JAER

2026, 2(3): 73-82

Journal of Animal Environmental Reaserch

Journal homepage: http://www.journalaer.com

Review Article

An overview of the use of medicinal plants as growth and immune stimulants in farmed fish

Masud Koosha, Mehdi Mohammad Alikhani *, Saltanat Najjar Lashgari

Coldwater Fisheries Research Center, Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tonekabon, Iran

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

Key Words

Medicinal plants
Growth
Immune stimulant
Farmed fish

Article info

* Corresponding Author's email:
m.mohammadalikahni1982@gmail.com

Received: 22 May 2025
Reviewed: 24 June 2025
Revised: 27 August 2025
Accepted: 4 October 2025

Abstract

The development of aquaculture and the increasing demand for aquatic animals have led to an increase in the density of fish in ponds, resulting in increased stress on aquatic animals and an increase in the prevalence of diseases. Although many chemical drugs have been widely used to prevent and treat diseases. But these drugs cause many negative effects such as environmental pollution, harm to human health, resistance in bacterial species, and accumulation in aquatic body tissues. On the other hand, the use of chemicals and hormones due to side effects, accumulation in fish tissue, high cost, and difficult access to them, requires appropriate replacement with natural compounds such as plant extracts. Therefore, it seems necessary to replace less harmful substances, such as plant products. Natural plant products are very rich sources of compounds such as alkaloids, flavonoids, pigments, phenols, terpenoids, steroids and volatile oils, which have numerous properties such as anti-stress, antifungal, antimicrobial, improving growth performance, stimulating appetite, strengthening the immune system, strengthening or weakening reproductive function in aquatic animals. Therefore, it is better to manage diseases in aquaculture based on sustainable and environmentally friendly methods. In this article, the use of medicinal plants as available, cheap and environmentally friendly resources for enhancing health with emphasis on growth and safety in farmed fish is discussed.

[DOI: 10.22034/aer.2.4.73]

مقاله مروری

مروری بر استفاده از گیاهان دارویی به‌عنوان محرک رشد و ایمنی در ماهیان پرورشی

مسعود کوشا، مهدی محمدعلی خانی، سلطنت نجار لشگری*

مرکز تحقیقات ماهیان سردآبی، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تنکابن، ایران

کلمات کلیدی

گیاهان دارویی
رشد
محرک ایمنی
ماهیان پرورشی

چکیده

توسعه آبزی پروری و افزایش تقاضا برای آبزیان، باعث افزایش تراکم پرورشی در استخرها و در نتیجه افزایش استرس به‌آبزیان و همچنین افزایش شیوع بیماری‌ها شده است. اگرچه تاکنون داروهای شیمیایی زیادی به‌طور گسترده برای جلوگیری از بروز بیماری‌ها و درمان آن‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند. اما این داروها باعث اثرات منفی زیادی از قبیل آلودگی محیط زیست، ایجاد ضرر برای سلامتی انسان، ایجاد مقاومت درگونه‌های باکتریایی و انباشته شدن در بافت‌های بدن آبزیان می‌شوند. از طرفی استفاده از مواد شیمیایی و هورمون‌ها به دلیل عوارض جانبی، تجمع در بافت ماهی، هزینه بالا، دسترسی دشوار به آنها، نیاز به جایگزینی مناسب با ترکیبات طبیعی از قبیل عصاره‌های گیاهی احساس می‌شود. لذا جایگزین کردن مواد کم ضررتر از جمله فرآورده‌های گیاهی ضروری به‌نظر می‌رسد. فرآورده های گیاهی طبیعی منابع بسیار غنی از ترکیباتی مانند آلکالوئیدها، فلاونوئیدها، رنگدانه ها، فنول، ترپنوئیدها، استروئیدها و روغن‌های فرار هستند، که دارای خواص متعدد از قبیل ضداسترس، ضد قارچ، ضد میکروب، بهبود عملکرد رشد، محرک اشتها، تقویت سیستم ایمنی بدن، تقویت یا تضعیف عملکرد تولیدمثلی در آبزیان می‌باشند. از این رو بهتر است که مدیریت بیماری‌ها در آبزی‌پروری برپایه روش‌های پایدار و دوستدار محیط زیست باشد. دراین مقاله استفاده از گیاهان دارویی به‌عنوان منابع در دسترس، ارزان و دوستدار محیط زیست برای افزایش سلامت با تاکید بر رشد و ایمنی در ماهیان پرورشی مورد بحث قرار گرفته است.

* پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
m.mohammadalikahni1982@gmail.com

تاریخ دریافت: ۵ آذر ۱۴۰۴
تاریخ داوری: ۷ دی ۱۴۰۴
تاریخ اصلاح: ۹ اسفند ۱۴۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۶ فروردین ۱۴۰۵

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/aer.2.4.73]

مقدمه

آبزی‌پروری یکی از بخش‌های اصلی تولید منابع پروتئین جانوری در جهان است. در سال ۲۰۲۲ میلادی، تولید جهانی ۱۷۸ میلیون تن تخمین زده شده است (۱۷). با این وجود، فعالیت‌های آبزی‌پروری متراکم منجر به آلودگی زیست‌محیطی و متعاقب آن بروز بیماری‌ها شده است (۴۰)، که خود موجب سرکوبی رشد و تضعیف سلامت ماهیان می‌گردد. از این‌رو، مواجهه ماهیان با گستره وسیعی از عوامل بیماری‌زا منجر به ضرر اقتصادی چشمگیر و افت راندمان تولید می‌گردد (۵۸). نظر به توسعه روزافزون تولید ماهیان پرورشی در کشور، توجه به ارتقاء سلامتی و پیشگیری از بروز انواع بیماری‌ها در ماهیان مذکور امری اجتناب ناپذیر می‌باشد. این در حالی‌است که امروزه به دلیل تقاضای روزافزون این ماهیان در بازارهای داخلی و بین‌المللی و نیز به دلیل رقابت در عرصه بازارهای جهانی، ضروری است که پرورش دهندگان بتوانند با استفاده از بهترین روش‌ها، بر خسارات ناشی از انواع عوامل تهدید کننده سلامت ماهیان فائق آیند. عوامل مختلف بیماری‌زا علاوه بر ایجاد خسارات سنگین به پرورش دهندگان، می‌توانند موجب افزایش هزینه‌های درمانی، افزایش مقاومت باکتری‌ها در برابر آنتی بیوتیک‌ها، خطرات ناشی از تجمع داروها و مواد شیمیایی ضدعفونی کننده در ماهیان تحت درمان شوند. لذا، افزایش مقاومت طبیعی ماهیان در برابر عوامل بیماری‌زا و نیز آلودگی‌های زیست‌محیطی یکی از ضروریات است. در چند دهه اخیر استفاده از گیاهان دارویی با توجه به مزیت‌های متعدد ازجمله آثار جانبی کم‌تر بر موجود زنده و محیط زیست، عدم ایجاد مقاومت دارویی، ارزان بودن، پایدار و در دسترس بودن توجهات زیادی را در سطح جهان به‌ویژه کشورهای پیشرفته به‌خود جلب نموده است (۱۰). با توجه به این امر، در سال‌های اخیر استفاده از محرک‌های ایمنی و رشد نظیر گیاهان دارویی و پروبیوتیک‌ها در تغذیه ماهیان پرورشی بدلیل ماهیت طبیعی و اثرات مثبت‌شان در افزایش فعالیت مکانیسم‌های دفاعی و ایجاد مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا، ارزش اقتصادی، کم بودن هزینه تولید آن‌ها، نداشتن اثرات تخریبی بر محیط زیست و کاهش عوارض جانبی داروهای گیاهی در مقایسه با داروهای شیمیایی منجر شده تا این منابع ارزشمند به‌عنوان یک جایگزین مناسب داروهای شیمیایی کاربرد یابند (۸۳). این گیاهان به‌خصوص اگر از گیاهان بومی منطقه باشند، ارزان و در دسترس هستند. از این‌رو در بین محرک‌های ایمنی متعدد، محرک‌های ایمنی با منشأ گیاهی ارجحیت دارند. این مقاله هم‌چنین بر برخی خلاءهای تحقیقاتی موجود در زمینه کاربرد گیاهان دارویی و تاثیر آن بر دورنمای استفاده از این ترکیبات در گونه‌های ماهیان تاکید دارد.

مکانیسم عملکرد گیاهان دارویی در ماهیان پرورشی:

گلبول‌های سفید و سیستم‌های ماکروفاژ - مونوسیت نقش پیش‌رو در سیستم ایمنی غیراختصاصی در اندام‌های ایمنی دارند. به‌علاوه، می‌توانند به‌صورت مستقیم تولید آنتی‌بادی را بهبود دهند و در پاسخ ایمنی اختصاصی مشارکت کنند (۵۱) .گیاهان دارویی فعالیت زیستی بیش‌تری از یک ترکیب خاص نشان می‌دهند، که به‌خاطر غنی‌بودن آن ها از متابولیت‌های ثانویه مانند روغن‌های ضروری، ساپونین‌ها، فنل‌ها، تانن‌ها، آلکالوئیدها، پلی‌پپتیدها و پلی‌ساکاریدهاست (جدول ۱). این متابولیت‌های ثانویه نقش اصلی در کاهش استرس، افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و تقویت سیستم ایمنی دارند، که این کار را از طریق تنظیم شناسایی پروتئین‌های مختلف، اتصال آن‌ها، تاثیر بر فعالیت کاتالیزوری‌شان و ایجاد تغییرات در چرخه زیستی پروتئین‌ها و DNA انجام می‌دهند. متابولیت‌های ثانویه شامل گروه‌های عاملی واکنشی متعددی از جمله آلدهید و گروه‌های دارای عامل SH (گروه‌های تیول یا سولفانیل)، اکسپوسیدها (حلقه سه اتمی شامل دو کربن و یک اکسیژن)، پیوندهای دوگانه و سه‌گانه غیرکووالانسی هستند، که می‌تواند به‌صورت پیوند کووالانسی با پروتئین‌ها، پپتیدها و حتی DNA پیوند یابند (۸۶). با اتصال این گروه‌های عاملی به لیگاندهای موجود در مکان‌های اتصال یا محل کاتالیزوری گیرنده‌ها و آنزیم‌های مختلف موجب تغییر واکنش‌های مولکولی می‌شود، که این امر باعث ایجاد تغییر در فرآیندهای شناسایی پروتئین- پروتئین و اتصال آن‌ها، فعالیت کاتالیزوری‌شان و میزان گردش پروتئینی می‌گردد. از میان متابولیت‌های ثانویه، گلیکوزیدها (هر ترکیب طبیعی که در بخش کربوهیدراتی خود دارای یک یا چند مولکول قندی بوده، که این بخش با یک ترکیب هیدروکسی پیوند دارد) می‌توانند سیستم رتیکواندوتلیال (بیگانه خواری) و کمپلمان را فعال کنند، سلول‌های ایمنی را فعال کرده و سیتوکین‌های مختلف را تحریک نمایند تا موجب تقویت سیستم ایمنی گردند. آلکالوئیدها (ترکیبات آلی طبیعی شامل حداقل یک اتم نیتروژن) می‌توانند ایمنی خونی و سلولی را بهبود داده و عمل فاگوسیتوز ماکروفاژها را تحریک کنند. پلی‌ساکاریدها می‌توانند تولید سلول‌های ایمنی را بهبود دهند. ترکیبات فنلی مختلف و ترپنوئیدها می‌توانند به پیوندهای دوگانه متصل شوند و از تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول‌ها و بافت‌ها جلوگیری کنند. به عنوان مثال، فنیل پروپانوئیدها و گالوتانن‌ها شامل گروه‌های هیدروکسیل فنلی متعددی هستند، که ثابت شده دارای فعالیت‌های ضدالتهابی و ضدویروسی‌اند و این کار را از طریق واکنش با طیف وسیعی از پروتئین‌های موجود در میکروب‌ها و جانوران انجام می‌دهند (۷۸). سایر ترکیبات فعال گیاهان دارویی شامل اِمودین (۶- متیل- ۸،۳،۱ تری هیدروکسی آنتراکوئینون به‌طورعمده به دست آمده از ریواس

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]
[DOI: 10.22034/aer.2.4.73]

خوراکی (*Rheum palmatum*)، جنپساید (نوعی گلیکوزید) و کورکومین می‌تواند موجب فعالیت‌های ضدمیکروبی و محرک ایمنی از طریق اتصال به گیرنده‌های پروتئین غشایی و کانال‌های یونی گردند (۲۴، ۷۵).

جدول ۱: برخی ازمنابع گیاهان دارویی و ترکیبات فعال آن‌ها

Table 1: Some sources of medicinal plants and their active compounds

Medicinal plant	Family	Used section	Active ingredients	Refrence
A. aspera	Amaranthaceae	Seeds	No information	8
A. sativum	Amaryllidaceae	Onion	Allicin	48
Andrographis paniculata	Acanthaceae	Leaf	Arabinogalactan proteins and andrographolides	59
Artemisia argyi	Compositae	Leaf	No information	31
Asparagopsis taxiformis	Bonnemaisoniaceae	Sea grass	Alkanes, Alkenes, Alkines and Halogenated acrylic acids	32
A. membranaceus	Fabaceae	No information	Polysaccharides, Monosaccharides, Flavonoids and Alkaloids	92
Bupleurum chinense	Umbelliferae	Root	Saikosaponins, Essential oils, and Polysaccharides	88
Caesalpinia sappan	Leguminosae	Rhizome	No information	31
Camellia sinensis	Theaceae	Leaves and buds	Catechins	81
Carica papaya	Caricaceae	Grain	Papain protease, Cyanogenic glucoside and quercetin pigment	14
Cinnamomum cassia	Lauraceae	Tree bark	Cinnamic aldehyde, Cinnamon oil, eugenol, Salicylaldehyde	35
Citrus medica	Rutaceae	Fruit	Limonene, Geraniol and Renal	30
Clematis chinensis	Ranunculaceae	Root	Saponins	31
C. longa	Zingiberaceae	No information	Polysaccharides	62

آمین‌ها شامل اتم‌های نیتروژن هستند که می‌تواند به باکتری‌ها، قارچ‌ها و ویروس‌ها متصل شوند(۲۴، ۷۵، ۷۸، ۸۷).لکتین در گیاهان دارویی می‌تواند از طریق شناسایی پاتوژن‌ها به‌وسیله پیوند اختصاصی با گلیکوپروتئین‌های موجود در سطح پاتوژن‌ها، فعالیت کارکردی داشته باشد (۱۱). به‌علاوه، برخی ژن‌های مخصوص یا مسیرهای متابولیکی به‌عنوان هدف فعال متاثر از عصاره‌های گیاهی یا ترکیبات فعال آن‌ها برای تحریک سیستم ایمنی در جانوران آبزی گزارش شده‌اند. به‌عنوان یک ترکیب فعال موثر از نوع عصاره آنتراکوئینون، ماده موثر اِمودین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در ماهی سیم ووچانگ (Wuchang bream) (*Megalobrama amblycephala*) از خانواده کپورماهیان را با هدف قراردادن مسیر سیگنالی NF-KB (عامل ترانسکریپتی مهم که تنظیم کننده ژن‌های مسئول در ایمنی اختصاصی و غیراختصاصی است) بهبود بخشید (۷۲) و موجب القای دفاع آنتی‌اکسیدانی در لکوسیت‌های خونی محیطی با سیگنال‌دهی NRF۲-KEAP۱ (مسیر پاسخ محافظتی اصلی به تنش‌های اکسیداتیو و الکتروفیلیک) در *M. amblycephala* به‌صورت برون‌تنی شد. به علاوه، اِمودین با بهبود ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و متابولیکی مانع اثرات منفی استفاده از روغن ماهی اکسیدشده در جیره از طریق سیگنال‌دهی PPARs (خانواده‌ای از گیرنده‌های هسته‌ای‌اند که نقش مهمی در هومئوستازی انرژی و فرآیندهای متابولیکی دارند) و NRF۲-KEAP۱ در *M. amblycephala* گردید (۷۴). ازنظر فعالیت ضدباکتریایی، ATPE (ATP خارج سلولی واقع در سطح غشای سلول‌ها)، METK (سیگنال‌های وابسته به MET در مسیرهایی سازماندهی می‌شوند که اطلاعات بیوشیمیایی را از غشای سلولی - جایی که MET در آن قرار دارد- به هسته، جایی که تنظیم بیان ژن رخ می‌دهد، منتقل می‌کند) و SECB (یک همراه مولکولی در باکتری‌های گرم منفی دخیل در انتقالات پساترجمه‌ای پروتئین‌ها از غشای سیتوپلاسمی به بیرون) به‌عنوان اهداف احتمالی برای اِمودین علیه بیماری‌زایی باکتری *Aeromonas hydrophila* شناسایی شده‌اند (۹۵). یکی از مشتقات *Imidazole arctigenin* با نام علمی ۴-(۸-(۲-اتیل ایمیدازول)اُکتیل اُکسی)- آرکتیجنین توانست پاسخ ضدالتهابی در قزل‌آلای رنگین‌کمان آلوده غیرویروسی از طریق تنظیم اینترلوکین ۸، اینترلوکین ۱۲P۴۰ و عامل نکروز توموری آلفا نشان دهد (۲۹). بنابراین، متابولیت‌های ثانویه می‌توانند به‌عنوان داروهای چندگانه برای مقابله با گستره‌ای از بیماری‌ها مورد استفاده قرار گیرند (۲۸). برخی نتایج در جدول ۲ خلاصه شده است.

جدول ۲: خلاصه مکانیسم عمل گیاهان دارویی در ماهیان پرورشی

Table 2- Summary of the mechanism of action of medicinal plants in farmed fish

Name of the plant	Active compound	Concentration	Species	Mechanism of action	Refrence
B. yinchowense	Salicosaponin D	6 mg/kg	*C. carpio*	SVCV disease prevention by cell death signaling	66
I. verum	extract	125-500 mg/kg	*A. rogaraa*	Prevention of SVCV disease by the major capsid protein	46
R. officinale	Emodin	30 mg/kg	*M. amblycephala*	Improving oxidative resistance through the Nrf2 signaling pathway by targeting miR-144	73
M. officinalis Rehd	Magnolol	0.5 mg/L for bath therapy; 50 mg/L for intraperitoneal injection	*C. idella*	Inhibition of GCRV by cell death, Toll pathway signaling (response to infection), and mitogen-activated protein kinases in kidney cells	9

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/aer.2.4.73]

استفاده از گیاهان دارویی به‌عنوان محرک رشد: یکی از اثرات تنظیمی گیاهان دارویی بهبود رشد است (جدول ۳). ثابت شده است محرک‌های رشد ترشح آنزیم‌های گوارشی را افزایش می‌دهد، که این خود منجر به افزایش بقا و رشد ماهیان می‌شود. در مقابل آنتی بیوتیک‌ها، داروهای گیاهی دارای خصوصیات ارزشمندی چون غنی بودن از آمینواسیدها، چربی‌ها، ویتامین‌ها و برخی ترکیبات نامشخص دیگر هستند، که می‌تواند رشد و متابولیسم جانوران آبزی را بهبودبخشد (۹۴). عصاره زنجبیل (*Zingiber officinale*) و آلوئه‌ورا (*Aloe vera*) عملکرد رشد و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در ماهی کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) را بهبود بخشید (۳۴، ۴۱). جیره حاوی عصاره قاصدک معمولی (*Taraxacum officinale*) موجب بهبود رشد در قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) شد (۳۸). در مطالعه دیگری نشان داده شد، که استفاده از عصاره خشک خرفه (*Portulaca oleracea*) در سطح یک درصد در جیره موجب افزایش وزن بدن و کاهش ضریب تبدیل غذایی در بچه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) گردید (۴۹). گزارشات نشان داده است که عصاره‌های گیاهی متعددی موجب افزایش اشتها و وزن به‌دست آمده در ماهیان پرورشی می‌گردد (۴۷، ۵۶). در یک مطالعه دیگر نشان داده شد که سطوح مختلف اِمودین در ماهی روهو (*Labeo rohita*) وزن به‌دست‌آمده را افزایش داد و خصوصیات ایمنی ازجمله سطح فعالیت فاگوسیتوزی، انفجار تنفسی، لیزوزیم، سوپراکسیداز دیسموتاز و کمپلمان جایگزین را بهبود بخشید (۱۹). مطالعات زیادی نشان دادند که گیاهان دارویی توانسته‌اند عملکرد رشد را بهبود دهند، ازجمله عصاره گیاه *Pedalium murex* در ماهیان انگشت قد روهو (*Labeo rohita*) (۵۴)، پودر گیاه *Ferula asafoetida* در *Cyprinus carpio koi* (۶۱)، گیاه *Curcuma longa* در تیلاپیای نیل (۶۳) (*Oreochromis niloticus*)؛ گل کاه خاردار (*Achyranthes aspera*) به‌مقدار ۰/۵ درصد در ماهی روهو انگشت‌قد (۶۵) (*L. rohita*)؛ پودر پیاز (*Allium cepa*) به‌مقدار ۱۰ گرم درکیلوگرم جیره‌درکپور مریگال (*Cirrhinus mrigala*) انگشت‌قد (۶۷))؛ گیاه *A. aspera* به‌مقدار ۰/۵ درصد در ماهی روهو (۶۸) (*L. rohita*)؛ عصاره قاصدک معمولی (*T. officinale*) به‌مقدار ۰/۸ درصد در کپورمعمولی (۶۹) (*C. carpio*)؛ کدو حلوایی به‌مقدار ۱ ٪ در گربه ماهی آفریقایی (*Clarias gariepinus*) (۳۳)؛ سالیدروسایدبه‌مقدار ۱۰۰ میلی‌گرم‌درکیلوگرم‌درکپور معمولی (۹۱) (*C. carpio*)؛ عصاره گیاه *Eucommia ulmoides* به‌مقدار ۴۰ گرم‌درکیلوگرم‌درقزل‌آلای‌رنگین‌کمان (۴۳) (*O. mykiss*)؛ کورکومین به‌مقدار ۱۲۰ میلی گرم در کیلوگرم در کپور معمولی (*C. carpio*) (۹۶). براین اساس، بهبوددهنده رشد در ارتباط نزدیک با نقش‌های تنظیمی مانند متابولیسم، ظرفیت آنتی‌اکسیدان، ظرفیت ایمنی، ضد استرس، ضدویروس، ضدباکتری و ضدانگلی است. یک تنظیم متعادل از بین این متابولیسم‌ها برای ماهیان نیاز است. بنابراین، محققان بایستی توجه خود را بر روی این جنبه‌ها برای استفاده از گیاهان دارویی در آبزی‌پروری معطوف نمایند.

جدول ۳: تعدادی از مطالعات انجام شده درخصوص اثرات گیاهان دارویی به‌عنوان محرک رشد در ماهیان

Table 3: A number of studies conducted on the effects of medicinal plants as growth stimulants in fish

Name of the plant	Active compound	Concentration	Fish species	Performance	Refrence
Y. schidigera	Extract	0.75 mg/l	*C. carpio*	Improved growth and survival under ammonia stress	12
A. vera	Extract	0.4%	*C. carpio*	Improved growth, Blood parameters and Antioxidants	34
P. murex	Extract	0.1%	*L. rohita*	Improved weight gain and specific growth rate	54
F. asafoetida	Powder	20-25 g/kg	*C. carpio*	Improve growth	61
C. longa	Powder	4%	*O. niloticus*	Improve growth	63
A. aspera	Powder	0.5%	*L. rohita*	Improve growth	65
A. cepa	Powder	10 g/kg	*C. mrigala*	Improve growth	67
T. officinale	Extract	0.8%	*C. carpio*	Improve growth	69
Z. officinale	Powder	0.8%	*L. rohita*	Improve growth	79
S. Senecio	Extract	0.05-0.1%	*C. altivelis*	Improve growth	80
T. occidentalis	Extract	1%	*C. gariepinus*	Improve growth	33
L. barbarum	Extract	0.5%	*C. altivelis*	Improve growth	82
E. ulmoides	Extract	40 g/kg	*O. mykiss*	Improve growth	39
G. biloba	Extract	0.1-.02%	*O. mykiss*	Alleviating the effects of growth suppression, stress, and liver tissue damage	21
P. oleracea	Leaf powder	1-3%	*O. niloticus*	Improves growth, Immune and antioxidant responses	2
Y. schidigera	Liquid extract	0.75 mg/l	*D. Labarax*	Improved growth, Physiological responses from reduced mortality rates	18
P .oleracea	Extract	1%	*O. mykiss*	Improved growth, Increased body weight and Reduced feed conversion ratio	41
Punica. granatum	Bark powder	4%	*Carassius auratus*	Increased secretion of digestive enzymes, Improved growth performance, Increased nutrient absorption	64

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/aer.2.4.73]

استفاده از گیاهان دارویی به‌عنوان عوامل ضد استرس و محرک ایمنی: جانوران آبزی به استرس‌های مختلف محیط زیست پیرامون‌شان مانند کیفیت آب ضعیف، دمای محیط بالا، جمعیت زیاد و عفونت‌های ناشی از عوامل بیماری‌زا آسیب پذیرند. این عوامل استرس‌زای منفی ظرفیت ایمنی و عملکرد رشد را کاهش داده، تعادل متابولیکی و آنتی‌اکسیدانی را برهم زده، و بروز بیماری را القا کرده، و تلفات سنگینی را موجب می‌شوند (۴). درحال حاضر، استراتژی مرسوم برای کنترل بیماری ناشی از استرس خارجی کاربرد آنتی‌بیوتیک یا داروهای دیگر است، اما استفاده بیش از حد این ترکیبات منجر به مقاومت دارویی می‌شود (۷۷). بنابراین، ضروری است تا برخی ترکیبات طبیعی که می‌توانند از ماهیان در مقابل عوامل استرس‌زای خارجی محافظت کنند، توسعه یابند (جدول ۴). گیاهان دارویی منابع طبیعی هستند که به فراوانی در طبیعت وجود دارند. در مقابل آنتی‌بیوتیک، داروهای گیاهی خصوصیات بارزی چون کارآمدی بالا، سمیت پایین و اثرات جانبی کم دارند، زمانی‌که در درمان دارویی به‌درستی استفاده شوند (۷). در سال‌های اخیر، مطالعات متعددی نشان دادند که گیاهان دارویی اثرات ضداسترس در جانوران آبزی دارند (۳، ۴۵). اِمودین (Emodin) (به‌عنوان یک جز فعال از عصاره آنتراکوئینون) از ماهی گیاهخوار سیم ووچانگ (*Megalobrama amblycephala*) در مقابل استرس جمعیت و استرس اکسیداتیو ناشی از مصرف روغن ماهی اکسیدشده در جیره محافظت کرد (۴۴). استفاده از عصاره گیاه *Radix Bupleuri* در جیره ماهی تیلاپیا آن‌را از استرس اکسیداتیو ناشی از پراکسیدهیدروژن محافظت کرد (۳۷). استفاده از پودر برگ رزماری در جیره توانست اثرات منفی استرس جمعیت زیاد را در ماهی کپور معمولی (*C. carpio*) تخفیف دهد (۹۳). عصاره آنتراکوئینون به مقدار ۱-۲ درصد نیز استرس جمعیت زیاد را در کپور معمولی کاهش داد (۹۰). زردچوبه توانایی ضداسترس در ماهی کپور معمولی را طی مواجهه با فلز مس بهبود بخشید (۵۷). درنتیجه، گیاهان دارویی به طور مثبتی ظرفیت ضداسترسی جانوران آبزی را تحت تاثیر خود قرار می‌دهند. فرض براین است که این اثرات بهبود دهندگی در ارتباط نزدیک با عمل تغذیه، محافظت ایمنی و فعالیت ضدویروسی باشد. جدای از اثرات ضداسترس، گیاهان دارویی به‌منظور بهبود ایمنی جانوران آبزی به‌خوبی مطالعه شده‌اند. در دهه اخیر، علاقه تحقیقاتی روبه رشدی برای استفاده از عصاره‌های گیاهی به‌عنوان محرک ایمنی در ماهیان وجود داشته است (۵۵). محرک‌های ایمنی به‌طور طبیعی برای تحریک سیستم ایمنی از طریق عملکردهای اختصاصی و غیراختصاصی کمک کرده‌اند (۲۲). تحقیقات مختلف نشان دادند که استفاده در غذا و تزریق درون صفاقی عصاره‌های گیاهی عمل فاگوسیتیک و لیزوزومی، انفجار تنفسی و فعالیت کمپلمان، و سطح پروتئین سرم را در برخی گونه‌های ماهیان بهبود بخشیده است (۸۴). استفاده از دانه زغال اخته (*Trigonella foenum graecum*) در جیره ماهی در سطح ۵ درصد بیش‌ترین فعالیت پراکسیدازی و کمپلمان همولیتیکی را داشت (۵). در مطالعه دیگری گزارش کردند که مکمل عصاره برگ زیتون در سطح ۰/۱ درصد پارامترهای بیوشیمیایی سرم خون در ارتباط با ایمنی و نرخ بقا را در قزل‌آلای رنگین‌کمان (*O. mykiss*) بهبود بخشید (۲۰). هم‌چنین در تحقیق دیگری نشان داد که جیره‌های غذایی حاوی عصاره گیاه خرفه باعث افزایش معنی‌داری پارامترهای ایمنی شامل ایمونوگلوبولین تام (Ig)، ایمونوگلوبولین M (IgM)، پروتئین تام و فعالیت لیزوزیم در تمامی گروه‌های آزمایشی به ویژه در سطح ۱/۵درصد در مقایسه با گروه شاهد شد ($p>0/05$). این مطالعه، عصاره گیاه خرفه را به‌عنوان یک محرک ایمنی بالقوه برای تحریک و بهبود سیستم ایمنی بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نشان می‌دهد (۵۰). به‌علاوه، مقالات متعددی نشان دادند که عصاره‌های گیاهی توانسته‌اند ایمنی ذاتی (۱۳، ۷۰)، ایمنی سازشی (۵۳، ۸۹)، ایمنی موکوسی (۷۶، ۸۵) و فعالیت ضداسترسی (۵۷، ۹۳) را در ماهیان بهبود بخشند. این نتایج در جدول ۵ خلاصه شده است.

جدول ۴: تعدادی از مطالعات انجام شده درخصوص اثرات گیاهان دارویی به‌عنوان عامل ضداسترس

Table 4: A number of studies conducted on the effects of medicinal plants as anti-stress agents

Name of the plant	Concentration	Active compound	Fish species	Initial weight	Performance	Refrence
M. oleifera	7-10%	Seed and leaf extract	*O. niloticus*	35±0.09 g	Improves antioxidant resistance	36
P. oleracea	1-3%	Leaf powder	*O. niloticus*	1.82±0.4 g	Improves antioxidant resistance	2
G. biloba	0.1-0.2%	Extract	*O. mykiss*	22.1±4.1 g	Reducing the effects of diazenon	21
S. rosmarinus	2-3%	Leaf powder	*C. carpio*	12.93±0.09 g	Reducing the effects of high density	93
A. sinensis	1-6 g/kg	Extract	*C. var. Jian carpio*	12.22±0.18 g	Effect of trichlorophene inhibitor	42
R. Bupleuri	1-3 g/kg	Sychosaponin	*O. niloticus*	96.7±3.81 g	Effect of Hydrogen peroxide inhibitor	36

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/aer.2.4.73]

جدول ۵: تعدادی از مطالعات انجام شده درخصوص اثرات گیاهان دارویی به عنوان محرک ایمنی

Table 5: A number of studies conducted on the effects of medicinal plants as immune stimulants

Name of the plant	Concentration	Active compound	Fish species	Initial weight	Performance	Refrence
A. annua	0.5 %	Alcoholic extract	*O. niloticus*	24.33±3.75 g	Improved leukocyte blast and lysozyme activity	71
M. longifolia	0.2 %	Flowers, stems and leaves	*O. mykiss*	10.48±0.2 g	Improved lysozyme activity and TNF-α expression	25
A. sativum	0.15 ml/kg	Extract	*P. reticulata*	0.01±0 g	Improved ACH50, IgG and ALP activity	3
O. europea	2.5 g/kg	Olive residue	*O. mykiss*	2.5±0.1 g	Improved gene expression of IL-1β, IL-8, TNF-α and 2TGF-1β	27
M. oleifera	1.5-5 %	Leaf extract	*O. niloticus*	2.6±0.5 g	Improved respiratory burst, phagocytic activity, IgM levels	1
S. rosmarinus	10 g/kg	Leaf powder	*O. niloticus*	10.42±0.04 g	Improved catalase, complement substitution, and lysozyme activity	52
B. rotunda	10 g/kg	Powder	*O. niloticus*	17.29±0.11 g	Improving lysozyme and peroxidase	85
S. marianum	7.5-10 g/kg	Seed powder	*O. niloticus*	2.32±0.01 g	Improving the activity of superoxidase dismutase and catalase enzymes	23
Z. mauritiana	3-5 %	Seed extract	*O. mykiss*	9.63±0.05 g	Improved lysozyme activity and interleukin 1 beta expression	15
E. crassipes	1 %	Leaf extract	*O. mykiss*	4.8±0.2 g	Improved immunity of alternative complement activity and respiratory burst	60
I. lanceolata	1-3 g/kg	Leaf powder	*O. mykiss*	36.56±1.99 g	Improved oxidative radical production and total myeloperoxidase	16
A. citrodora	2 %	Leaf powder	*O. mykiss*	2.5±0.1 g	Improved gene expression of IL-1β, IL-8, TNF-α and TGF-β	26
M. officinalis	05-1 g/kg	Ethanol extract	*O. mykiss*	23.03±0.07 g	Improvement in total myeloperoxidase levels	6
P. oleracea	1.5 %	Plant extract	*O. mykiss*	3.3±0 g	Stimulation and improvement of total immunoglobulin (Ig), immunoglobulin M (IgM), total protein and lysozyme activity and the immune system	50

The abbreviations in the table include: TNF (Tumor necrosis factor), Ig (Immunoglobulin), ACH_{50} (Alternative complement activity, ALP (Alkaline phosphatase), IL (Interleukin), TGF (Transforming growth factor).

نتیجه‌گیری و دورنما :تحقیقات ثابت کرده است که گیاهان دارویی به‌طور ویژه برای محافظت و کنترل بیماری‌های ماهیان پرورشی در تولید متراکم و مقیاس وسیع در صنعت آبزی‌پروری مناسب هستند. گیاهان دارویی می‌توانند مشکلات پاتوژن‌ها، ترکیبات شیمیایی و آنتی‌بیوتیک‌ها را در ماهیان پرورشی حل کنند. آن ها به طور کامل هم سو با دستورالعمل‌های کنترل و محافظت بیماری برای توسعه آبزی‌پروری عاری از بیماری و محصولات آبی سبز هستند. مهم‌تر این که، تحقیقات نشان داده که گیاهان دارویی چینی با استفاده در غذای ماهی در درمان بیماری‌های متابولیکی و ویروسی موثر هستند، درحالی که درمان آن‌ها با استفاده از آنتی‌بیوتیک مشکل است. گیاهان دارویی بومی و پیش‌سازهای آن‌ها شامل فلاونوئیدها، آلکالوئیدها، ساپونین‌ها، استروئیدها، تانن‌ها و ترپنوئیدها هستند. این ترکیبات به صورت خام، عصاره یا ماده موثره دارای فعالیت‌های زیستی شامل تحریک اشتها و محرک رشد، تحریک سیستم ایمنی ذاتی و اختصاصی، فعالیت ضداسترس، ضدویروسی، ضدباکتریایی و ضدانگلی هستند. این مقاله هم‌چنین نشان داد که هر گیاه دارویی دارای عملکرد مخصوص به خود علیه بیماری‌های عفونی است. با این وجود، کارکردن در زمینه گیاهان دارویی یک زمینه کاری وسیع با زمینه‌های تحقیقاتی متعدد است که نیاز است شناخته شود؛ (۱) فعالیت‌های کارکردی این ترکیبات وابسته به غلظت می‌باشند. بنابراین، لازم است تا در کنار بررسی فعالیت‌های فیزیولوژیکی آن‌ها، تحقیقات ایمنی سم‌شناسی این ترکیبات مورد توجه قرار گیرد. (۲) به‌دلیل این که اثرات مکمل‌های غذایی گیاهی مخصوص به گونه است، بنابراین احتیاط‌های لازم در این مورد درنظر گرفته شود. (۳) تحقیقات بیش‌تر بر روی روش‌های موجود در زمینه کاربرد گیاهان دارویی مانند حلال‌های عصاره‌گیری، مدت درمان، مسیر درمان (تزریق، غوطه‌وری یا دهانی) و یا تخمیر لازم به‌نظر می‌رسد(۴). تاکنون مطالعات خیلی کمی در زمینه استفاده برخی گیاهان سازگار با یکدیگر به‌منظور بررسی اثر هم‌افزایی آن‌ها انجام شده است(۵). در حال حاضر، درک مکانیسم عمل گیاهان دارویی بر روی سیستم ایمنی خیلی محدود است و نیازمند تحقیقات بیش‌تری در این زمینه مخصوصاً بررسی مکانیسم‌های مولکولی تداخلات بین ترکیبات چندفعالی با سلول‌های میزبان است. (۶) آخرین موضوع ولی به همان اهمیت، میکروبیوتای روده است، که نقش موثری در جذب مواد مغذی، ایمنی، مقاومت به بیماری، رشد و تولیدمثل ماهیان ایفا می‌کند که البته خود تحت تاثیر عوامل مختلف هم‌چون وضعیت تغذیه، محیط زیست، تولیدمثل و غذا است. بنابراین، اثرات گیاهان دارویی بر روی میکروبیوتای روده ماهیان باید یک موضوع مورد توجه در آبزی‌پروری باشد.

منابع

1. **Abd El-Gawad, E.A., El Asely, A.M., Soror, E.I., Abbass, A.A. and Austin, B., 2020.** Effect of dietary *Moringa oleifera* leaf on the immune response and control of *Aeromonas hydrophila* infection in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry. *Aquaculture International*. 28: 389-402.https://doi.org/10.1007/s10499-019-00469-0
2. **Abdel-Razek, N., Awad, S.M. and Abdel-Tawwab, M., 2019.** Effect of dietary purslane (*Portulaca oleracea* L.) leaves powder on growth, immunostimulation, and protection of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* against *Aeromonas hydrophila* infection. *Fish Physiology and Biochemistry*. 45(6): 1907-1917. https://doi.org/10.1007/s10695-019-00685-8

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/aer.2.4.73]

Biochemistry. 46: 1561-1575. https://doi.org/10.1007/s10695-020-00812-w

16. **Elbesthi, R.T.A., Özdemir, K.Y., Taştan, Y., Bilen, S. and Sönmez, A.Y., 2020.** Effects of ribwort plantain (*Plantago lanceolata*) extract on blood parameters, immune response, antioxidant enzyme activities, and growth performance in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Physiology and Biochemistry*. 46: 1295-1307. https://doi.org/ 10.1007/s10695-020-00790-z

17. **FAO. 2022.** The State of World Fisheries and Aquaculture, Towards Blue Transformation. Rome. https://doi.org/10.4060/cc0461en

18. **Fayed, W.M., Khalil, R.H., Sallam, G.R., Mansour, A.T., Elkhayat, B.K. and Omar, E.A., 2019.** Estimating the effective level of *Yucca schidigera* extract for improvement of the survival, haematological parameters, immunological responses and water quality of European seabass juveniles. *Aquaculture Reports*. 15: 100208. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2019. 100208

19. **Giri, S.S., Jai Suda, S., Sukumaran, V. and Park, S.C., 2016.** Dietary emodin affects the growth performance, immune responses, and disease resistance of *Labeo rohita* against *Aeromonas hydrophila*.*Aquaculture International*. 24: 85-99. https://doi.org/10.1007/S10499-015-9910-Y

20. **Guardiola, F., Bahi, A. and Esteban, M., 2018.** Effects of dietary administration of fenugreek seeds on metabolic parameters and immune status of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Fish and Shellfish Immunology*. 74: 372-379. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.01.010

21. **Hajirezaee, S., Rafieepour, A., Shafiei, S. and Rahimi, R., 2019.** Immunostimulating effects of *Ginkgo biloba* extract against toxicity induced by organophosphate pesticide, diazinon in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*: innate immunity components and immune-related genes. *Environmental Science and Pollution Research*. 26: 8798-8807. https://doi.org/10.1007/s11356-019-0432 7-7

22. **Harikrishnan, R., Balasundaram, C. and Heo, M.S., 2011.** Impact of plant products on innate and adaptive immune system of cultured finfish and shellfish. *Aquaculture*. 317(1-4): 1-15. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.03.039

23. **Hassaan, M.S., Mohammady, E.Y., Soaudy, M.R., El-Garhy, H.A., Moustafa, M.M., Mohamed, S.A. and El-Haroun, E.R., 2019.** Effect of *Silybum marianum* seeds as a feed additive on growth performance, serum biochemical indices, antioxidant status, and gene expression of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings. *Aquaculture*. 509: 178-187. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.05.006

24. **He, M., Liu, G., Liu, Y., Yang, K., Qi, X., Huang, A., Liu, T., Wang, G. and Wang, E., 2020.** Effects of geniposide as immunostimulant on the innate immune response and disease resistance in crucian carp. *Aquaculture*. 529: 735713. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735713

25. **Heydari, M., Firouzbakhsh, F. and Paknejad, H., 2020.** Effects of *Mentha longifolia* extract on some blood and immune parameters, and disease resistance against yersiniosis in rainbow trout. *Aquaculture*. 515: 734586. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734586

26. **Hoseinifar, S.H., Shakouri, M., Van Doan, H., Shafiei, S., Yousefi, M., Raeisi, M., Yousefi, S., Harikrishnan, R. and Reverter, M., 2020.** Dietary supplementation of lemon verbena (*Aloysia citrodora*) improved immunity, immune-related genes expression and antioxidant enzymes in rainbow trout (*Oncorrhyncus mykiss*). *Fish*

3. **Ahmadniaye Motlagh, H., Safari, O. and Paolucci, M., 2019.** Effect of different levels of milkweed (*Calotropis persica*) seed powder on the growth parameters, immunity and gut microbiota of *Oncorhynchus mykiss*. *Iranian Journal of Veterinary Science and Technology*. 11(1): 43-50. https://doi.org/10.22067/veterinary.V1I11.7 6088

4. **Awad, E. and Awaad, A., 2017.** Role of medicinal plants on growth performance and immune status in fish. *Fish and Shellfish Immunology*. 67: 40-54. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2017.05.034

5. **Baba, E., Acar, Ü., Yılmaz, S., Zemheri, F. and Ergün, S., 2018.** Dietary olive leaf (*Olea europea* L.) extract alters some immune gene expression levels and disease resistance to *Yersinia ruckeri* infection in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Fish and Shellfish immunology*. 79: 28-33. https://doi.org/ 10.1016/j.fsi.2018.04.063

6. **Bilen, S., Altief, T.A.S., Özdemir, K.Y., Salem, M.O.A., Terzi, E. and Güney, K., 2020.** Effect of lemon balm (*Melissa officinalis*) extract on growth performance, digestive and antioxidant enzyme activities, and immune responses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). F*ish Physiology and Biochemistry*. 46: 471-481. https://doi.org/10.1007/s10695-019-00737-z

7. **Bone, K. and Mills, S., 2012.** Principles and practice of phytotherapy: Modern herbal medicine. *Elsevier Health Sciences*. https://doi.org/ 10.1016/C2009-0-48725-7

8. **Chakrabarti, R. and Srivastava, P., 2012.** Effect of dietary supplementation with *Achyranthes aspera* seed on larval rohu *Labeo rohita* challenged with *Aeromonas hydrophila*. *Journal of Aquatic Animal Health*. 24(4): 213-218. https://doi.org/ 10.1080/08997659.2012.694834

9. **Chen, X., Hao, K., Yu, X., Huang, A., Zhu, B., Wang, G.X. and Ling, F., 2018.** Magnolol protects *Ctenopharyngodon idella* kidney cells from apoptosis induced by grass carp reovirus. *Fish and shellfish immunology*. 74:426-435.https://doi.org/10.1016/j.fsi.201 7.12.035

10. **Citarasu, T., 2010.** Herbal biomedicines: a new opportunity for aquaculture industry. *Aquaculture International*. 18 (3): 403-414. https://doi.org/10.1007/s10499-009-9253-7

11. **Dam, T.K. and Brewer, C.F., 2010.** Lectins as pattern recognition molecules: the effects of epitope density in innate immunity. *Glycobiology*. 20(3): 270-279. https://doi.org/10.1093/glycob/cwp186

12. **Dawood, M.A., Gewaily, M.S., Monier, M.N., Younis, E.M., Van Doan, H. and Sewilam, H., 2021.** The regulatory roles of yucca extract on the growth rate, hepato-renal function, histopathological alterations, and immune-related genes in common carp exposed with acute ammonia stress. *Aquaculture*. 534: 736287.

13. **de Assis, R.W.S. and Urbinati, E.C., 2020.** Physiological activity of Aloe *vera* in pacu (*Piaractus mesopotamicus*) inoculated with *Aeromonas hydrophila*. *Fish Physiology and Biochemistry*. 46: 1421-1430. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736287

14. **Ekanem, A., Obiekezie, A., Kloas, W. and Knopf, K., 2004.** Effects of crude extracts of *Mucuna pruriens* (Fabaceae) and *Carica papaya* (Caricaceae) against the protozoan fish parasite *Ichthyophthirius multifiliis*. *Parasitology Research*. 92: 361-366. https://doi.org/10.1007/s00436-003-1038-8

15. **El Asely, A., Amin, A., Abd El-Naby, A.S., Samir, F., El-Ashram, A. and Dawood, M.A., 2020.** *Ziziphus mauritiana* supplementation of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) diet for improvement of immune response to *Aeromonas hydrophila* infection. *Fish Physiology and*

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/aer.2.4.73]

38. **Yao L., 2020.** Effects of dietary aqueous extract from *Eucommia ulmoides* oliver on growth, muscle composition, amino acid compositionand fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Pakistan Journal of Zoology*. 53(2): 603-611. https://doi.org/10.17582/journal.pjz/20191219081232

39. **Lafferty, K.D., Harvell, C.D., Conrad, J.M., Friedman, C.S., Kent, M.L., Kuris, A.M., Powell, E.N., Rondeau, D. and Saksida, S.M., 2015.** Infectious diseases affect marine fisheries and aquaculture economics. *Annual Review of Marine Science*. 7: 471-496. https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010814-015646

40. **Lamichhane, S., Khanal, M. and Labh, S., 2020.** Effect of Dietary Aloe vera Extract on Survival, Growth and Hepato-Somatic Index (HSI) Of Common Carp *Cyprinus Carpio*. *Journal of Aquaculture, Marine Biology and Ecology*. 4: 1-9. https://doi.org/10.37722/ JAMBE.20201

41. **Li, H., Wu, M., Jiang, J., Sun, X., Chen, L., Feng, M., Yuan, D., Wen, Z. and Qin, C., 2019.** The extracts of *Angelica sinensis* restore the digestive and absorptive capacity through improving antioxidant status in digestive organs of fish treated with trichlorfon. *Aquaculture Research*. 50(2): 490-504. https://doi.org/10.1111/are.13 917

42. **Li, Y., Anqing, Z., Haiyan, Z., Jian, S., Ming, W., Changan, W., Haibo, J. and Ming, L., 2021.** Effects of dietary aqueous extract from *Eucommia ulmoides* oliver on growth, muscle composition, amino acid composition and fatty acid composition of rainbow trout. *Pakistan Journal of Zoology*. 53(2): 603-611. https://doi.org/10.17582/journal.pjz/2019 1219081232

43. **Liu, B., Xu, P., Xie, J., Ge, X., Xia, S., Song, C., Zhou, Q., Miao, L., Ren, M. and Pan, L., 2014.** Effects of emodin and vitamin E on the growth and crowding stress of Wuchang bream (*Megalobrama amblycephala*). *Fish and Shellfish Immunology*. 40(2): 595-602. https://doi.org/10.46989/001c.87751

44. **Liu, F., Shi, H.Z., Guo, Q.S., Yu, Y.B., Wang, A.M., Lv, F. and Shen, W.B., 2016.** Effects of astaxanthin and emodin on the growth, stress resistance and disease resistance of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*). *Fish and Shellfish Immunology*. 51: 125-135. https://doi.org/ 10.46989/001c.87751

45. **Liu, M., Yu, Q., Xiao, H., Yi, Y., Cheng, H., Putra, D.F., Huang, Y., Zhang, Q. and Li, P., 2020.** Antiviral activity of *Illicium verum* Hook. f. extracts against grouper iridovirus infection. *Journal of Fish Diseases*. 43(5): 531-540. https://doi.org/ 10.1111/jfd.13146

46. **Meng, X.L., Zhu, Z.X., Lu, R.H., Li, S., Hu, W.P., Qin, C.B., Yan, X., Yang, G.K. and Nie, G.X., 2019.** Regulation of growth performance and lipid metabolism in juvenile grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) with honeysuckle (*Lonicera japonica*) extract. *Fish Physiology and Biochemistry*. 45: 1563-1573. https://doi.org/10.1007/s10695-019-00644-3

47. **Militz, T.A., Southgate, P.C., Carton, A. and Hutson, K., 2014.** Efficacy of garlic extract applied as a therapeutic immersion treatment for *Neobenedenia* sp. management in aquaculture. *Journal of Fish Diseases*. 37(5): 451-461. https://doi.org/10.1111/ jfd.12129

48. **Mohammadalikhani, M., Mehrjan, M.S., Haghighi, M., Soltani, M. and Kamali, A., 2020.** Effects of dietary purslane (*Portulaca oleracea*) extract on some growth parameters, carcass quality and intestinal microbial flora of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Animal environment*. 12(1): 229-236. https://doi.org/10.22092/ijfs.2020.122576

and Shellfish Immunology. 99: 379-385. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.02.006

27. **Hoseinifar, S.H., Shakouri, M., Yousefi, S., Van Doan, H., Shafiei, S., Yousefi, M., Mazandarani, M., Mozanzadeh, M.T., Tulino, M.G. and Faggio, C., 2020.** Humoral 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: 171-178. https://doi.org/ 10.1016/j.fsi.2020.02.067

28. **Hoseinifar, S.H., Sun, Y.-Z., Zhou, Z., Van Doan, H., Davies, S.J. and Harikrishnan, R., 2020.** Boosting immune function and disease bio-control through environment-friendly and sustainable approaches in finfish aquaculture: herbal therapy scenarios. *Reviews in Fisheries Science and Aquaculture*. 28(3): 303-321. https://doi.org/10.1080/23308249.2020.1731420

29. **Hu, Y., Chen, W.C., Shen, Y.F., Zhu, B. and Wang, G. X., 2019.** Synthesis and antiviral activity of a new arctigenin derivative against IHNV *in vitro* and *in vivo*. *Fish and Shellfish Immunology*. 92: 736-745. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.07.006

30. **Hu, Y., Ji, J., Ling, F., Chen, Y., Lu, L., Zhang, Q. and Wang, G., 2014.** Screening medicinal plants for use against *Dactylogyrus intermedius* (Monogenea) infection in goldfish. *Journal of Aquatic Animal Health*. 26(3): 127-136. https://doi.org/10.1080/08997659.2014.902872

31. **Huang, A.G., Yi, Y.L., Ling, F., Lu, L., Zhang, Q.Z. and Wang, G.X., 2013.** Screening of plant extracts for anthelmintic activity against *Dactylogyrus intermedius* (Monogenea) in goldfish. *Parasitology Research*. 112: 4065-4072. https://doi.org/10.1007/s004 36-013-3597-7

32. **Hutson, K.S., Mata, L., Paul, N.A. and De Nys, R., 2012.** Seaweed extracts as a natural control against the monogenean ectoparasite, Neobenedenia sp., infecting farmed barramundi (*Lates calcarifer*). *International Journal for Parasitology*. 42(13-14): 1135-1141. https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2012.09.007.

33. **Idowu, T., Denham, S. and Adedeji, H., 2019.** Growth performance and hematological indices of *Clarias gariepinus* (Burchfiel, 1822) fingerlings fed varying levels of *Telfairia occidentalis* leaf meal additives. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. 7(5): 442-445. https:// doi.org/10.4314/njb.v38i1.10

34. **Jafarinejad, R., Gharaei, A. and Mirdar, H.J., 2020.** Dietary ginger improve growth performance, blood parameters, antioxidant capacity and gene expression in *Cyprinus carpio*. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*. 19(3): 1237-1252. https://doi.org/10.22092/ijfs.2018.119 876

35. **Ji, J., Lu, C., Kang, Y., Wang, G.X. and Chen, P., 2012.** Screening of 42 medicinal plants for i*n vivo* anthelmintic activity against *Dactylogyrus intermedius* (Monogenea) in goldfish (*Carassius auratus*). *Parasitology Research*. 111: 97-104. https://doi.org/10.1007/s00436-011-2805-6

36. **Jia, R., Gu, Z., He, Q., Du, J., Cao, L., Jeney, G., Xu, P. and Yin, G., 2019.** Anti-oxidative, anti inflammatory and hepatoprotective effects of *Radix bupleuri* extract against oxidative damage in tilapia via Nrf2 and TLRs signaling pathway. *Fish and shellfish immunology*. 93: 395-405. https://doi.org/10.10 16/j.fsi.2019.07.080

37. **Koshinski, R., 2020.** Effect of *Taraxacum officinale* Weber ex Wiggers extract on growth performance, biochemical blood parameters and meat quality of rainbow trout, cultivated in a recirculating system. *Aquaculture, Aquarium, Conservation and Legislation*. 13(1): 109-117. http://www.bioflux.com. ro/aac

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/aer.2.4.73]

49. **Mohammadalikhani, M., Shamsaei Mehrjan, M., Haghighi, M., Soltani, M. and 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), 2660-2672. https://doi.org/ 10.22092/ijfs.2020.122576

50. **Monga, I., Kaur, K. and Dhanda, S., 2022.** Revisiting hematopoiesis: applications of the bulk and single-cell transcriptomics dissecting transcriptional heterogeneity in stem cells. *Briefings in Functional Genomics*. 21(3): 159-176. https://doi.org/10.1093/bfgp/elac002

51. **Naiel, M.A., Ismael, N.E., Negm, S.S., Ayyat, M.S. and Al-Sagheer, A.A., 2020.** Rosemary leaf powder supplemented diet enhances performance, antioxidant properties, immune status, and resistance against bacterial diseases in Nile Tilapia. *Aquaculture*. 526: 735370. https://doi.org/10.1016/j. aquaculture.2020.735370

52. **Naiel, M.A., Ismael, N.E. and Shehata, S.A., 2019.** Ameliorative effect of diets supplemented with rosemary (*Rosmarinus officinalis*) on aflatoxin B1 toxicity in terms of the performance, liver histopathology, immunity and antioxidant activity of Nile Tilapia. *Aquaculture*. 511: 734264.https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.7342 64

53. **Ojha, M.L., Chadha, N.K., Saini, V.P., Damroy, S., Gupta, C.P. and Savant, P.B., 2014.** Effect of ethanolic extract of *Pedalium murex* on growth and haemato-immunological parameters of *Labeo rohita*. Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: *Biological Sciences*. 84: 997-1003. https://doi.org/10.10 07/s40011-013-0282-7

54. **Rafieepour, A., Hajirezaee, S. and Rahimi, R., 2019.** Dietary oregano extract (*Origanum vulgare L.*) enhances the antioxidant defence in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* against toxicity induced by organophosphorus pesticide, diazinon. *Toxin Reviews*. 39(4): 397-407. https://doi.org/10.1080/15569543.2018.1550092

55. **Raja Rajeswari, P., Velmurugan, S., Michael Babu, M., Albin Dhas, S., Kesavan, K. and Citarasu, T., 2012.** A study on the influence of selected Indian herbal active principles on enhancing the immune system in *Fenneropenaeus indicus* against *Vibrio harveyi* infection. *Aquaculture International*. 20: 1009-1020. https://doi.org/ 10.1007/s10499-012-9525-5

56. **Rajabiesterabadi, H., Hoseini, S.M., Fazelan, Z., Hoseinifar, S.H. and Doan, H.V., 2020.** Effects of dietary turmeric administration on stress, immune, antioxidant and inflammatory responses of common carp during copper exposure. *Aquaculture Nutrition*. 26(4): 1143-1153. https://doi.org/10.1111/anu. 13071

57. **Ramesh, D. and Souissi, S., 2018.** Antibiotic resistance and virulence traits of bacterial pathogens from infected freshwater fish, *Labeo rohita*. *Microbial Pathogenesis*. 116: 113-119. https://doi.org/10.1016/j.micpath.2018.01.019

58. **Rattanachaikunsopon, P. and Phumkhachorn, P., 2009.** Prophylactic effect of *Andrographis paniculata* extracts against *Streptococcus agalactiae* infection in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Bioscience and Bioengineering.* 107(5): 579-582. https://doi.org/10.1016/ j.jbiosc.2009.01.024

59. **Rufchaei, R., Mirvaghefi, A., Hoseinifar, S.H., Valipour, A. and Nedaei, S., 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: 734533. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734533

60. **Safari, O., Sarkheil, M. and Paolucci, M., 2019.** Dietary administration of ferula (*Ferula asafoetida*) powder as a feed additive in diet of koi carp, *Cyprinus carpio koi*: effects on hemato-immunological parameters, mucosal antibacterial activity, digestive enzymes, and growth performance. *Fish Physiology and Biochemistry*. 45: 1277-1288. https://doi.org/10.1007/s10695-019-00674-x

61. **Sahu, S., Das, B.K., Mishra, B.K., Pradhan, J., Samal, S.K. and Sarangi, N., 2008.** Effect of dietary Curcuma longa on enzymatic and immunological profiles of rohu, *Labeo rohita* (Ham.), infected with *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture Research*. 39(16): 1720-1730. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734533

62. **Sanchez, C.J.G., Velasco, R.R. and Doctolero, J.S., 2019.** Young turmeric (*Curcuma longa*) tuber as feed additive for the growth and survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*. 7(6): 181-184. https://doi. org/10.22271/fish

63. **Sepehrfar, D., Sudagar, M., Paknejad, H., Yousefi Siahkalroudi, S. and Norouzitallab, P., 2023.** Growth performance and survival in goldfish (*Carassius auratus*) fed with different levels of pomegranate peel powder (*Punica granatum*). *Journal of Animal Environment*. 15(3): 151-156. https://doi.org/10.22034/AEJ.2023.38424 9.2931 (In persian)

64. **Sharma, J., Kumar, N., Singh, S.P., Singh, A., HariKrishna, V. and Chakrabarti, R., 2019.** Evaluation of immunostimulatory properties of prickly chaff flower *Achyranthes aspera* in rohu *Labeo rohita* fry in pond conditions. *Aquaculture*. 505: 183-189. https://doi.org/10. 1016/j.aquaculture.2019.02.065

65. **Shen, Y.F., Hu, Y., Zhang, Z., Liu, L., Chen, C., Tu, X., Wang, G.X. and Zhu, B., 2019.** Saikosaponin D efficiently inhibits SVCV infection *in vitro* and *in vivo*. *Aquaculture*. 504: 281-290

66. **Sikotariya, S., 2019.** Effect of *Allium cepa* (Onion) powder on the growth and survival in *Cirrhinus mrigala* fingerlings. *International Journal of Pure and Applied Bioscience*. 7(5): 186-196. https://doi.org/10.1016/j.cirep. 2024.200158

67. **Singh, A., Sharma, J., Paichha, M. and Chakrabarti, R., 2020.** *Achyranthes aspera* (Prickly chaff flower) leaves-and seeds-supplemented diets regulate growth, innate immunity, and oxidative stress in *Aeromonas hydrophila*-challenged *Labeo rohita*. *Journal of Applied Aquaculture*. 32(3): 250-267. https://doi.org/10.1080/104 54438.2019.1615594

68. **Sirakov, I., Velichkova, K., Stoyanova, S., Zhelyazkov, G. and Staykov, Y., 2019.** The effect of diet supplemented with dandelion's (*Taraxacum officinale*) extract on the productive and blood parameters of common carp, cultivated in the recirculation system. *Macedonian Veterinary Review*. 42(2): 131-139. https://doi.org/10.2478/macvetrev-2019-0 017

69. **Soares, M.P., Cardoso, I.L., Ishikawa, M.M., de Oliveira, A.d.S.S., Sartoratto, A., Jonsson, C.M., de Queiroz, S.C.d.N., Duarte, M.C.T., Rantin, F.T. and Sampaio, F.G., 2020.** Effects of *Artemisia annua* alcohol extract on physiological and innate immunity of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to improve health status. *Fish and Shellfish Immunology*. 105: 369-377. https:// doi.org/10.1016/j.fsi.2020.07.035

70. **Soares, M.P., Cardoso, I.L., Ishikawa, M.M., de Oliveira, A.d.S.S., Sartoratto, A., Jonsson, C.M., de Queiroz, S.C.d.N., Duarte, M.C.T., Rantin, F.T. and Sampaio, F.G., 2020.** Effects of Artemisia annua alcohol

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/aer.2.4.73]

83. **Van Doan, H., Hoseinifar, S.H., Chitmanat, C., Jaturasitha, S., Paolucci, M., Ashouri, G., Dawood, M.A. and Esteban, M.Á., 2019.** The effects of Thai ginseng, *Boesenbergia rotunda* powder on mucosal and serum immunity, disease resistance, and growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. *Aquaculture*. 513: 734388. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734388

84. **Wink, M., 2012.** Molecular modes of action of drugs used in phytomedicine. in: *Herbal Medicines*, (Eds.) G. Bagetta, M. Cosentino, M. Tiziana Corasaniti, S. Sakurada, CRC Press. Florida, US, 12 p. https://doi.org/10.3390/medicines2030251.

85. **Wink, M., 2008.** Plant secondary metabolism: diversity, function and its evolution. *Natural Product Communications*. 3(8). https:// doi.org/10.1177/1934578X0800300801

86. **Wu, Z.F., Zhu, B., Wang, Y., Lu, C. and Wang, G.X., 2011.** *In vivo* evaluation of anthelmintic potential of medicinal plant extracts against *Dactylogyrus intermedius* (Monogenea) in goldfish (*Carassius auratus*). *Parasitology Research*. 108: 1557-1563. https://doi.org/10.1007/s00436-010-2211-5

87. **Xia, S.L., Ge, X.P., Liu, B., Xie, J., Miao, L.H., Ren, M.C., Zhou, Q.L., Zhang, W.X., Jiang, X.J. and Chen, R.L., 2015.** Effects of supplemented dietary curcumin on growth and non-specific immune responses in juvenile wuchang bream (*Megalobrama amblycephala*). Israeli *Journal of Aquaculture - Bamidgeh*. 67: 1-13. https:// doi.org/ 10.3390/ani13030503

88. **Xie, J., Liu, B., Zhou, Q., Su, Y., He, Y., Pan, L., Ge, X. and Xu, P., 2008.** Effects of anthraquinone extract from rhubarb *Rheum officinale* Bail on the crowding stress response and growth of common carp *Cyprinus carpio* var. *Jian*. *Aquaculture*. 281(1-4): 5-11. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.03.038.

89. **Yang, K., Qi, X., He, M., Song, K., Luo, F., Qu, X., Wang, G. and Ling, F., 2020.** Dietary supplementation of salidroside increases immune response and disease resistance of crucian carp (*Carassius auratus*) against Aeromonas hydrophila. *Fish and Shellfish Immunology*. 106: 1-7. https://doi.org/ 10.1016/j.fsi.2020.07.054

90. **Yin, G., Ardó, L., Thompson, K., Adams, A., Jeney, Z. and Jeney, G., 2009.** Chinese herbs (*Astragalus radix* and *Ganoderma lucidum*) enhance immune response of carp, *Cyprinus carpio*, and protection against *Aeromonas hydrophila*. *Fish and Shellfish Immunology*. 26(1): 140-145. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2008.08.015

91. **Yousefi, M., Hoseini, S.M., Vatnikov, Y.A., Kulikov, E.V. and Drukovsky, S.G., 2019.** Rosemary leaf powder improved growth performance, immune and antioxidant parameters, and crowding stress responses in common carp fingerlings. *Aquaculture*. 505: 473-480. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture. 2019.02. 070

92. **Yousefi, M., Vatnikov, Y.A., Kulikov, E.V., Plushikov, V.G., Drukovsky, S.G., Hoseinifar, S.H. and Van Doan, H., 2020.** The protective effects of dietary garlic on common carp (*Cyprinus carpio*) exposed to ambient ammonia toxicity. *Aquaculture*. 526: 735400. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735400

93. **Zhang, H., Ge, X., Liu, B., Teng, T., Zhou, Q., Sun, C. and Song, C., 2020.** Comparative transcriptomic and proteomic analysis of the antibacterial activity of emodin on *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture*. 529: 735589. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735589

94. **Zhang, Y., Song, L., Guo, H., Wu, J., Wang, X. and Yao, F., 2021.** Effects of Curcumin on Growth and Liverprotection in Common Carp, *Cyprinus carpio*. *Pakistan Journal of Zoology*. 53(4): 1211-1220. https://doi.org/10.17582/journal.pjz/20200409120439

extract on physiological and innate immunity of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to improve health status. *Fish and Shellfish Immunology*. 105: 369-377. https:// doi.org/10.1016/j.fsi.2020.07.035

71. **Song, C., Liu, B., Xie, J., Ge, X., Zhao, Z., Zhang, Y., Zhang, H., Ren, M., Zhou, Q. and Miao, L., 2017.** Comparative proteomic analysis of liver antioxidant mechanisms in *Megalobrama amblycephala* stimulated with dietary emodin. *Scientific Reports*. 7(1): 40356. https://doi.org/ 10.1038/srep40356

72. **Song, C., Liu, B., Xu, P., Ge, X., Li, H., Tang, Y. and Su, S., 2021.** miR-144 is the epigenetic target for emodin to ameliorate oxidative stress induced by dietary oxidized fish oil via Nrf2 signaling in Wuchang bream, *Megalobrama amblycephala*. *Aquaculture*. 534: 736357. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736357

73. **Song, C., Liu, B., Xu, P., Ge, X. and Zhang, H., 2019.** Emodin ameliorates metabolic and antioxidant capacity inhibited by dietary oxidized fish oil through PPARs and Nrf2-Keap1 signaling in Wuchang bream (*Megalobrama amblycephala*). *Fish and Shellfish Immunology*. 94: 842-851. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.10.001

74. **Srichaiyo, N., Tongsiri, S., Hoseinifar, S.H., Dawood, M.A., Esteban, M.Á., Ringø, E. and Van Doan, H., 2020.** The effect of fishwort (*Houttuynia cordata*) on skin mucosal, serum immunities, and growth performance of Nile tilapia. *Fish and Shellfish Immunology*. 98: 193-200. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2020.01.013

75. **Stratev, D., Zhelyazkov, G., Noundou, X.S. and Krause, R.W., 2018.** Beneficial effects of medicinal plants in fish diseases. *Aquaculture International*. 26: 289-308. https://doi.org/10.1007/s10499-017-0219-x

76. **Su, S., Cheng, X. and Wink, M., 2015.** Cytotoxicity of arctigenin and matairesinol against the T-cell lymphoma cell line CCRF-CEM. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*. 67(9): 1316-1323. https://doi.org/10.1111/ jphp.12426

77. **Sukumaran, V., Park, S.C. and Giri, S.S., 2016.** Role of dietary ginger *Zingiber officinale* in improving growth performances and immune functions of *Labeo rohita* fingerlings. *Fish and Shellfish Immunology*. 57: 362-370. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2016.08.056

78. **Sun, Z., Chen, L., Liu, Q., Mai, K., Xu, M., Zhou, Y., Su, N. and Ye, C., 2020.** Effects of dietary Senecio scandens buch-ham extracts on growth performance, plasma biochemical, histology and the expression of immune-related genes in hybrid grouper. *Fish and Shellfish Immunology*. 98: 681-690. https://doi.org/10.3390/nu17152540

79. **Suzuki, K., Misaka, N. and Sakai, D., 2006.** Efficacy of green tea extract on removal of the ectoparasitic flagellate *Ichthyobodo necator* from *chum salmon*, *Oncorhynchus keta*, and masu salmon, *O. masou*. *Aquaculture*. 259(1-4): 17-27. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.05.004

80. **Tan, X., Sun, Z., Ye, C. and Lin, H., 2019.** The effects of dietary *Lycium barbarum* extract on growth performance, liver health and immune related genes expression in hybrid grouper (*Epinephelus lanceolatus* × *E. fuscoguttatus*) fed high lipid diets. *Fish and Shellfish Immunology*. 87: 847-852. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2019.02.016

81. **Ebenezer, P., Kumara, B.S., Senevirathne, I., Bray, L.J., Wangchuk, Ph., Mathew, A. and Yarlagadda, P.K.D.V., 2025.** Advancements in Antimicrobial Surface Coatings Using Metal/Metaloxide Nanoparticles, Antibiotics, and Phytochemicals. *Nanomaterials*. 15(13):1023. https://doi.org/10.3390/nano15131023

82. **Vallejos-Vidal, E., Reyes-López, F., Teles, M. and Mac Kenzie, S., 2016.** The response of fish to immunostimulant diets. *Fish and Shellfish Immunology*. 56: 34-69. https://doi.org/ 10.1016/j.fsi.2016.06.028

[Downloaded from www.journalaer.com on 2026-11-15]

[DOI: 10.22034/aer.2.4.73]