هفته	۱، ۲، ۳٪	FCR↓, WG, SGR ↑	Saeidi asl <i>et al.</i> , 2017
گزنه	<i>Urtica dioica</i>	پودر تجاری	۴ هفته	۰/۵، ۱، ۱/۵٪	FCR↓, FW, WG, SGR ↑	Mehrabi and Firouzbakhsh, 2020
چای چوپان	<i>lavandulifolia Stachys</i>	عصاره آبی	۱۰ هفته	۲، ۴، ۸٪	FCR↓, FW, WG, SGR↑	Sarvi Moghanlou <i>et al.</i> , 2018
زنجبیل	<i>Zingiber officinale</i>	عصاره اتانولی	۴۵ روز	۲، ۱/۵، ۵ g/Kg	FCR↓, FW, WG ↑	Shaluei <i>et al.</i> , 2016
آویشن شیرازی	<i>Thymus vulgaris</i>	اسانس تجاری	۲ ماه	۰/۱، ۵، ۲ ml/Kg	FCR↓, FW, WG, SGR↑	Zargar <i>et al.</i> , 2019
شوید	<i>Anethum Graveolens</i>	عصاره متانولی	۵۶ روز	۱، ۱/۵، ۳ g/Kg	FCR↓, FW, WG, SGR↑	Zeilab Sendijani <i>et al.</i> , 2020
گل ماهور	<i>Verbascum speciosum</i>	پودر	۵۵ روز	۴۰، ۲۵۰، ۵۰۰ mg/Kg	FW, SGR↑	Nofouzi <i>et al.</i> , 2017

FCR: ضریب تبدیل غذایی، FW: وزن نهائی، WG: وزن نهائی، SGR: ضریب رشد ویژه، CF: فاکتور وضعیت

جدول ۲: تاثیر گیاهان داروئی بومی ایران بر شاخص‌های خونی و سرمی قزل‌آلای رنگین کمان

Table 2: The effect of native Iranian medicinal plants on the hematological and serum indices of Rainbow trout

نام فارسی	نام علمی	شکل مصرف	دوره مصرف	دوز مصرف در جیره	تغییرات شاخص‌های خونی و سرمی	منبع
نعناع فلفلی	<i>Mentha piperita</i>	عصاره اتانولی	۸ هفته	۱، ۳، ۲٪	RBC, WBC, Hb, Hct, Neu, TP↑	Adel <i>et al.</i> , 2016
علف هفت بند	<i>Polygonum minus</i>	عصاره اتانولی	۸ هفته	۱۰، ۱۵ mg/Kg	RBC, WBC, Hct, Hb, Glob, TP, Alb↑, ALP, ALT↓	Adel <i>et al.</i> , 2019
سیر	<i>Allium sativum</i>	عصاره اتانولی کپسوله	۴۰ روز	۰/۵، ۱، ۲٪	Glu, ALP, AST, ALT↓, TP, Alb↑	Adineh <i>et al.</i> , 2020
آلوئه ورا	<i>Aloe barbadensis</i>	عصاره خام	۶۰ روز	۰/۱، ۰/۲٪	RBC, WBC, Hb, HCT, TP, Glob↑	Alishahi <i>et al.</i> , 2017
آلوئه ورا	<i>Aloe barbadensis</i>	پودر تجاری	۴ هفته	۱، ۱/۵٪	RBC, WBC, Hct, Hb, TP, Alb, Glob ↑	Mehrabi and Firouzbakhsh, 2020
آلوئه ورا	<i>Aloe barbadensis</i>	عصاره اتانولی	۸ هفته	۱٪	TP, Alb, Glu↑	Haghighi <i>et al.</i> , 2017
گلپر	<i>Heracleum persicum</i>	پودر	۶۰ روز	۲٪	Chol, Tri, AST, ALP↓, TP, Glob, LDH↑	Chekav <i>et al.</i> , 2023
دارچین	<i>Cinnamomum sp.</i>	پودر	۸ هفته	۱۲ g/Kg	Glu↓, WBC, Neut ↑	Fattahi <i>et al.</i> , 2022
فلفل قرمز تند	<i>Capsicum annuum</i>	عصاره تجاری	۳۰ روز	۰/۵٪	RBC, WBC, HB, Neut, TP, Alb ↑	Firouzbakhsh <i>et al.</i> , 2021
گل قاصدک	<i>Taraxacum officinale</i>	عصاره اتانولی	۵۶ روز	۱، ۲، ۳، ۴ g/Kg	WBC, Lym, Mon, TP↑	Hosseini Shekarabi <i>et al.</i> , 2021
شیرین بیان	<i>Glycyrrhiza glabra</i>	عصاره اتانولی	۵۶ روز	۰/۵، ۱، ۲، ۳ g/Kg	WBC, Mon, TP, Glo↑	Darvishi <i>et al.</i> , 2022

ادامه جدول ۲:

Table 2 continued:

نام فارسی	نام علمی	شکل مصرف	دوره مصرف	دوز مصرف در جیره	تغییرات شاخص های خونی و سرمی	منبع
ترخون	<i>Artemisia dracunculus</i>	عصاره اتانولی	۸ هفته	۱، ۲، ۳ %	Glu, Cera, AST, ALP, LDH, Tri, Chol↓ RBC, WBC, Hb, Hct, TP ↑	Gholamhosseini <i>et al.</i> , 2020
موسیر	<i>Allium stipitatum</i>	پودر	۵۶ روز	۱ – ۲ %	Glu, LDH↓, TP, Alb, ALP ↑	Hosseini Shekarabi <i>et al.</i> , 2022
موسیر	<i>Allium hirtifolium</i>	عصاره اتانولی	۸ هفته	g/Kg ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵	ALT, AST, Chol, LDH, Glu, Cort↓, TP, Alb, Glo↑	Rashidian <i>et al.</i> , 2022
مرزنگوش	<i>Origanum vulgare</i>	عصاره اتانولی	۸ هفته	۱ %	TP, Alb, Glo ↑	Pourmoghimi <i>et al.</i> , 2015
نعناپونه	<i>Mentha longifolia</i>	عصاره اتانولی	۴ هفته	۰/۱، ۰/۲، ۰/۳ %	RBC, WBC, Hb, Hct, Lym, Mon, TP, Alb↑	Heydari <i>et al.</i> , 2020
مورد	<i>Myrtus communis</i>	پودر	۸ هفته	۱ %	RBC, WBC, Hct, TP, Alb, Glo↑ ALP↓	Mansouri Taei <i>et al.</i> , 2017a
مرزه خوزستانی	<i>Satureja khuzistanica</i>	اسانس تجاری	۶۰ روز	۳۰۰، ۵۰۰ mg/Kg	RBC, WBC, Hct, TP, Alb↑ Tri, Chol, Glu↓	Mohamadi Saei, 2016
خرفه	<i>Portulaca oleracea</i>	عصاره اتانولی	۵۶ روز	۱، ۱/۵، ۲ %	RBC, WBC, Hb, Hct, Neu, Mon, TP↑Lym↓	Mohammadalikhani <i>et al.</i> , 2020
تخم گشنیز	<i>Coriandrum sativum</i>	عصاره متانولی	۸ هفته	۰/۵ – ۲ %	RBC, WBC, Hb, Hct↑	Naderi Farsani <i>et al.</i> , 2019
کاکوتی کوهی	<i>Ziziphora clinopodioides</i>	عصاره اتانولی	۸ هفته	۰/۵، ۱/۵، ۳، ۴/۵ %	WBC, Neu, Mon ↑	Oroji <i>et al.</i> , 2021

ادامه جدول ۲:

Table 2 continued:

نام فارسی	نام علمی	شکل مصرف	دوره مصرف	دوز مصرف در جیره	تغییرات شاخص‌های خونی و سرمی	منبع
ریشه زرشک معمولی	<i>Berberis vulgaris</i>	پودر	۸ هفته	۱۰، ۲۰ g/Kg	RBC, WBC, Hb, Hct, Neu↑, Lym↓	Ramezanzadeh <i>et al.</i> , 2019
بلوط ایرانی	<i>Quercus brantii</i>	عصاره استونی	۸ هفته	۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، mg/Kg	AST, ALT, ALP, Tri, Chol, Glu, LDH, Cort ↓, TP, Alb, Glob ↑	Rashidian <i>et al.</i> , 2018
بلوط ایرانی	<i>Quercus brantii</i>	عصاره استونی	۸ هفته	۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، mg/Kg	RBC, WBC, Hct, Hb, Neu↑	Ghafariarsani <i>et al.</i> , 2020
گل پنیرک	<i>Malvae sylvestris</i>	عصاره آبی	۸ هفته	۱، ۳، ۵٪	Chol, Glu, LDH↓, RBC, WBC, Hb, Hct, Lym, TP, Alb, Glo↑	Rashidian <i>et al.</i> , 2019
گزنه	<i>Urtica dioica</i>	عصاره اتانولی	۸ هفته	۱، ۲، ۳٪	Tri↓ RBC, WBC, Hb, Hct, TP, Glu ↑	Saeidi asl <i>et al.</i> , 2017
گزنه	<i>Urtica dioica</i>	پودر تجاری	۴ هفته	۱/۵، ۱، ۵/۱٪	WBC, RBC, Hct, Hb, TP, Alb, Glo↑	Mehrabi and Firouz bakhsh, 2020
چای چوپان	<i>Stachys lavandulifolia</i>	عصاره آبی	۱۰ هفته	۲، ۴، ۸٪	RBC, WBC, Hb, Chol, Tri, Glo↑	Sarvi Moghanlou <i>et al.</i> , 2018
زنجبیل	<i>Zingiber officinale</i>	عصاره اتانولی	۵۶ روز	۱، ۳، ۶، ۱۰ g/Kg	TP, ALP ↑	Soltanian <i>et al.</i> , 2019
آویشن شیرازی	<i>Zataria multiflora</i>	عصاره اتانولی	۸ هفته	۱، ۲، ۳ g/Kg	WBC, Glo ↑	Taheri Mirghaed <i>et al.</i> , 2020
سماق	<i>Rhus coriaria</i>	پودر	۵۶ روز	۲، ۵٪	RBC, WBC, Neu↑	Gharaei <i>et al.</i> , 2020
گل ماهور	<i>Verbascum speciosum</i>	پودر	۵۵ روز	۴۰، ۲۵۰، ۵۰۰ mg/Kg	TP, Glo, ALP, AST↑ Chol↓	Nofouzi <i>et al.</i> , 2017

ادامه جدول ۲:

Table 2 continued:

نام فارسی	نام علمی	شکل مصرف	دوره مصرف	دوز مصرف در جیره	تغییرات شاخص های خونی و سرمی	منبع
مشگک	<i>Ducrosia anethifolia</i>	اسانس روغنی	۸ هفته	۰/۱، ۰/۰۱، ۰/۰۰۱٪	RBC, WBC, Hct↑	Vazirzadeh et al., 2017
زوفا	<i>officinalis Hyssopus</i>	عصاره متانولی	۸ هفته	۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰ mg/Kg	WBC, Neu, Mon, TP, Alb, Glo↑ Lym↓	Yousefi et al., 2022
آقطی	<i>Sambucus ebulus</i>	پودر	۸ هفته	۵، ۱۰، ۲/۵٪	WBC, Neu, TP, Alb ↑ Lym, ALT, Tri, Chol↓	Ghiasi et al., 2023

RBC: گلبول قرمز، WBC: گلبول سفید، Hb: هموگلوبین، Hct: هماتوکریت، Lym: لنفوسیت، Neu: نوتروفیل، Mon: مونوسیت، TP: پروتئین تام سرم، Alb: آلبومین، Glo: گلبولین تام سرم، ALT: آلانین آمینوترانسفراز،

AST: آسپاراتات آمینوترانسفراز، ALP: آلکالین فسفاتاز، Chol: کلسترول، Tri: تری گلیسرید، Glu: گلوکز، LDH: لاکتات دهیدروژناز، Cera: کراتینین، Cort: کورتیزول

جدول ۳: تاثیر گیاهان دارویی بومی ایران بر شاخص‌های ایمنی قزل‌آلای رنگین کمان

Table 3: The effect of native Iranian medicinal plants on the Immunological parameters of Rainbow

نام فارسی	نام علمی	شکل مصرف	دوره مصرف	دوز مصرف در جیره	تغییرات شاخص‌های خونی و سرمی	منبع
نعناع فلفلی	<i>Mentha piperita</i>	عصاره اتانولی	۸ هفته	۱، ۳، ۲٪	Lys, RBA, TIg, SR (<i>Y. ruckeri</i>)↑	Adel <i>et al.</i> , 2016
علف هفت بند	<i>Polygonum minus</i>	عصاره اتانولی	۸ هفته	۱۰، ۱۵ mg/Kg	Lys, RBA, GeR (IL- 1β, IL-8, Lys, TNF-α), (<i>Y. ruckeri</i>)↑ SR	Adel <i>et al.</i> , 2019
سیر	<i>Allium sativum</i>	عصاره اتانولی کپسوله	۴۰ روز	۰/۵، ۱، ۲٪	SOD, CAT↑	Adineh <i>et al.</i> , 2020
آلوئه ورا	<i>Aloe barbadensis</i>	عصاره خام	۶۰ روز	۰/۱، ۰/۲٪	Lys, SBA↑	Alishahi <i>et al.</i> , 2017
آلوئه ورا	<i>Aloe barbadensis</i>	پودر تجاری	۴ هفته	۱، ۱/۵٪	Lys, Com↑	Mehrabi and Firouzbakhsh, 2020
آلوئه ورا	<i>Aloe barbadensis</i>	عصاره اتانولی	۸ هفته	۱٪	Lys, RBA, PA↑	Haghighi <i>et al.</i> , 2017
به لیمو	<i>Aloysia citrodora</i>	پودر	۶ هفته	۰/۵، ۱، ۲٪	Lys, TIg, SOD, GST, GPx, , GeR (IL- 1β, IL-8, TNF-α)	Hoseinifar <i>et al.</i> , 2020
گلپر	<i>Heracleum persicum</i>	پودر	۶۰ روز	۲٪	Lys, SR (<i>Y. ruckeri</i>)↑	Chekav <i>et al.</i> , 2023
دارچین	<i>Cinnamomum sp.</i>	پودر	۸ هفته	۱۲ g/Kg	Lys, TIg, RBA, Com ↑	Fattahi <i>et al.</i> , 2022
فلفل قرمز تند	<i>Capsicum annum</i>	عصاره تجاری	۳۰ روز	۰/۵٪	Lys, Com, SR (<i>Y. ruckeri</i>)↑	Firouzbakhsh <i>et al.</i> , 2021
گل قاصدک	<i>Taraxacum officinale</i>	عصاره اتانولی	۵۶ روز	۱، ۲، ۳، ۴ g/Kg	Lys, Com, IgM, GeR (IL- 1β, IL-6, IL-8, Lys) SR (<i>S. iniae</i>)↑	Hosseini Shekarabi <i>et al.</i> , 2021

ادامه جدول ۳:

Table 3 continued:

نام فارسی	نام علمی	شکل مصرف	دوره مصرف	دوز مصرف در جیره	تغییرات شاخص های خونی و سرمی	منبع
شیرین بیان	<i>Glycyrrhiza glabra</i>	عصاره اتانولی	۵۶ روز	۰/۵، ۱، ۲، ۳ g/Kg	Lys, TIg, SBA, GeR (IL- 1 β , IL-8, Lys, IgM, TNF- α) , SR (<i>Y. ruckeri</i>) $\uparrow$	Darvishi <i>et al.</i> , 2022
ترخون	<i>Artemisia dracunculus</i>	عصاره اتانولی	۸ هفته	۱، ۲، ۳ %	Lys, TIg, RBA, SOD $\uparrow$	Gholamhosseini <i>et al.</i> , 2020
موسیر	<i>Allium stipitatum</i>	پودر	۵۶ روز	۱ – ۲ %	Lys, TIg, Com $\uparrow$	Hosseini Shekarabi <i>et al.</i> , 2022
موسیر	<i>Allium hirtifolium</i>	عصاره اتانولی	۸ هفته	۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ g/Kg	Lys, Com, IgM, MPO, SR (<i>S. iniae</i>) $\uparrow$	Rashidian <i>et al.</i> , 2022
مرزنگوش	<i>Origanum vulgare</i>	عصاره اتانولی	۸ هفته	۱ %	Lys, RBA, PA $\uparrow$	Pourmoghim <i>et al.</i> , 2015
نعناپونه	<i>Mentha longifolia</i>	عصاره اتانولی	۴ هفته	۰/۱، ۰/۲، ۰/۳ %	Lys, Com, RBA, GeR (Lys, TNF- α), SR (<i>Y. ruckeri</i>) $\uparrow$ $\uparrow$	Heydari <i>et al.</i> , 2020
خرفه برگ پهن	<i>Portulaca oleracea</i>	عصاره اتانولی	۵۶ روز	۱، ۱/۵، ۲ %	Lys, TIg, Com, IgM $\uparrow$	Mohammadalikhani <i>et al.</i> , 2020
تخم گشنیز	<i>Coriandrum sativum</i>	عصاره متانولی	۸ هفته	۰/۵ – ۲ %	Lys, Com, SR (<i>Y. ruckeri</i>) $\uparrow$	Naderi Farsani <i>et al.</i> , 2019
کاکوتی کوهی	<i>Ziziphora clinopodioides</i>	عصاره اتانولی	۸ هفته	۰/۵، ۱/۵، ۳، ۴/۵ %	Lys, TIg, Com, SBA, SR (<i>Y. ruckeri</i>) $\uparrow$	Oroji <i>et al.</i> , 2021
ریشه زرشک معمولی	<i>Berberis vulgaris</i>	پودر	۸ هفته	۱۰، ۲۰ g/Kg	Lys, Com $\uparrow$	Ramezanzadeh <i>et al.</i> , 2019

ادامه جدول ۳:

Table 3 continued:

نام فارسی	نام علمی	شکل مصرف	دوره مصرف	دوز مصرف در جیره	تغییرات شاخص‌های خونی و سرمی	منبع
بلوط ایرانی	<i>Quercus brantii</i>	عصاره استونی	۸ هفته	۱۰۰، ۴۰۰، ۶۰۰، ۲۰۰ mg/Kg	Lys, TIg, Com, Agg↑	Ghafariarsani et al., 2020
گل پنیرک	<i>Malvae sylvestris</i>	عصاره آبی	۸ هفته	۱، ۳، ۵٪	Lys, Com, IgM, MPO, SR (<i>S. iniae</i>)↑	Rashidian et al., 2019
گزنه	<i>Urtica dioica</i>	عصاره اتانولی	۸ هفته	۱، ۲، ۳٪	Lys, Com, RBA, IgM, SR (<i>Y. ruckeri</i>)↑	Saeidi asl et al., 2017
چای چوپان	<i>lavandulifolia Stachys</i>	عصاره آبی	۱۰ هفته	۲، ۴، ۸٪	Lys, Com, TIg ↑	Sarvi Moghanlou et al., 2018
زنجبیل	<i>Zingiber officinale</i>	عصاره اتانولی	۵۶ روز	۱۰، ۶۰، ۱۰۰ g/Kg	Lys, TIg, RBA, SOD, CAT, GPx, SR (<i>Y. ruckeri</i>)↑	Soltanian et al., 2019
آویشن شیرازی	<i>Zataria multiflora</i>	عصاره اتانولی	۸ هفته	۱، ۲، ۳ g/Kg	Lys, Com, TIg, CAT, SOD, GeR(Lys, TNF-α, IL-1β, IL-6) ↑	Taheri Mirghaed et al., 2020
آویشن شیرازی	<i>Zataria multiflora</i>	اسانس	۲ ماه	۰/۵، ۱، ۲ mg/Kg	GeR (IL- 1β, Lys, Com), SR (<i>A. hydrophila</i>)↑	Zargar et al., 2019
سماق	<i>Rhus coriaria</i>	پودر	۵۶ روز	۲، ۵٪	Lys, Com, GeR (IL- 1β, TNF-α)↑	Gharaei et al., 2020
گل ماهور	<i>Verbascum speciosum</i>	پودر	۵۵ روز	۴۰، ۲۵۰، ۵۰۰ mg/Kg	Lys, TIg, Com, Agg ↑	Nofouzi et al., 2017
مشگک	<i>Ducrosia anethifolia</i>	اسانس روغنی	۸ هفته	۰/۰۰۱، ۰/۰۱، ۰/۱٪	RBA, GeR (IL- 1β, TNF-α)↑	Vazirzadeh et al., 2017
زوفا	<i>officinalis Hyssopus</i>	عصاره متانولی	۸ هفته	۱۰۰، ۲۵۰، ۵۰۰ mg/Kg	Lys, Com, TIg, SOD, GPx, GR, GeR (IL- 1β, IL-10, TNF-α)↑	Yousefi et al., 2022
آقطی	<i>Sambucus ebulus</i>	پودر	۸ هفته	۲/۵، ۵، ۱۰٪	Lys, TIg, RBA, SAA, SR (<i>Y. ruckeri</i>)↑	Ghiasi et al., 2023
سنبل آبی	<i>Eichhornia crassipes</i>	عصاره متانولی	۵۶ روز	۲/۵، ۵، ۱۰ g/Kg	Lys, TIg, Com, RBA, SOD, CAT, GPx, GR (<i>S. iniae</i>)↑	Rufchaei et al., 2019

Lys: لی‌وزیم، TIg: ایمونو گلوبولین تام، IgM: ایمونو گلوبولین M، Com: کمپلمان، RBA: انفجار تنفسی، GeR: بیان ژن، SR: درصد بقا، Agg: آگلوتیناسیون، SBA: فعالیت ضد باکتری سرم، PA: فعالیت بیگانه خواری، SOD: سوپراکسید دیسموتاز، CAT: کاتالاز، GPx: گلوکاتایون پراکسیداز، GR: گلوکاتایون ردوکتاز، GST: گلوکاتایون اس ترانسفراز، IL- 1β: اینترلوکین ۱، IL-6: اینترلوکین ۶، IL-8: اینترلوکین ۸، IL-10: اینترلوکین ۱۰، TNF-α، ۱۰: فاکتور نکروزدهنده تومور آلفا. *Y. ruckeri*: یرسینیا راگری، *S. iniae*: استرپتوکوکوس اینیائی، *A. hydrophila*: آئروموناس هیدروفیلیا

ساختار این سیستم در بین مهره‌داران بسیار مشابه هم است و از سه مسیر کلاسیک، جایگزین و لکتین فعال می‌شود. صرفنظر از نوع مسیر فعال شدن، این سیستم با اپسونیزاسیون پاتوژن شناسائی آن را برای سلول‌های بیگانه خوار تسریع کرده و نیز پاکسازی عوامل پاتوژن را با بهبود عملکرد سلول‌های بیگانه‌خوار و لنفوسیت‌ها افزایش می‌دهد (Bruce and Brown, 2017). مطالعات مختلف نشان داده، تجویز جیره‌ای گیاهان داروئی بومی ایران موجب افزایش عملکرد کمپلمان در ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان شده است. هرچند مکانیسم این اثر چندان واضح نیست ولی دیده شده با تجویز بربرین (از گروه آلکالوئیدها) افزایش فعالیت کمپلمان و قدرت باکتری‌کشی سرم در برابر ادواریلا ایکتالوری در ماهیان کپور و نیز غلظت C3 و C4 و نیز فعالیت باکتری‌کشی سرم را در برابر آئروموناس هیدروفیلا افزایش یافته است (Zhang et al., 2022). ایمونوگلوبولین‌ها در ماهیان استخوانی به سه ایزوتایپ IgM، IgD و IgT شناخته شده‌اند. اهمیت عملکرد IgD و IgT نامشخص است و البته میزان آنها نیز در سرم بسیار ناچیز است. IgM اولین و اصلی‌ترین ایمونوگلوبولین شناسایی شده در ماهیان است و به شکل ترشحی (در سرم و موکوس) و یا غیر ترشحی (متصل به دیواره لنفوسیت‌های B) در ماهیان قابل ردیابی بوده و در عملکرد ایمنی ذاتی و اختصاصی دخالت دارد. اثرات خنثی سازی IgM در برابر ویروس‌ها و باکتری‌ها کاملاً ثابت شده است و با قرارگرفتن ماهیان در معرض آنتی‌ژن (عامل عفونی و یا واکسن) و یا محرک‌های ایمنی و به دنبال آن با فعال شدن سلول‌های T و تحریک و فعال سازی سلول‌های B میزان آن در سرم ماهیان افزایش می‌یابد. از عملکردهای موثر IgM

فعال‌سازی سیستم کمپلمان و افزایش تخریب عوامل پاتوژن است (Srivastava and Pandey, 2015). با مراجعه به جدول ۳ مشخص می‌شود که با تجویز گیاهان داروئی بومی، میزان ایمونوگلوبولین تام سرم و یا IgM در ماهیان افزایش یافته است. از آنجائی که تنها منبع تولید ایمونوگلوبولین‌ها، گلبول‌های سفید هستند و با توجه به نتایج تجویز این گیاهان بر افزایش گلبول‌های سفید (جدول ۲) به نظر می‌رسد افزایش تعداد این سلول‌ها توجه کننده اصلی میزان افزایش ایمونوگلوبولین‌ها باشد. مکانیسم دیگر توجه کننده این امر افزایش بیان ژن تولید انواع سیتوکاین‌ها، لیزوزیم و IgM با مصرف این گیاهان است. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد افزایش بیان ژن $TNF-\alpha$ ، IL-8، IL-1 β با به لیمو (Hoseinifar et al., 2020a)، IL-6، IL-1 β ، IL-8 و لیزوزیم با گل قاصدک (Hosseini et al., 2021)، IL-8، IL-1 β ، IgM، (Shekarabi et al., 2021)، $TNF-\alpha$ و لیزوزیم با شیرین بیان (Darvishi et al., 2022)، لیزوزیم و $TNF-\alpha$ با نعنای اسبی (Heydari et al., 2020)، لیزوزیم، IL-6، IL-1 β ، $TNF-\alpha$ با آویشن شیرازی (Taheri Mirghaied et al., 2020)، IL-1 β ، $TNF-\alpha$ با سماق و مشکگک (Gharaei et al., 2020; Vazirzadeh et al., 2017) و IL-10، IL-1 β و $TNF-\alpha$ با زوفا (Yousefi et al., 2022) ایجاد شده است. هرچند مکانیسم دقیق چگونگی این تاثیرات مشخص نشده، ولی به نظر می‌رسد ترکیبات موثره این گیاهان با تاثیر بر بیان ژن‌های سیتوکاین‌ها و لیزوزیم، مجموعه‌ای از فعالیت‌های ایمنی ذاتی را به نوعی بهبود می‌دهند که ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان را در برابر عوامل عفونی مقاوم می‌کنند. براساس نتایج منعکس شده در جدول ۳، افزایش مقاومت ماهیان قزل‌آلای

سلامت شناخته شده‌اند. هرچند اطلاعات ما در خصوص چگونگی مکانیسم اثر گیاهان دارویی بر شاخص‌های رشد، خون، سرم و ایمنی ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان اندک است و نیاز به تحقیقات بیشتر دارد. ولی باتوجه به تنوع گیاهان دارویی در کشور، می‌توان پیش‌بینی کرد در آینده مکمل‌های خوراکی برپایه گیاهان دارویی نقش بسیار مهمی در توسعه پایدار صنعت آبی‌پروری قزل‌آلای رنگین‌کمان در کشور داشته باشند.

سپاسگزاری

در اینجا بر خود لازم می‌دانیم که از زحمات تمام کسانی که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند سپاسگزاری نماییم.

منابع

1. Adel, M., Pourgholam, R., Zorriehzahra, J., Ghiasi, M., 2016. Hemato e Immunological and biochemical parameters, skin antibacterial activity, and survival in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) following the diet supplemented with *Mentha piperita* against *Yersinia ruckeri*. *Fish and Shellfish Immunology*, 55, pp.267-273. DOI: 10.1016/j.fsi.2016.05.040
2. Adel, M., Dawood, M.A.O., Shafiei, S., Sakhaie, F., Hosseini Shekarabi, S.P., 2020. Dietary *Polygonum minus* extract ameliorated the growth performance, humoral immune parameters, immune-related gene expression and resistance against *Yersinia ruckeri* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 519, pp.734738. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2019.734738
3. Adineh, H., Harsij, M., Jafaryan, H., Asadi, M., 2020. The effects of microencapsulated garlic (*Allium sativum*) extract on growth performance, body composition, immune response and

رنگین‌کمان در برابر باکتری یرسینیا راگری پس از دریافت جیره حاوی نعناع فلفلی (Adel et al., 2016)، علف هفت بند (Adel et al., 2019)، گلپر (Chekav et al., 2023)، فلفل قرمز تند (Firouzabakhsh et al., 2021)، شیرین بیان (Darvishi et al., 2022)، نعناع اسبی (Heydari et al., 2020)، تخم گشنیز (Naderi et al., 2019)، کاکوتی کوهی (Oroji et al., 2021)، گزنه (Saeidi et al., 2017)، زنجبیل (Ghiasi et al., 2019) و آقطی (Soltanian et al., 2023a) مشاهده شده‌است. همچنین تجویز جیره‌ای گل قاصدک (Hosseini Shekarabi et al., 2021)، موسیر (Rashidian et al., 2022) و گل پنیرک (Rashidian et al., 2019) سبب افزایش مقاومت و ماندگاری ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان در مواجهه با استرپتوکوکوس اینیائی و آویشن شیرازی (Zargar et al., 2019) در مقابل آئروموناس هیدروفیلا شده‌است.

نتیجه‌گیری

امروزه مشخص شده که در صنعت آبی‌پروری، استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها به مشکلاتی مانند مقاومت آنتی‌بیوتیکی در برابر عوامل بیماری‌زا در ماهیان و باقی ماندگی در گوشت و اثرات زیان‌آور آن بر بهداشت عمومی منجر می‌شود. این در حالی است که گیاهان دارویی به عنوان محرک‌های ایمنی مناسب برای ماهیان شناخته شده و فارغ از هر اثر سوئی بر سلامت عمومی و محیط زیست هستند. ترکیبات فعال موجود در گیاهان، مانند آلکالوئیدها، ترپنوئیدها، پلی فنل‌ها، اسانسها و پلی‌ساکاریدها، در بهبود سلامت ماهیان و مقابله با پاتوژن‌ها موثر هستند. همچنین مصرف گیاهان دارویی ریشه در فرهنگ مردم داشته و به عنوان عوامل حفظ

- Bennetau, B., L., Menn, F., Kaushik S., 2002. Effect of genistein enriched diet on the sex steroid endocrinology and the reproductive efficiency of the rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Revue de médecine Vétérinaire*, 153(7), pp.513–516.
10. Biller, J.D. and Takahashi L.S., 2018. Oxidative stress and fish immune system: phagocytosis and leukocyte respiratory burst activity. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, 90(4), pp.3403–3414. DOI: 10.1590/0001-3765201820170730
 11. Binh, V.N., Dang, N., Anh, N.T.K., Ky, L.X., Thai, P.K., 2018. Antibiotics in the aquatic environment of Vietnam: sources, concentrations, risk and control strategy. *Chemosphere*, 197, pp.438–450. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2018.01.061
 12. Bondad-Reantaso, M.G., MacKinnon, B., Karunasagar, I., Fridman, S., Alday-Sanz, V., Brun, E., Groumellec, M.L., Li, A., Surachetpong, W., Karunasagar, I., Hao, B., Dall'Occo, A., Urbani, R., Caputo, A., 2023. Review of alternatives to antibiotic use in aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 15(4), pp.1421–1451. DOI: 10.1111/raq.12786
 13. Bruce, T.J., Brown, M. L., 2017. A review of immune system components, cytokines, and immunostimulants in cultured finfish species. *Journal of Animal Sciences*, 7(3), pp.267–288. DOI: 10.4236/ojas.2017.73021
 14. Bulfon, C., Galeotti, M., Volpatti, D., 2018. Medicinal plant extracts modulate respiratory burst and proliferation activity of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) leukocytes. *Fish Physiology and Biochemistry*, 44(1), pp.109–117. DOI: 10.1007/s10695-017-0417-5
 15. Caputo, A., Bondad-Reantaso, M.G., Karunasagar, I., Hao, B., Gaunt, P., Verner-Jeffreys, D., Fridman, S., Dorado-Garcia, A., 2022. Antimicrobial resistance in aquaculture: A global analysis of literature and national action plans. *Reviews in Aquaculture*, 15(2), pp.568–578. DOI: 10.1111/raq.12741
 16. Cawthorn, D.M., Hoffman, L.C., 2015. The bushmeat and food security nexus: a antioxidant status of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles. *Journal of Applied Animal Research*, 48(1), pp.372–378. DOI: 10.1080/09712119.2020.1808473
 4. Ahmadifar, E., Yousefi, M., Karimi, M., Fadaei Raieni, R., Dadare, M., Yilmaz, S., Dawoodg, M.A.O. Abdel-Latif, H.M.R., 2020. Benefits of dietary polyphenols and polyphenol-rich additives to aquatic animal health: an overview. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 29(4), pp.478–511. DOI: 10.1080/23308249.2020.1818689
 5. Akdemir, F., Orhan, C., Tuzcu, M., Sahin, N., Juturu, V., Sahin, K., 2017. The efficacy of dietary curcumin on growth performance, lipid peroxidation and hepatic transcription factors in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) reared under different stocking densities. *Aquaculture Research*, 48(8), pp.4012–4021. DOI: 10.1111/are.13223
 6. Alishahi, M., Tulaby Dezfuly, Z., Mesbah, M., Mohammadian, T., 2017. Effects of Aloe vera crude extract on growth performance and some hemato-immunological indices of *Oncorhynchus mykiss* in farm scale. *Iranian Journal of Veterinary Medicine*, 11(4), pp.383–394. DOI: 10.22059/ijvm.2017.231790.1004806
 7. Ameur, W.B., de Lapuente, J., El Megdiche, Y., Barhoumi, B., Trabelsi, S. L. Camps, Serret, J., Ramos-López, D., Gonzalez-Linares, J., Ridha Driss, M., Borràs, M., 2012. Oxidative stress, genotoxicity and histopathology biomarker responses in mullet (*Mugil cephalus*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) liver from Bizerte Lagoon (Tunisia). *Marin Pollution Bulletin*, 64(2), pp.241–251. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2011.11.026
 8. Awad, E., Austin, D., Lyndon, A.R., 2013. Effect of black cumin seed oil (*Nigella sativa*) and nettle extract (Quercetin) on enhancement of immunity in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture*, 388–391(1), pp.193–197. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2013.01.008
 9. Bennetau-Pelissero, C., Breton, B.,

24. Elumalai, P., Kurian, A., Lakshmi, S., Faggio, C., Esteban, M.A., Ringø, E., 2020. Herbal immunomodulators in aquaculture. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 29(1), pp.1779651. DOI: 10.1080/23308249.2020.1779651
25. Fan, Y., Wang, X., Wang, Y., Liu, H., Xiaoqing Yu, X., Li, L., Ye, H., Wang, S., Gai, C., Xu, L., Diao, J., Guo, P., 2020. Potential effects of dietary probiotics with Chinese herb polysaccharides on the growth performance, immunity, disease resistance, and intestinal microbiota of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of the World Aquaculture Society*, 52(2), pp.1194–1208. DOI: 10.1111/jwas.12757
26. FAO., 2022. The state of world fisheries and aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome, FAO.doi:10.4060/cc0461en.
27. Farancis, G., Harinder, P., Makkar, S., Becker, K., 2005. Quillaja saponins – a natural growth promoter for fish. *Animal Feed Science Technology*, 121(1-2), pp.147-157. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2005.02.015
28. Fattahi, A., Faghani Langarudi, H., Mohammadnejad, M., Mousavi-Sabet, H., 2022. Effects of Cinnamon supplemented diet on growth performance, hematological parameters, blood biochemical and immunological indices of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fingerlings. *International Aquatic Research*, 14(3), pp.213-221. DOI: 10.22034/iar.2022.1955539.1258
29. Firdaus-Nawi, M., Zamri-Saad, M., 2016. Major components of fish immunity: a review. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, 39(4), pp.393 – 420.
30. Firouzbakhsh, F., Haghparast, S., Memarzadeh, M.R., 2021. Study on the effects of red pepper (*Capsicum annuum*) extract on immune responses and resistance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles against *Yersinia ruckeri*. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 20(6), pp.1573-1588. DOI: 10.22092/ijfs.2021.350686.0
31. Freitas, J., Vaz-Pires, P., Câmara, J.S., global account of the contributions, conundrums and ethical collisions. *Food Research International*, 76(4), pp.906-925. DOI: 10.1016/j.foodres.2015.03.025
17. Charde, M., Shukla, A., Bukhariya, V., Mehta, J., Chakole, R., 2011. Herbal remedies as antioxidants: an overview. *International Journal of Pharmacological Research*, 1(2), pp.25-34. DOI:10.7439/ijpr.v1i2.435
18. Chekav, K., Firouzbakhsh F., Janikhilili, K., 2023. Effects of dietary Persian hogweed (*Heracleum persicum*) powder on growth performance, hematological and immune indices, and resistance against *Yersinia ruckeri* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 22(1), 66-83. DOI: 10.22092/ijfs.2023.128620
19. Citarasu, T., 2010. Herbal biomedicines: a new opportunity for aquaculture industry. *Aquaculture International*, 18(3), pp.403-414. DOI: 10.1007/s10499-009-9253-7
20. Coccia, E., Siano, F., Volpe, M.G., Varricchio, E., Eroldogan, O.T., Paolucci, M., 2019. Chestnut Shell extract modulates immune parameters in the rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Fishes*, 4(1), pp.18. DOI: 10.3390/fishes4010018
21. D'Agaro, E., Gibertoni, P., Esposito, S., 2022. Recent trends and economic aspects in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) Sector. *Applied Science*, 12(17), pp.8773. DOI: 10.3390/app12178773
22. Darvishi, M., Shamsaie Mehrgan, M., Khajehrahimi, A.E., 2022. Effect of licorice (*Glycyrrhiza glabra*) extract as an immunostimulant on serum and skin mucus immune parameters, transcriptomic responses of immune-related gene, and disease resistance against *Yersinia ruckeri* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Front in Veterinary Science*, 9, pp.811684. DOI: 10.3389/fvets.2022.811684
23. Denev, P., Kratchanova, M., Ciz, M., Lojek, A., Vasicek, O., Blazheva, D., Nedelcheva, P., Vojtek, L. and Hyrs, P., 2014. Antioxidant, antimicrobial and neutrophil-modulating activities of herb extracts. *Acta Biochimica Polonica*, 61(2), pp.359–367.

- Science and Technology*, 22(1), pp.173-186.
38. Ghiasi, M., Nasrollahzadeh, H., Fazli, H., Safari, R., Farabi, S.M.V., Binaii, M., Yaghoob zadeh, Z., Zareh, E., Behroozi, S., Habibi, F., 2022. Evaluation of some risk factors on the rainbow trout production with emphasis on water microbial indices and heavy metals of farms along the Haraz River. *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 30(6), pp.25-42. DOI: 10.22092/ISFJ.2022.125882
 39. Ghiasi, M., Binaii, M., Mirmazlomi, S., Adel, M., Khara, H., 2023a. Effect of dwarf elder (*Sambucus ebulus*) to improve hemato-immunological and biochemical parameters and resistance against *Yersinia ruckeri* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 22(4), pp.871-892. DOI: 10.22092/ijfs.2023.129996
 40. Ghiasi, M., Farabi, S.M.V., Zorrieh Zahra, S.M.J., Ghaednia, B., Binaii, M., Sepahdari, A., Behrozi, Sh., 2023b. An attitude towards management factors affecting the health of offshore rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) aquaculture in the South Caspian Sea. *Journal of Aquaculture Developent*, 17(3), pp.63-83. DOI: 10.22034/17.3.63
 41. Gholamhosseini, A., Hosseinzadeh, S., Soltanian, S., Banaee, M., Sureda, A., Rakhshaninejad, M., Heidari, A.A., Anbazpour, H., 2020. Effect of dietary supplements of *Artemisia dracunculus* extract on the haemato-immunological and biochemical response, and growth performance of the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Research*, 52(5), pp.2097-2109. DOI: 10.1111/are.15062
 42. Ghomari, O., Sounni, F., Massaoudi, Y., Ghanam, J., Drissi Kaitouni, L.B., Merzouki, M., Benlemlih, M., 2019. Phenolic profile (HPLC-UV) of olive leaves according to extraction procedure and assessment of antibacterial activity. *Biotechnology Reports*, 23, pp.e00347. DOI: 10.1016/j.btre.2019.e00347
 43. Giannenas, I., Triantafillou, E., Stavrakakis, S., Margaroni, M., Mavridis, 2020. From aquaculture production to consumption: freshness, safety, traceability and authentication, the four pillars of quality. *Aquaculture*, 518, pp.734857. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2019.734857
 32. Gabriel, N.N., 2019. Review on the progress in the role of herbal extracts in tilapia culture. *Cogent Food & Agriculture*, 5(1), pp.1619651. 10.1080/23311932.2019.1619651
 33. Gerwick, W.H., 2013. Plant sources of drugs and chemicals. In: Levin SA, ed. *Encyclopedia of Biodiversity*. Second Edition. *Academic Press*, pp.129-139. DOI: 10.1016/B978-0-12-384719-5.00111-8
 34. Ghafarifarsani, H., Kachuei, R., Imani, A., 2021a. Dietary supplementation of garden thyme essential oil ameliorated the deteriorative effects of aflatoxin B1 on growth performance and intestinal inflammatory status of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 531, pp.735928. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2020.735928
 35. Ghafarifarsani, H., Rashidian, G., Sheikhlari, A., Naderi Farsan, M., Hoseinifar, S.H., Van Doan, H., 2021b. The use of dietary oak acorn extract to improve haematological parameters, mucosal and serum immunity, skin mucus bactericidal activity, and disease resistance in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Research*, 52(6), pp.1-20. DOI: 10.1111/are.15101
 36. Ghafarifarsani, H., Nedaei, S., Hoseinifar, S.H., Van Doan, H., 2023. Effect of different levels of chlorogenic acid on growth performance, immunological responses, antioxidant defense, and disease resistance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles. *Aquaculture Nutrition*, 679002, pp.1-13. DOI: 10.1155/2023/3679002
 37. Gharaei, A., Shafiei, M., Mirdar Harijani, J., Hassanein, P., Arshadi, A., 2020. Immune responses and haematological parameters changes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under effects of dietary administration of sumac (*Rhus coriaria* L.). *Journal of Agricultural*

- responses of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed a diet supplemented with Aloe vera extract. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 16(3), pp.884–896.
50. Hassanzadazar, H., Taami, Aminzare, M., Daneshamooz, S., 2018. *Bunium persicum* (Boiss.) B. Fedtsch: An overview on phytochemistry, therapeutic uses and its application in the food industry. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 8(10), pp.150-158. DOI: 10.7324/JAPS.2018.81019
 51. Heidarieh, M., Mirvaghefi, A.R., Sepahi, A., Sheikhzadeh, N., Shahbazfar, A.A., Akbari, M., 2013. Effects of dietary Aloe Vera on growth performance, skin and gastrointestinal morphology in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13(2), pp.367-373. DOI: 10.4194/1303-2712-v13_2_20
 52. Heydari, M., Firouzbakhsh, F., Paknejad, H., 2020. Effects of *Mentha longifolia* extract on some blood and immune parameters, and disease resistance against yersiniosis in rainbow trout. *Aquaculture*, 515(2), pp.734586. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2019.734586
 53. Hoseini, S., M. and Yousefi, M., 2018. Beneficial effects of thyme (*Thymus vulgaris*) extract on oxytetracycline-induced stress response, immunosuppression, oxidative stress and enzymatic changes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*, 25(2), pp.298-309. DOI: 10.1111/anu.12853
 54. Hoseinifar, S.H., Shakouri, M., Doan, H.V., Shafiei, S., Yousefi, M., Raeisi, M., Yousefi, S., Harikrishnan, R., Reverter, M., 2020a. Dietary supplementation of lemon verbena (*Aloysia citrodora*) improved immunity, immune-related genes expression and antioxidant enzymes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish and Shellfish Immunology*, 99, pp.379–385. DOI: 10.1016/j.fsi.2020.02.006
 55. Hoseinifar, S.H., Shakouri, M., Yousefi, S., Van Doan, H., Shafiei, S., Yousefi, M., Mazandarani M., Torfi Mozanzadeh M., Tulino, M.G., Faggio, C., 2020b. Humoral S., Steiner, T., 2012. Assessment of dietary supplementation with carvacrol or thymol containing feed additives on performance, intestinal microbiota and antioxidant status of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 350–353, pp.26–32. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2012.04.027
 44. Golparvar, A.R., Hadipanah, A., Gheisari, M.M., Khaliliazar, R., 2016. Chemical constituents of essential oil of *Dracocephalum moldavica* L. and *Dracocephalum kotschy* Boiss. from Iran. *Acta agriculturae Slovenica*, 107(1), pp.25 – 31. DOI: 10.14720/aas.2016.107.1.03
 45. Grishin, A.V., Karyagina, A.S., Vasina, D.V., Vasina, I.V., Gushchin, V.A., Lunin, V.G., 2020. Resistance to peptidoglycan-degrading enzymes. *Critical Reviews in Microbiology*, 46(6), pp.703–726. DOI: 10.1080/1040841X.2020.1825333
 46. Hafsani, H., Bokov, D., Abdelbasse, W.K., Kadhim, M.M., Suksatan, W., Majdi, H.Sh., Widjaja, G., Turki Jalil, A., Qasim, M.T., Balvardi, M., 2022. Dietary *Dracocephalum kotschy* essential oil improved growth, haematology, immunity and resistance to *Aeromonas hydrophila* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Research*, 53(8), pp.3164–3175. DOI: 10.1111/are.15829
 47. Hajirezaee, S., Khanjani, M.H., 2022. Evaluation of dietary inclusion of *Bunium persicum* essential oil on growth, immune components, immune-related gene expressions and resistance to *Aeromonas hydrophila*, in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture Research*, 52(1), pp.4711–4723. DOI:10.1111/are.15305
 48. Hassanpouraghdam, M.B., Ghorbani, H., Esmaeilpour, M., Alford, M.H., Strzemiński, M., Dresler, S., 2022. Diversity and distribution patterns of endemic medicinal and aromatic plants of Iran: implications for conservation and habitat management. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3), pp.1552. DOI: 10.3390/ijerph19031552
 49. Haghighi, M., Sharif, R.M., Pourmoghim, H., Samadi, M., Tavoli, M., Eslami, M., Yusefi, R., 2017. Enhancement of immune

- aquaculture against IHNV infection by reducing viral adhesion to the epithelial cell surface. *Antiviral Research*, 195, pp.105192. DOI: 10.1016/j.antiviral.2021.105192
63. Lulijwa, R., Rupia, E.J., Alfaro, A.C., 2020. Antibiotic use in aquaculture, policies and regulation, health and environmental risks: a review of the top 15 major producers. *Reviews in Aquaculture*, 12(2), pp.640–663. DOI: 10.1111/raq.12344
64. Mahmoud, A.M., Yang, W., Bos, M.C., 2014. Soy isoflavones and prostate cancer: a review of molecular mechanisms. *Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*, 140, pp.116–132. DOI: 10.1016/j.jsbmb.2013.12.010
65. Majnooni, M.B., Fakhri, S., Ghanadian, S.M., Bahrami, G., Mansouri, K., Iranpanah, A., Farzaei, M.H., Mojarab, M., 2023. Inhibiting angiogenesis by anti-cancer saponins: from phytochemistry to cellular signaling pathways. *Metabolites*, 13(3), pp.323. DOI: 10.3390/metabo13030323
66. Manera, M., 2021. Exploratory factor analysis of rainbow trout serum chemistry variables. *International Journal of Environmental Research*, 18(4), pp.1537. DOI: 10.3390/ijerph18041537
67. Mansouri Taei, H., Hajimoradloo, A., Hoseinifar, S.H., Ahmadvand, H., 2017. The effects of dietary Myrtle (*Myrtus communis* L.) supplementations on growth performance and some innate immune responses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *International Journal of Aquatic Biology*, 5(4), pp.252–259. DOI: 10.22034/ijab.v5i4.331
68. Mehrabi, Z., Firouz bakhsh, F., 2020. Short-term effects of feeding powdered Aloe vera (*Aloe barbadensis*) and nettle (*Urtica dioica*) on growth performance and stimulation of innate immune responses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Comparative Clinical Pathology*, 29(3), pp.441–449. DOI: 10.1007/s00580-019-03068-w
69. Moazzami, A.A., Kamal-Eldin, A., 2006. Sesame seed is a rich source of dietary and skin mucosal immune parameters, intestinal immune related genes expression and antioxidant defense in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed olive (*Olea europea* L.) waste. *Fish and Shellfish Immunology*, 100, pp.171–178. DOI: 10.1016/j.fsi.2020.02.067
56. Hosseini Shekarabi, S.P., Javarsiani, L., Shamsaie Mehrgan, M., Dawood, M.A.O., Adel, M., 2022. Growth performance, blood biochemistry profile, and immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed dietary Persian shallot (*Allium stipitatum*) powder. *Aquaculture*, 548(3), pp.737627. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2021.737627
57. Hu, Y., Shan, L., Liu, H., Liu, L., Chen, J., 2021. Highly efficient inhibition of infectious hematopoietic necrosis virus replication mediated by a novel synthesized coumarin derivative in vitro and in vivo. *Aquaculture*, 545, pp.737281. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2021.737281
58. Imenshahidi, M., Hosseinzadeh, H., 2019. Berberine and barberry (*Berberis vulgaris*): a clinical review. *Phytotherapy Research*, 33(3), pp.504–523. DOI: 10.1002/ptr.6252
59. Khan, N., Mukhtar, H., 2007. Tea polyphenols for health promotion. *Life Sciences*, 81(7), pp.519–533. DOI: 10.1016/j.lfs.2007.06.011
60. Lameirão, F., Pinto, D., Vieira, E.F., Peixoto, A.F., Freire, C., Sut, S., Dall'Acqua, S., Costa, P., Delerue-Matos, C., Francisca Rodrigues, F., 2020. Green-sustainable recovery of phenolic and antioxidant compounds from industrial chestnut shells using ultrasound-assisted extraction: optimization and evaluation of biological activities in vitro. *Antioxidants*, 9(3), pp.267. DOI: 10.3390/antiox9030267
61. Liu, D., Meng, X., Wu, D., Qiu, Z., Luo, H., 2019. A natural isoquinoline alkaloid with antitumor activity: studies of the biological activities of berberine. *Front. Pharmacology*, 10(9), pp.1–12. DOI: 10.3389/fphar.2019.00009
62. Liu, L., Shan, L.P., Xue, M.Y., Lu, J.F., Hu, Y., Liu, G.L., Chen, J., 2021. Potential application of antiviral coumarin in

- benefits Functional Food-Improve Health through Adequate Food. *Intech Open Science: Rijeka, Croatia*. pp.23–41. DOI: 10.5772/intechopen.68862
76. Naderi Farsani, M., Hoseinifar, S.H., Rashidian, G., Ghafarifarsani, H., Ashouri, G., Van Doan, H., 2019. Dietary effects of *Coriandrum sativum* extract on growth performance, physiological and innate immune responses and resistance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) against *Yersinia ruckeri*. *Fish and Shellfish Immunology*, 91, pp.233–240. DOI: 10.1016/j.fsi.2019.05.031
77. Navarrete, P., Toledo, I., Mardones, P., Opazo, R., Espejo, R., Romero, J., 2010. Effect of *Thymus vulgaris* essential oil on intestinal bacterial microbiota of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) and bacterial isolates. *Aquaculture Research*, 41(10), pp.667–678. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2010.02590.x
78. Naylor, R.L., Hardy, R.W., Buschmann, A.H., Bush, S.R., Cao, L., Klinger, D.H., Little, D.C., Lubchenco, J., Shumway, S.E., Troell, M., 2021. A 20-year retrospective review of global aquaculture. *Nature*, 591, pp.551–563. DOI: 10.1038/s41586-021-03308-6
79. Nootash, S., Sheikhzadeh, N., Baradaran, B., Oushani, A.K., Maleki Moghadam, M.R., Nofouzi, K., Monfaredan, A., Aghebati, L., Zare, F., Shabanzadeh, S., 2013. Green tea (*Camellia sinensis*) administration induces expression of immune relevant genes and biochemical parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish and Shellfish Immunology*, 35(6), pp.1916–1923. DOI: 10.1016/j.fsi.2013.09.030
80. Oke, I.O., Dada, A.A., Saliu, O.R., Kuyoro, E.B., 2019. Dietary effects of *Desmodium* (*Desmodium adscendens*) leaves on the reproductive indices in African Catfish (*Clarias gariepinus*) broodstock. *Aquaculture Research*, 19(2), pp.133–137. DOI: 10.4194/2618-6381-v19_2_06
81. Oniszcuk, T., Oniszcuk, A., Gondek, E., 2019. Active polyphenolic compounds, nutrient contents and antioxidant capacity lignans. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 83(8), pp.719. DOI: 10.1007/s11746-006-5029-7
70. Mohamadi Saei, M., Beiranvand, K., Khalesi, M., Mehrabi, F., 2016. Effects of dietary savory and myrtle essential oils on growth, survival, nutritional indices, serum biochemistry, and hematology of farmed rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fry. *Journal of the World aquaculture Society*, 47(6), pp.779–785. DOI: 10.1111/jwas.12306
71. Mohammadalikhani, M., Shamsaie Mehrgan, M., Haghighi, M., Soltani, M., Kamali, A., 2020. Effects of dietary purslane (*Portulaca oleracea*) extract on growth performance, hematological indices and immune responses of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 19(5), pp.2660–2672. DOI: 10.22092/ijfs.2020.122576
72. Mokhtar, D.M., Zacccone, G., Alesci, A., Kuciel, M., Hussein, M.T., Ramy, K. A. Sayed, R.K.A., 2023. Main components of fish immunity: an overview of the fish immune system. *Fishes*, 8(2), pp.93. DOI: 10.3390/fishes8020093
73. Mougin, J., Lobanov, V., Danion, M., Roquigny, R., Goardon, L., Grard, T., Morin, T., Labbé, L., Joyce, L., 2023. Effects of dietary co-exposure to fungal and herbal functional feed additives on immune parameters and microbial intestinal diversity in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish and Shellfish Immunology*, 137, pp.108773. DOI: 10.1016/j.fsi.2023.108773
74. Mousavi, S., Sheikhzadeh, N., Tayefi-Nasrabadi, H., AlizadehSalteh, S., Khani Oushani, A., Firouzamandi, M., Mardani, K., 2020. Administration of grape (*Vitis vinifera*) seed extract to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) modulates growth performance, some biochemical parameters, and antioxidant-relevant gene expression. *Fish Physiology and Biochemistry*, 46(3), pp.777–786. DOI: 10.1007/s10695-019-00716-4
75. Mrduljaš, N., Krešć, G., Bilušć, T., 2017. Polyphenols: food sources and health

- enzymes activity and blood biochemical parameters. *Natural Product Research*, 34(17), pp.2413-2423. DOI: 10.1080/14786419.2018.1538994
89. Rashidian, G., Kajbaf, K., Prokić, M.D., Faggio, C., 2020. Extract of common mallow (*Malva sylvestris*) enhances growth, immunity, and resistance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fingerlings against *Yersinia ruckeri* infection. *Fish and Shellfish Immunology*, 96(3), pp.254-261. DOI: 10.1016/j.fsi.2019.12.018
90. Rashidian, G., Mahboub, H.H., Fahim, A., Hefny, A.H., Prokić, M.D., Rainis, S., Tahmasebi Boldaji, J., Faggio, C., 2022. Mooseer (*Allium hirtifolium*) boosts growth, general health status, and resistance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) against *Streptococcus iniae* infection. *Fish and Shellfish Immunology*, 120, pp.360-368. DOI: 10.1016/j.fsi.2021.12.012
91. Razavi, S.M., Janani, M., 2015. A new ester coumarin from *Ferula persica* wild, indigenous to Iran. *Natural Product Research*, 29(8), pp.717-721. DOI: 10.1080/14786419.2014.982650
92. Reverter, M., Bontemps, N., Lecchini, D., Banaigs, B., Sasal, P., 2014. Use of plant extracts in fish aquaculture as an alternative to chemotherapy: current status and future perspectives. *Aquaculture*, 433(4), pp.50-61. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2014.05.048
93. Reverter, M., Tapissier-Bontemps, Sarter, S., Sasal, P., Caruso, D., 2021. Moving towards more sustainable aquaculture practices: a meta-analysis on the potential of plant-enriched diets to improve fish growth, immunity and disease resistance. *Reviews in Aquaculture*, 13(1), pp.537-555. DOI: 10.1111/raq.12485
94. Rufchaei, R., Mirvaghefi, A.R., Hoseinifar, S.H., Valipour, A.R., Nedaei, Sh., 2020. Effects of dietary administration of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) leaves extracts on innate immune parameters, antioxidant defence and disease resistance in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 515, of extruded fish feed containing purple coneflower (*Echinacea purpurea*). *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(1), pp.24-30. DOI: 10.1016/j.sjbs.2016.11.013
82. Oroji, E., Shamsaie Mehrgan, M., Rajabi Islami, H., Sharifpour, I., 2021. Dietary effect of *Ziziphora clinopodioides* extract on zootechnical performance, immune response, and disease resistance against *Yersinia ruckeri* in *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture Reports*, 21, pp.100827, 1-9. DOI: 10.1016/j.aqrep.2021.100827
83. Panche, A., Diwan A. and Chandra S., 2016. Flavonoids: an overview. *Journal of Nutritional Science*, 5(e47), pp.1-15. DOI: 10.1017/jns.2016.41
84. Polumackanycz, M., Alexandros Petropoulos, S., Añibarro-Ortega, M., Pinela, J., Barros, L., Plenis, A., Viapiana, A., 2022. Chemical composition and antioxidant properties of common and lemon verbena. *Antioxidants*, 11(11), pp.2247. DOI: 10.3390/antiox11112247
85. Pourmoghim, H., Haghighi, M., Sharif Rohani, M., 2015. Effect of Dietary inclusion of *Origanum vulgare* extract on nonspecific immune responses and Hematological Parameters of Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 4(3), pp.33-39.
86. Ramesh, D., Souissi, S., 2018. Antibiotic resistance and virulence traits of bacterial pathogens from infected freshwater fish, *Labeo rohita*. *Microbial Pathogenesis*, 116, pp.113-119. DOI: 10.1016/j.micpath.2018.01.019
87. Ramezanzadeh, S., Abedian Kenari, A., Esmaeili, M., 2020. Immunohematological parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed supplemented diet with different forms of barberry root (*Berberis vulgaris*). *Comparative Clinical Pathology*, 29(1), pp.177-187. DOI: 10.1007/s00580-019-03032-8
88. Rashidian, G., Bahrami Gorji, S., Naderi Farsani, M., Prokić, M.D., Faggio, C., 2018. The oak (*Quercus brantii*) acorn as a growth promotor for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): growth performance, body composition, liver

- enzyme activities in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles fed diets supplemented with sage, mint and thyme oils. *Fish Physiology and Biochemistry*, 41(1), pp.165–175. DOI: 10.1007/s10695-014-0014-9
102. Srivastava, P.K., Pandey, A.K., 2015. Role of immunostimulants in immune responses of fish and shellfish. *Biochemical and Cellular Archives*, 15(1), pp.47-73.
103. Stratev, D., Zhelyazkov, G., Noundou, X.S., Krause, R.W.M., 2018. Beneficial effects of medicinal plants in fish diseases. *Aquaculture International*, 26(1), pp.289–308. DOI: 10.1007/s10499-017-0219-x
104. Sun, S.S., Ma, S.W., Li, J., Zhang, Q., Zhou, G.Z., 2023. Review on the antiviral organic agents against fish Rhabdoviruses. *Fishes*, 8(1), pp.1-14. DOI: 10.3390/fishes8010057
105. Sutili, F.J., Gatlin III, D.M., Heinzmann, B.M., Baldisserotto, B., 2018. Plant essential oils as fish diet additives: benefits on fish health and stability in feed. *Reviews in Aquaculture*, 10(3), pp.716-726. DOI: 10.1111/raq.12197
106. Tadese, D.A., Song, C., Sun, C., Liu, B., Liu, B., Zhou, Q., Xu, P., Ge, X., Liu, M., i Xu, X., Tamiru, M., Zhou, Z., Lakew, A., Kevin, N.T., 2021. The role of currently used medicinal plants in aquaculture and their action mechanisms: a review. *Review in Aquaculture*, 14(2), pp.816 -847. DOI: 10.1111/raq.12626
107. Taheri Mirghaed, A., Hoseini, S.M., Hoseinifar, S.H., Doan, H.V., 2020. Effects of dietary thyme (*Zataria multiflora*) extract on antioxidant and immunological responses and immune-related gene expression of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles. *Fish & Shellfish Immunology*, 106, pp.502-509. DOI: 10.1016/j.fsi.2020.08.002
108. Terzi, E., Kucukkosker, B., Bilen, S., Kenanoglu, O.N., Corum, O., Özbek, M., Parug, S.S., 2021. A novel herbal immunostimulant for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) against *Yersinia ruckeri*. *Fish and Shellfish Immunology*, 110, pp.55–66. DOI: pp.734533. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2019.734533
95. Saeidi asl, M.R, Adel, M., Caipang, C.M.A., Dawood, M.A.O., 2017. Immunological responses and disease resistance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles following dietary administration of stinging nettle (*Urtica dioica*). *Fish and Shellfish Immunology*, 71, pp.230-238. DOI: 10.1016/j.fsi.2017.10.016
96. Sahoo, S., Banu, H., Prakash, A., Tripathi, G., 2021. Immune system of fish: An evolutionary perspective. In *Antimicrobial Immune Response; del Mar Ortega-Villaizan, M., Chico, V., Eds.; IntechOpen: London, UK, p. 1. Available online: https://www.intechopen.com/chapter/78026*.
97. Shalvei, F., Nematollahi, A., Naderi-Farsani, H.R., Rahimi, R., Kaboutari katadj, J., 2017. Effect of ethanolic extract of *Zingiber officinale* on growth performance and mucosal immune responses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*, 23(4), pp.814-821. DOI: 10.1111/anu.12448
98. Shokoohinia, Y., Sajjadi, S.E., Gholamzadeh, S., Fattahi, A., Behbahani, M., 2014. Antiviral and cytotoxic evaluation of coumarins from *Prangos ferulacea*. *Pharmaceutical Biology*, 52(12), pp.1543–1549. DOI: 10.3109/13880209.2014.907322
99. Soltani, M., Lymbery, A., Song, S.K., Hosseini Shekarab, P., 2019. Adjuvant effects of medicinal herbs and probiotics for fish vaccines. *Reviews in Aquaculture*, 11(4), pp.1325-1341. DOI: 10.1111/raq.12295
100. Soltanian, M., Faghani Langrod, H., Mohammad Nejad, M., 2019. The use of *Zingiber officinale* extract against *Yersinia ruckeri* and its effects on the antioxidant status and immune response in *Oncorhynchus mykiss*. *International Journal of Aquatic Biology*, 7(5), pp.301-314. DOI: 10.22034/ijab.v7i5.630
101. Sonmez, A. Y., Bilen, S., Alak, G., Hisar, O., Yanik, T., Biswas, G., 2015. Growth performance and antioxidant

- 10.1111/are.13161
115. Wang, H., Hu, Y., Song, D.S., Shan, L.P., Liu, L., 2021. Synthesis and application of a potential therapeutic coumarin derivative against IHNV in aquaculture. *Aquaculture*, 543(31), pp.736999. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2021.736999
 116. Yılmaz, S., Ergün S., 2018. Trans-cinnamic acid application for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): I. Effects on haematological, serum biochemical, non-specific immune and head kidney gene expression responses. *Fish and Shellfish Immunology*, 78(1), pp.140–157. DOI: 10.1016/j.fsi.2018.04.034
 117. Yılmaz, S., Çoban, N., Ergun, S., Yigit, M., Çelik, E.S., 2019a. Combined effects of dietary *Bacillus subtilis* and Transcinnamic acid on growth performance, whole body compositions, digestive enzymes and intestinal bacteria in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Zoological Research*, 1(2), pp.17–25. DOI: 10.30564/jzr.v1i2.1682
 118. Yılmaz, S., Ergün, S., Şanver Çelik, E., Yigit M., Bayazit C. 2019b. Dietary trans-cinnamic acid application for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): II. Effect on antioxidant status, digestive enzyme, blood biochemistry and liver antioxidant gene expression responses. *Aquaculture Nutrition*, 25(6), pp.1207–1217. DOI: 10.1111/anu.12935
 119. Yılmaz, E., 2020. Effect of dietary carob (*Ceratonia siliqua*) syrup on blood parameters, gene expression responses and ammonia resistance in tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Research*, 51(5), pp.1903–1912. DOI: 10.1111/are.14540
 120. Yonar M.E., Mişe Yonar, S., İspir, Ü., Ural, M.Ş., 2019. Effects of curcumin on haematological values, immunity, antioxidant status and resistance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) against *Aeromonas salmonicida* subsp. *achromogenes*. *Fish and Shellfish Immunology*, 89, pp.83–90. DOI: 10.1016/j.fsi.2019.03.038
 121. Yousefi, M., Ghafarifarsani, H., 10.1016/j.fsi.2020.12.019
 109. Trattner, S., Kamal-Eldin, A., Brännäs, E., Moazzami, A., Zlabek, V., Larsson, P., Ruyter, B., GjØen, T. and, Pickova, J., 2008. Sesamin supplementation increases white muscle Docosaehxaenoic Acid (DHA) levels in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed high alpha-linolenic acid (ALA) containing vegetable oil: metabolic Actions. *Lipids*, 43(11), pp.989–997. DOI: 10.1007/s11745-008-3228-8
 110. Ullah, N., Parveen, A., Bano, R., 2016. In vitro and in vivo protocols of antimicrobial bioassay of medicinal herbal extracts: a review. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 6(8), pp.660-667. DOI:10.1016/S2222-1808(16)61106-4
 111. Vazirzadeh, A., Dehghan, F., Kazemeini, R., 2017. Changes in growth, blood immune parameters and expression of immune related genes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in response to diet supplemented with *Ducrosia anethifolia* essential oil. *Fish and Shellfish Immunology*, 69, pp.164-172. DOI: 10.1016/j.fsi.2017.08.022
 112. Vestergren, A.S., Trattner, S., Pan, J., Johnsson, P., Kamal-Eldin, A, Brännäs, E., Moazzami, A.A., Pickova, J., 2013. The effect of combining linseed oil and sesamin on the fatty acid composition in white muscle and on expression of lipidrelated genes in white muscle and liver of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture International*, 21(4), pp.843–859. DOI:10.1007/s10499-012-9511-y
 113. Vijayaram, S., Sun, Y.Z., Zuurro, A., Ghafarifarsani, H., Van Doan, H., Hoseinifar, S.H., 2022. Bioactive immunostimulants as health-promoting feed additives in aquaculture: A review. *Fish and Shellfish Immunology*, 130(6), pp.294-308. DOI: 10.1016/j.fsi.2022.09.011
 114. Wang, W., Sun, J., Liu, C., Xue, Z., 2017. Application of immunostimulants in aquaculture: current knowledge and future perspectives. *Aquaculture Research*, 48(1), pp.89039039. DOI: □ □

- Hoseini, S.M., Hoseinifar, S.H., Abtahi, B., Vatnikov, Y.A., Kulikov, E.V., Van Doan, H., 2022. Effects of dietary thyme essential oil and prebiotic administration on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) welfare and performance. *Fish and Shellfish Immunology*, 120(2), pp.737–744. DOI: 10.1016/j.fsi.2021.12.023
122. Zargar, A., Rahimi-Afzal, Z., Soltani, E., Taheri Mirghaed, A., Ebrahimzadeh-Mousavi, H.A., Soltani, M., Yuosefi, P., 2019. Growth performance, immune response and disease resistance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed *Thymus vulgaris* essential oils. *Aquaculture Research*, 50(6), pp.3097–3106. DOI:10.1111/are.14243
123. Zeilab Sendijani, R., Abedian Kenari, A., Smiley, A.H., 2020. The effect of extract from dill *Anethum Graveolens* on the growth performance, body composition, immune system, and antioxidant system of rainbow trout. *North American Journal of Aquaculture*, 82(2), pp.119-131. DOI: 10.1002/naaq.10123
124. Zhang, W., Zhao, J., Ma, Y., Li, J., Chen, X., 2022. The effective components of herbal medicines used for prevention and control of fish diseases. *Fish and Shellfish Immunology*, 126(1), pp.73–83. DOI:10.1016/j.fsi.2022.05.036
125. Zhou, L., Limbu, S., Shen, M., Zhai, W., Qiao, F., He, A., Du, Z.Y., Zhang, M., 2018. Environmental concentrations of antibiotics impair zebrafish gut health. *Environmental Pollution*, 235, pp.245-254. DOI: 10.1016/j.envpol.2017.12.073