Journal of Aquaculture Development
Vol. 20, No. 4, 2027, Pages: 93-108
DOI: 10.71901/jad-2026-2-926

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

Investigation of the effects of ginger extract (*Zingiber officinale*) on growth indices, survival and antioxidant defense in Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*)

Soheil Bazari Moghaddam[1*], Forouzan Bagherzadeh Lakani[1], Jalil Jalilpoor[1]

1- International Sturgeon Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Guilan, Iran

Received: 21 March 2026 **Accepted: 4 April 2026**

Extended Abstract:

Introduction: Natural bioactive compounds with medicinal and antimicrobial properties are increasingly recognized as effective organic alternatives for the prevention and treatment of infectious diseases in aquaculture (Fatahi *et al*., 2025). Among these, the rhizome of ginger (*Zingiber officinale*) has been widely documented for its broad-spectrum preventive and therapeutic activities (Ernst and Pittler, 2000), demonstrating efficacy against a diverse range of bacterial, viral, fungal, and parasitic pathogens (Agrawal et al., 2001). The pharmacological effects of ginger are largely attributed to its abundant secondary metabolites, which play a critical role in the biological and antimicrobial activities of the plant. Moreover, ginger contains various essential elements and nutritional constituents that may further contribute to its functional value. In aquaculture research, considerable attention has been given to the growth-promoting and immunostimulatory properties of ginger across different aquatic species. Notable examples include its dietary application in farmed beluga sturgeon (*Huso huso*) (Gholipour Kanani *et al*., 2014), the giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) (El-Desouky *et al*., 2012), Asian seabass (*Lates calcarifer*) (Talpur *et al*., 2013), Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) (Antache *et al*., 2014), and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) (Dugenci *et al*., 2003; Nya and Austin, 2009; Haghighi and Sharif Rohani, 2013; Awad *et al*., 2013; Akrami *et al*., 2018; Soltanian *et al*., 2020; Faghani Langroodi and Mohammad Nejad, 2021). Given its diverse pharmacological and nutritional benefits, ginger represents a promising natural additive for improving fish health and performance. Therefore, the present study aimed to evaluate the effects of ginger extract on growth performance, survival, and antioxidant defense in Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*).

Materials and methods: Ginger rhizomes were dried, ground, and subjected to extraction using the percolation method. An 80% ethanol-alcohol solvent was added at a plant-to-solvent ratio of 1:3. Extraction was performed at a temperature of 50-55°C. Following extraction, the resulting crude extract was concentrated under vacuum using a rotary evaporator at 50-55°C. Pasteurization was then applied to the concentrated extract. The weight of the concentrated extract and the extraction yield were determined. The concentrated extract was stored at -18°C until further processing into powder using a spray dryer (Ozakan *et al*., 2007). Given the diverse phytochemical profile of ginger and the varying properties of its constituents (e.g., different boiling points), multiple analytical techniques were employed to comprehensively assess the compounds present in the prepared extract. Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) and High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) were utilized for this purpose (Rouessac and Rouessac, 2007; Lakshmi and Rajalakshmi, 2011). A total of 180 Siberian

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71901/jad-2026-2-926]

sturgeon with an average weight of 13.8 ± 0.11 g were randomly distributed into four treatments, including a control and three experimental groups (each in triplicate). Ginger powder extract was added to the diets of the experimental groups at inclusion levels of 0.5, 1, and 1.5%. Fish were fed manually in fiberglass tanks for eight weeks. Growth indices including condition factor (CF), feed conversion ratio (FCR), body weight increase (BWI), specific growth rate (SGR), growth rate (GR), average daily growth (ADG), weight gain (WG), and mortality rate were evaluated. At the end of the rearing period, blood samples were collected to assess antioxidant enzyme activity. Six fish were randomly selected from each treatment, and blood was collected using a 2 mL syringe via the caudal vein with minimal handling stress. Blood samples (without anticoagulant) were centrifuged at 3000 rpm for 10 min and stored at −80°C. GPX, SOD, CAT, and MDA levels were measured using commercial kits (Zellbio, Germany) and an ELISA Reader (DANA DA3200, Iran).

Results and Discussion: No mortality was observed during the two-month rearing period, and survival was 100%. Final weight, biomass, production, BWI, SGR, ADG, and WG differed significantly among treatments (P<0.05). These indices showed an increasing trend in treatments 1, 2, and 3 compared with the control, with treatment 1 showing significantly higher values than the control (p<0.05). The lowest values were recorded in the control group. No significant differences were observed in other indices (p>0.05). Antioxidant enzyme activities (CAT, GPX, and SOD) increased significantly, while MDA levels decreased significantly compared with the control (p<0.05). Improved antioxidant status is directly associated with better growth and survival indices. Reduced oxidative stress in tissues such as the liver and muscle lowers the energy required for repair, allowing more energy to support growth and development. Hoseini *et al*. (2022) similarly reported that ginger supplementation in ammonia-stressed rainbow trout enhanced antioxidant activity and improved final weight and FCR. A strong antioxidant system supports the integrity of immune cells (e.g., lymphocytes and macrophages), leading to more effective immune responses and ultimately higher survival rates (Adeshina *et al*., 2021).

Conclusion: Based on the results, the inclusion of 1% ginger extract in the diet of Siberian sturgeon can activate the Nrf2 pathway, enhance antioxidant enzyme activity (increased SOD, CAT, and GPX), reduce lipid peroxidation (MDA), and improve growth performance and survival, particularly under stress conditions. Given its wide range of bioactive compounds, strong antioxidant capacity, and health-promoting effects, ginger is a valuable medicinal plant that can significantly enhance fish health, growth, and resistance in aquaculture. Its use as a natural alternative to antibiotics and chemical additives offers an effective, safe, and sustainable strategy for improving productivity and reducing disease in farming systems.

Conflict of Interest: There is no conflict of interest between the authors of the article.

Acknowledgment: We would like to thank the specialists at the International Sturgeon Research Institute. This study is part of research project number 020564-067-12-32-2, approved by the Iranian Fisheries Science Research Institute and registered with the Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO).

Key words: Siberian sturgeon, ginger extract, antioxidant enzymes, growth, survival

* *Corresponding Author: soheilbm274@gmail.com*

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71901/jad-2026-2-926]

نشریه توسعه آبزی‌پروری، سال بیستم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۵، صفحه های ۱۰۸-۹۳
DOI: 10.71901/jad-2026-2-926

"مقاله پژوهشی"

اثرات عصاره خشک زنجبیل (*Zingiber officinale*) بر شاخص های رشد، بازماندگی و دفاع آنتی اکسیدانی در تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*)

سهیل بازاری مقدم[1]*، فروزان باقرزاده لاکانی[1]، جلیل جلیل پور[1]

۱- انستیتو تحقیقات بین المللی ماهیان خاویاری، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱/۱۵

چکیده

با توجه به اثرات مفید و مزایای گیاه دارویی زنجبیل (*Zingiber officinale*)، این پژوهش با هدف بررسی اثرات عصاره خشک این گیاه بر شاخص‌های رشد، بازماندگی و دفاع آنتی‌اکسیدانی در تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) انجام پذیرفت. ۱۸۰ عدد تاسماهی سیبری با میانگین وزنی ۰/۱۱±۱۳/۸ گرم به طور تصادفی در چهار تیمار با سه تکرار شامل شاهد و سه تیمار عصاره پودری زنجبیل به نسبت ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد جیره به مدت هشت هفته تغذیه شدند. در طول دوره پرورش دو ماهه تلفاتی در تیمارها و شاهد مشاهده نگردید و بازماندگی ماهیان ۱۰۰٪ بود. در پایان دوره پرورش در میزان وزن نهایی، بیومس نهایی، تولید و درصد افزایش وزن (BWI)، نرخ رشد ویژه (GR)، نرخ رشد روزانه (ADG) و افزایش وزن ماهی (WG) در تیمار ها اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده شد ($p<0.05$). نتایج نشان داد که این شاخص‌ها در ماهیان تیمارهای ۱، ۲ و ۳ نسبت به شاهد روند افزایشی داشته است و میزان آن‌ها در تیمار ۱ به شکل معنی داری بیشتر از شاهد بوده ($p<0.05$) و کمترین میزان نیز در تیمار شاهد مشاهده گردید. در سایر شاخص‌های رشد اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد ($p>0.05$). مقدار آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاتالاز (CAT)، گلوتاتیون پراکسیداز (GPX) و سوپراکسید دیسموتاز (SOD) سرم خون ماهیان تیمارها نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار آماری مشاهده شد ولی میزان MDA نسبت به شاهد به صورت معنی‌داری کاهش یافت ($p<0.05$). نتایج این تحقیق نشان داد که عصاره خشک زنجبیل به میزان ۱ درصد جیره می‌تواند در بهبود عملکرد رشد و دفاع آنتی اکسیدانی تاسماهی سیبری مؤثر باشد.

کلمات کلیدی: تاسماهی سیبری، عصاره زنجبیل، آنزیم آنتی اکسیدان، رشد، بازماندگی

* عهده‌دار مکاتبات: soheilbm274@gmail.com

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71901/jad-2026-2-926]

مقدمه

استفاده از ترکیبات طبیعی با دارا بودن خواص دارویی و ضد میکروبی می‌تواند روش ایده‌آلی برای پیشگیری و درمان بیماری‌های عفونی در آبزی‌پروری باشد (Fatahi *et al*., 2025). زنجبیل (*Zingiber officinale*) از خانواده Zingiberaceae بوده (Kapoor, 2000) و بیش از ۲۰۰۰ سال است که به عنوان ادویه و افزودنی طبیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ghasemi Pirbalooti, 2011). این گیاه به عنوان یک محرک ایمنی برای رشد و سیستم ایمنی در آبزیان مفید بوده و به کاهش خسارات ناشی از بیماری‌ها در آبزی‌پروری کمک می‌کند (Nya and Austin, 2009; El-Desouky *et al*., 2012). ریزوم زنجبیل دارای طیف گسترده‌ای از فعالیت‌های پیشگیری و درمانی است (Ernst and Pittler, 2000) و در کنترل طیف وسیعی از بیماری‌های باکتریایی، ویروسی، قارچی و انگلی نیز مؤثر می‌باشد (Agrawal *et al*., 2001). ریزوم زنجبیل حاوی ترکیبات فعال متعددی از جمله روغن زنجبیل و جینجرول‌ها است که می‌توانند به شوگال‌ها (shogaol)، زینجرون (zingerone) و پارادول (paradol) تبدیل شوند (Chang *et al*., 2012). در میان این ترکیبات، 6- جینجرول به عنوان اصلی‌ترین ماده مؤثره زنجبیل شناخته شده و ترکیباتی نظیر ۸- جینجرول، ۱۰- جینجرول و شوگال در دسته ترکیبات فرعی قرار می‌گیرند (Dadfar *et al*., 2015). این ترکیبات نقش کلیدی در فعالیت‌های بیولوژیکی گیاه داشته و بسیاری از اثرات درمانی و ضد میکروبی زنجبیل مربوط به همین گروه از مواد مؤثره است. علاوه بر این، زنجبیل دارای مجموعه گسترده‌ای از عناصر و ترکیبات تغذیه‌ای شامل کلسیم، فسفر، آهن، سدیم، پتاسیم، منیزیم، کروم، کبالت، روی، سلنیوم، تیامین، ریبوفلاوین، نیاسین، ویتامین‌های A، C و E، روغن‌های فرار، رزین، پروتئین، سلولز و نشاسته است که نقش مهمی در خاصیت دارویی و ارزش تغذیه‌ای آن دارند (Vasala, 2012).

از جمله دلایل اصلی استفاده گسترده از زنجبیل، وجود خاصیت آنتی‌اکسیدانی، ضدالتهابی، ضدتوموری، ضدتهوع، تنظیم‌کننده فشارخون، محافظت‌کننده قلبی- عروقی و فعالیت ضد میکروبی این گیاه است (Ernst and Pittler, 2000; Grzanna *et al*., 2005). ترکیبات فعال زنجبیل قادرند با مهار آنزیم‌های COX-2 و iNOS، کاهش سطح سایتوکین‌های التهابی (TNF-α، IL-1β، IL-6) و فعال‌سازی مسیر Nrf2-ARE موجب کاهش التهاب و محافظت سلولی شوند (Grzanna *et al*., 2005). از سوی دیگر زنجبیل به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی بالقوه، به عنوان تضعیف‌کننده و نابودکننده رادیکال سوپراکسید و به عنوان یک مکانیسم حفاظتی احتمالی در مقابل مسمومیت خودبخودی و کشندگی در نظر گرفته شده است (Gabor *et al*., 2012).

در حوزه آبزی‌پروری، پژوهشگران اثرات تحریکی رشد و ایمنی زنجبیل را در گونه‌های مختلف مورد مطالعه قرار داده‌اند که شامل تأثیر تجویز خوراکی این گیاه در فیل‌ماهی (*Huso huso*) پرورشی (Gholipour Kanani *et al*., 2014)، خرچنگ دراز آب شیرین (*Macrobrachium rosenbergii*) (El-Desouky *et al*., 2012)، ماهی باس‌آسیایی (*Lates calcarifer*) (Talpur *et al*., 2013)، ماهی تیلاپیا (*Oreochromis niloticus*) (Antache *et al*., 2014) و ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) (Nya and

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71901/jad-2026-2-926]

Austin, 2009; Haghighi and Sharif Rohani, 2013; Awad *et al*., 2013; Akrami *et al*., 2018; Soltanian *et al*., 2020; Faghani Langroodi and Mohammad Nejad, 2021) می‌باشد.

Hassaan و همکاران (۲۰۲۰) اثر زنجبیل اضافه شده به جیره غذایی را در شرایط استرس دمایی بررسی کرده و بهبود شاخص‌های آنتی‌اکسیدانی را تایید کردند. Adeshina و همکاران (۲۰۲۱) نیز رابطه بین زنجبیل اضافه شده به جیره غذایی و تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی و مقاومت به *Aeromonas hydrophila* در گربه ماهی آفریقایی را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی مستقیماً با افزایش بقا در مواجهه با پاتوژن‌ها مرتبط است. Hoseini و همکارن (۲۰۲۲) علاوه بر رشد و آنتی‌اکسیدان‌ها، اثر محافظتی زنجبیل را در شرایط استرس (آمونیاک بالا) بررسی کردند. Yousefi و همکاران (۲۰۲۳) به بررسی اثر زنجبیل بر شاخص‌های رشد و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان (مانند کاتالاز، سوپراکسید دیسموتاز و گلوتاتیون پراکسیداز) در کپور معمولی پرداختند.

تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) گونه غالب در تولید خاویار پرورشی در سطح جهان است. سریع‌الرشد بودن، کوتاهی دوره رسیدگی بلوغ جنسی و خاویاردهی در کوتاه مدت، همچنین گستردگی و تنوع در رژیم غذایی باعث گردیده است که این گونه به عنوان یکی از گونه‌های اصلی در پرورش گوشتی ماهیان خاویاری آب شیرین معرفی گردد. بر اساس گزارش اخیر سازمان خوارک و کشاورزی ملل متحد و آنالیزهای بازار، بخش عمده خاویار پرورشی عرضه شده در بازارهای جهانی از این گونه منشاء می‌گیرد (Bronzi *et al.,* 2019; Stejskal *et al.,* 2020; FAO, 2022). با توجه به ویژگی‌ها و ترکیبات خاص زنجبیل به عنوان یک گیاه دارویی ارزشمند و همچنین اهمیت اقتصادی تاسماهی سیبری در صنعت آبزی‌پروری، این مطالعه به منظور ارزیابی تأثیر عصاره زنجبیل بر شاخص‌های رشد، بازماندگی و دفاع آنتی‌اکسیدانی در این گونه با ارزش انجام گردید.

مواد و روش‌ها

تهیه عصاره از گیاه زنجبیل

عصاره‌گیری از این گیاهان به روش پرکولاسیون انجام شد. ابتدا ریزوم گیاه زنجبیل، خشک و آسیاب گردید و در دستگاه عصاره‌گیری قرار داده شد. سپس با افزودن الکل اتانول ۸۰٪ در دمای ۵۵-۵۰ درجه سانتی‌گراد از گیاه عصاره‌گیری به عمل آمد. نسبت گیاه به حلال ۱ به ۳ بود. پس از اتمام عصاره‌گیری، عصاره حاصله توزین و با دستگاه تقطیر در خلاء (روتاری) در دمای ۵۵-۵۰ درجه سانتی‌گراد تا حد امکان تغلیظ و عملیات پاستوریزاسیون انجام شد. همچنین وزن عصاره تغلیظ شده و بازده عصاره‌گیری تعیین گردید. عصاره تغلیظ شده تا زمان تبدیل شدن به پودر به کمک Spray dryer، در فریزر ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شد (Ozakan *et al*., 2007).

اندازه گیری ترکیبات موجود در عصاره خشک

با توجه به تنوع ترکیبات موجود در زنجبیل و ویژگی‌های خاص هر یک از ترکیبات نظیر نقطه جوش متفاوت، لازم بود از روش‌های متعددی برای سنجش تمامی ترکیبات موجود در عصاره تولید شده استفاده گردد. لذا بدین منظور از دو روش کروماتوگرافی گازی (GC –MS) وکروماتوگرافی مایع (HPLC)

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.71901/jad-2026-2-926]

استفاده گردید (Rouessac and Rouessac, 2007; Lakhsmi and Rajalakshmi, 2011).

نحوه آماده سازی و تهیه جیره های غذایی

به منظور غذادهی با درصدهای مختلف عصاره پودری و نانوکپسول عصاره زنجبیل، از غذای کنسانتره تجاری با مقادیر پروتئین خام ٪۴۹، چربی خام ۱۵٪، فیبر خام ۳ ٪، فسفر ۱/۵ ٪، خاکستر ۹ ٪، رطوبت ۱۱ ٪، کلسیم ۱/۸ ٪ و سدیم ۰/۵ ٪ استفاده گردید. از آنجا که نحوه افزودن این ترکیبات در غذا و نیز حفظ کیفیت غذای مصرفی از اهمیت خاصی برخوردار است لذا به منظور افزودن ترکیبات به غذا و تهیه جیره غذایی، از روش انحلال در آب و اسپری نمودن در سطوح غذا و سپس هم‌زدن کامل این ترکیبات استفاده شد. غذاهای تهیه شده بر روی سینی‌های مجزا (به مدت ۲۴ ساعت) و در دمای محیط خشک گردیدند. سپس غذای خشک شده بر اساس روش استاندارد، به روش اسپری، روغن اندود گردید (Noga, 2000). غذای تولید شده در ظروف ویژه درب دار ریخته شد و سپس به منظور توزیع در وعده‌های مختلف در دمای ۶-۴ درجه سانتی گراد نگهداری گردید.

ذخیره سازی و تیمار بندی ماهیان

تعداد ۱۸۰ عدد تاسماهی سیبری پس از زیست سنجی (وزن و طول کل) با میانگین وزنی ۰/۱۱ ±۱۳/۸ گرم به ۱۲ عدد حوضچه نیم تنی فایبرگلاس (با حجم آبگیری ۳۵۰ لیتر)، معرفی گردیدند. این ماهیان در قالب طرح کاملاً تصادفی (Completely Randomized Design) توزیع گردیده و در چهار تیمار مختلف با سه تکرار شامل شاهد و سه تیمار آزمایشی از مقادیر مختلف عصاره پودری زنجبیل (۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد) در یک کیلوگرم غذا مورد مطالعه قرار گرفتند. طی دوره پرورش نسبت به زیست‌سنجی‌های دوره‌ای، اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی آب پرورشی اقدام گردید.

نحوه غذادهی

ماهیان به مدت هشت هفته بر اساس حداکثر ۳ درصد وزن توده زنده و به‌صورت دستی، در سه نوبت (در ساعات ۸، ۱۵و ۲۳) تغذیه شدند (Mohseni *et al*., 2006). غذای ماهیان بر اساس شماره هر تیمار در ظروف جداگانه و مخصوص و در یخچال نگهداری گردید. هر وعده غذایی با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم توزین گردیده و در سطح حوضچه‌ها توزیع شد. ۱۰ درصد حجم آب حوضچه‌های فایبرگلاس هر روز قبل از غذادهی سیفون می‌گردید تا غذای احتمالی مصرف نشده و فضولات از محیط پرورش خارج گردد.

اندازه‌گیری فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب

اندازه‌گیری فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی آب شامل دمای آب و pH توسط دستگاه دیجیتال WTW (مدل pH 330i ساخت Weilheim آلمان) و میزان اکسیژن محلول با استفاده از اکسی‌متر دیجیتال WTW (مدل Oxi 330i ساخت Weilheim آلمان) با دقت ۰/۰۱ به طور روزانه انجام گرفت و داده‌های مربوطه ثبت شدند. طی دوره پرورش دو ماهه میانگین دمای آب، اکسیژن محلول و pH تعیین گردید (جدول ۲).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71901/jad-2026-2-926]

جدول ۱: نتایج آنالیز عصاره خشک زنجبیل
Table 1: Results of the analysis of the dry ginger extract

Compounds	Dry extract (%)
6-Gingerol (mg/l)	25-18
6-Shogaol (mg/l)	8-4
Total phenolic content (mg/g)	55-35
Total Flavonoids (mg/g)	14-8
Antioxidant Activity (%)	85-70
Moisture (%)	8-6

جدول ۲: فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده طی دوره پرورش
Table 2: Physical and chemical factors measured during the rearing period

Rearing period	Water temperature (ºC)	Dissolved oxygeon (mg/l)	pH
The first four weeks of rearing	0.52 ± 21.8	0.28 ± 6.73	0.12 ± 6.7
The second four weeks of rearing	0.59 ± 22.2	0.38 ± 6.75	0.19 ± 6.9
Total rearing period	0.55 ± 22.1	0.32 ± 6.74	0.15 ± 6.8

شاخص‌های رشد

بررسی شاخص‌های رشد شامل ضریب چاقی (CF)، ضریب تبدیل غذایی (FCR)، درصد افزایش وزن (BWI)، نرخ رشد ویژه (SGR)، نرخ رشد (GR)، میانگین رشد روزانه (ADG)، افزایش وزن ماهی (WG) و نیز تلفات احتمالی نیز به منظور تعیین درصد بازماندگی (Survival rate) طی یک دوره هشت هفته‌ای انجام گرفت (Garg, 2007).

$CF = W/FL^3 \times 100$

W= وزن نهایی

FL= طول چنگالی نهایی

$SGR\ (\%/day) = 100 \times (L_n W_f - L_n W_i) / t$

$L_n W_f$ = لگاریتم وزن نهایی

$L_n W_i$ = لگاریتم وزن اولیه

t = مدت پرورش

WG (g) = Final weight – initial weight

Final weight = وزن نهایی

Initial weight = وزن اولیه

$BWI\ (\%) = 100 \times (BW_f - BW_i) / BW_i$

BW_f = وزن انتهایی

BW_i = وزن ابتدایی

FCR = Food intake / WG

Food intake = غذای خورده شده

ADG (g/day) = (Final weight – initial weight) / t

t = مدت پرورش

اندازه‌گیری آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان

به منظور ارزیابی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، در پایان دوره پرورش، نسبت به خون‌گیری از تیمارهای مختلف اقدام گردید. بدین منظور از هر تکرار تعداد ۶ عدد ماهی به‌طور تصادفی انتخاب و خون‌گیری به وسیله سرنگ ۲ سی‌سی از طریق ورید ساقه دمی واقع در پشت باله مخرجی با حداقل میزان دستکاری و استرس

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.71901/jad-2026-2-926]

انجام گرفت. لازم به توضیح است که در هنگام خون-گیری از مواد بیهوش‌کننده به علت احتمال تأثیر بر شاخص‌های خونی استفاده نگردید (Torrecillas *et al*., 2007; Torrecillas *et al*., 2011). نمونه‌های خون موجود در ویال‌های اپندورف (فاقد ماده ضد انعقاد) توسط دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ گردیدند. پس از انتقال سرم توسط سمپلر به ویال‌های جدید، در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. فعالیت آنزیم گلوتاتیون‌پراکسیداز (GPX)، سوپراکسیددیسموتاز (SOD)، کاتالاز (CAT) و مالون‌دی‌آلدهید (MDA) طبق روش شرکت سازنده کیت (Zellbio, Germany) و با استفاده از دستگاه ELISA Reader (DANA, DA3200, Iran) سنجیده شد (Mela *et al*., 2013).

تجزیه و تحلیل آماری داده ها

در این مطالعه از طرح کاملا تصادفی با تشکیل ۴ تیمار و هر تیمار با ۳ تکرار استفاده شد. به منظور بررسی توزیع نرمال داده‌ها در تیمارها و تکرارها برای کلیه متغیرهای رشد، خون و ایمنی از آزمون Shapiro-Wilk استفاده شد. نتایج نشان داد که توزیع کلیه داده‌ها در هر یک از متغیرهای مذکور از توزیع نرمال برخوردار بودند بنابراین به منظور مقایسه آماری بین گروه‌ها در تیمارها از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه (Oneway ANOVA) و پس از انجام آزمون Test of Homogeneity of Variances جهت مقایسه گروه‌ها با یکدیگر از آزمون دانکن در سطح ۵ درصد استفاده شد. کلیه آنالیزهای آماری با استفاده از نرم افزار SPSS ویرایش ۲۶ و جهت رسم نمودارها از نرم افزار Excel ۲۰۱۶ استفاده شد.

نتایج

شاخص‌های رشد

براساس نتایج بدست آمده، در طول دوره پرورش دو ماهه تلفاتی در تیمارها و شاهد مشاهده نگردید و بازماندگی ٪۱۰۰ بود. براساس آزمون تجزیه واریانس یکطرفه شاخص‌های رشد، در در وزن نهایی، بیومس نهایی، تولید و درصد افزایش وزن نرخ رشد ویژه، نرخ رشد روزانه و افزایش وزن ماهی در تیمارها اختلاف معنی‌دار آماری مشاهده شد ($p<0.05$). نتایج حاصل از آزمون دانکن نشان داد که این شاخص‌ها در ماهیان تیمارهای ۱، ۲ و ۳ نسبت به شاهد روند افزایشی داشته است و میزان این شاخص‌ها در تیمار ۱ به شکل معنی‌داری بیشتر از شاهد بوده و کمترین میزان نیز در تیمار شاهد مشاهده گردید. در سایر شاخص‌ها اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد ($p>0.05$).

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان

براساس آزمون تجزیه واریانس یکطرفه میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان سرم خون ماهیان درتیمارها اختلاف معنی‌دار آماری در میزان کاتالاز، گلوتاتیون-پراکسیداز، سوپراکسیددیسموتاز و میزان مالون‌دی-آلدهید مشاهده شد ($p>0.05$). نتایج حاصل از آزمون دانکن نشان داد که میزان کاتالاز سرم خون ماهیان در تیمارهای ۱، ۲ و ۳ نسبت به شاهد روند افزایشی داشته است و میزان این آنزیم در تیمار ۲ به شکل معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بوده و کمترین میزان کاتالاز در تیمار شاهد مشاهده گردید (شکل ۱). میزان گلوتاتیون‌پراکسیداز سرم خون ماهیان نیز در کلیه تیمارها نسبت به تیمار شاهد افزایش داشته است و کمترین میزان لوتاتیون‌پراکسیداز در تیمار شاهد مشاهده گردید (شکل ۲). میزان سوپراکسیددیسموتاز

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71901/jad-2026-2-926]

سرم خون ماهیان در تیمارها نسبت به شاهد روند افزایشی داشته است و میزان این آنزیم در تیمارهای ۲ و ۳ به شکل معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد بوده و کمترین میزان سوپراکسیددیسموتاز نیز در تیمار شاهد مشاهده گردید (شکل ۳). میزان مالون‌دی‌آلدهید سرم خون ماهیان در تیمارها نسبت به شاهد روند کاهشی داشته است و میزان این آنزیم در تیمارهای ۱و ۲ به شکل معنی‌داری کمتر ازسایر تیمارها بوده و بیشترین میزان مالون‌دی‌آلدهید در تیمار شاهد مشاهده گردید (شکل ۴).

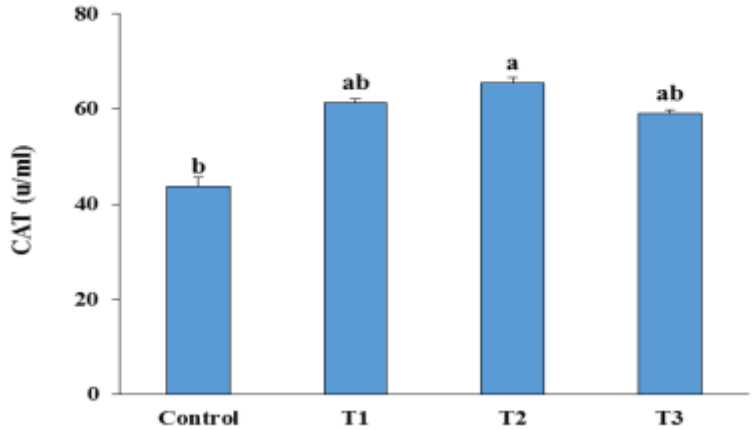
جدول ۳: شاخص‌های رشد تاسماهی سیبری تغذیه شده با غذای حاوی سطوح مختلف عصاره زنجبیل (خطای استاندارد ± میانگین)

Table 3: Growth indices of Siberian sturgeon fed with different levels of ginger extract (Mean ± SD)

Parameter	Control	T_1	T_2	T_3
Initial weight (g)	13.91 ± 0.29	13.86 ± 0.31	14.04 ± 0.14	13.53 ± 0.17
Final weight(g)	178.58 ± 3.44 ^{b}	201.76 ± 11.24 ^{a}	195.76 ± 9.13 ^{ab}	189.14 ±1.23 ^{ab}
Initial length(cm)	16.81 ±0.16	16.68 ± 0.10	17.04 ± 0.19	16.62 ± 0.04
Final length(cm)	37.64 ± 0.29	38.68 ± 0.86	38.68 ± 0.84	38.45 ± 0.50
Condition factor (CF)	0.33 ± 0.001	0.35 ± 0.007	0.34 ± 0.006	0.34 ± 0.006
Feed conversion ratio (FCR)	0.85 ± 0.02	0.79 ± 0.05	0.80 ± 0.04	0.79± 0.02
Initial biomass (g)	139.12 ± 2.94	138.46 ±2.38	140.49 ± 1.43	135.39 ± 1.75
Final biomass (g)	1785.80 ± 34.42 ^{b}	2017.60 ±112.43 ^{a}	1957.57 ±91.26 ^{ab}	1891.43 ± 44.71 ^{ab}
Production (g)	1646.68 ± 32.52 ^{b}	1879.14 ±110.06 ^{a}	1817.07 ±89.98 ^{ab}	1756.04 ± 46.06 ^{ab}
Body weight increase (BWI)	1184.12 ± 21.60 ^{b}	1355.29 ±55.79 ^{a}	1292.42 ±52.83 ^{ab}	1298.10 ± 48.27 ^{ab}
Specific growth rate (SGR)	4.56 ± 0.03	4.78 ± 0.06	4.70 ±0.07	4.71 ± 0.06
Growth rate (GR)	2.94 ± 0.06 ^{b}	3.36 ± 0.19 ^{a}	3.24 ± 0.17 ^{ab}	3.14 ± 0.08 ^{ab}
Average daily growth (ADG)	21.15 ± 0.38 ^{b}	24.20 ± 0.99 ^{a}	23.08 ± 0.94 ^{ab}	23.18 ± 0.86 ^{ab}
Weight gain (WG)	164.67 ± 3.23 ^{b}	187.91 ± 11.004 ^{a}	181.71 ± 8.99 ^{ab}	175.60 ± 4.61^{ab}

حروف لاتین غیرهم‌نام در ردیف نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار آماری می‌باشد (p<۰.۰۵).

The latin letters in each row shows significant difference (p<0.05).



شکل ۱: میزان کاتالاز سرم خون در تاسماهی سیبری تغذیه شده با سطوح مختلف عصاره زنجبیل در پایان دوره پرورش.

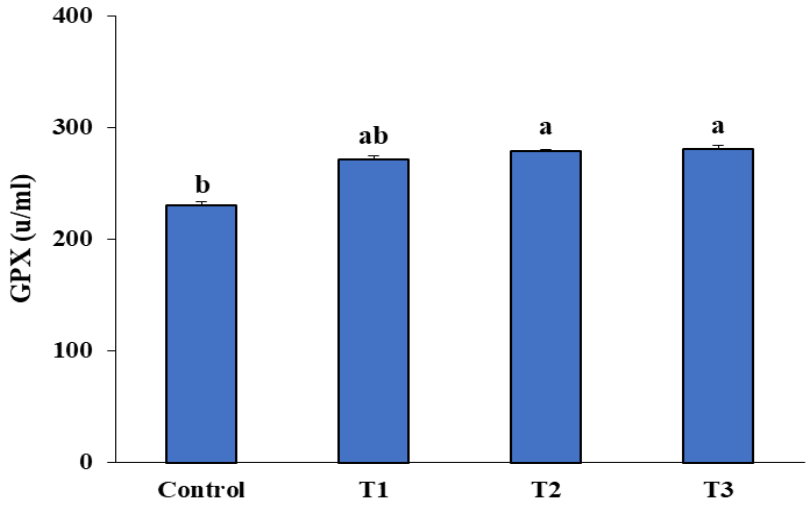
*داده‌هایی که با حروف غیرمشابه مشخص شده‌اند دارای اختلاف معنی‌دار آماری با یکدیگر هستند (p<۰/۰۵) (n=6).

Figure 1: Comparison of the CAT activity of blood serum in *Acipenser baerii* fed different levels of ginger at the end of the rearing period.

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71901/jad-2026-2-926]

*The data that are specified with dissimilar letters have statistically significant differences (p<0.05) (n = 6).

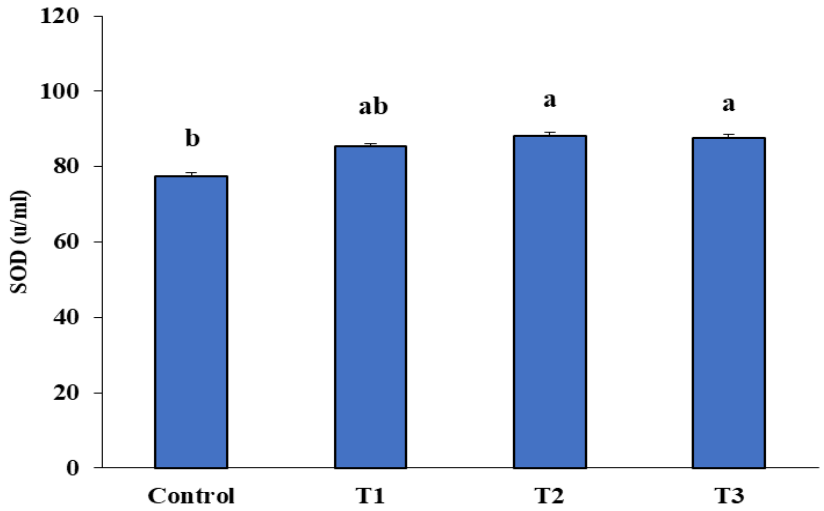


شکل ۲: میزان گلوتاتیون‌پراکسیداز سرم خون در تاسماهی سیبری تغذیه شده با سطوح مختلف عصاره زنجبیل در پایان دوره پرورش.

*داده‌هایی که با حروف غیرمشابه مشخص شده‌اند دارای اختلاف معنی‌دار آماری با یکدیگر هستند (p<۰/۰۵) (n=6).

Figure 2: Comparison of the GPX activity of blood serum in *Acipenser baerii* fed different levels of ginger at the end of the rearing period.

*The data that are specified with dissimilar letters have statistically significant differences (p<0.05) (n = 6).



شکل ۳: میزان سوپراکسیددیسموتاز سرم خون در تاسماهی سیبری تغذیه شده با سطوح مختلف عصاره زنجبیل در پایان دوره پرورش.

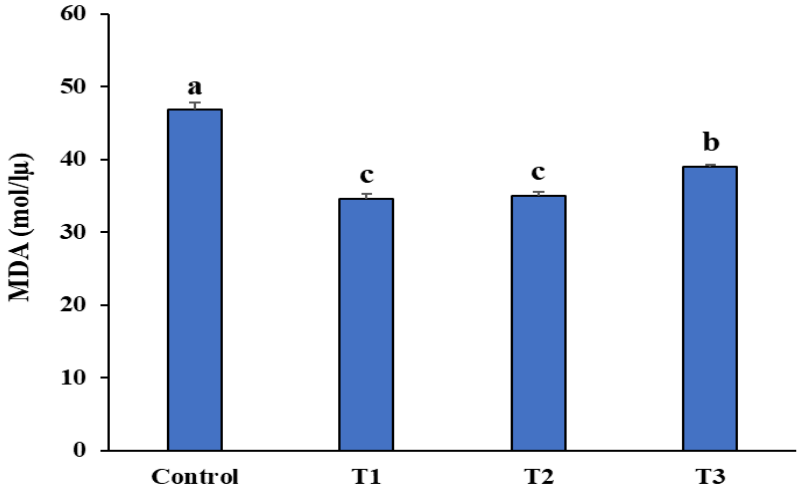
*داده‌هایی که با حروف غیرمشابه مشخص شده‌اند دارای اختلاف معنی‌دار آماری با یکدیگر هستند (p<۰/۰۵) (n=6).

Figure 3: Comparison of the SOD activity of blood serum in *Acipenser baerii* fed different levels of ginger at the end of the rearing period.

*The data that are specified with dissimilar letters have statistically significant differences (p<0.05) (n = 6).

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71901/jad-2026-2-926]



شکل ۴: میزان مالون‌دی‌آلدهید سرم خون در تاسماهی سیبری تغذیه شده با سطوح مختلف عصاره زنجبیل در پایان دوره پرورش.

*داده‌هایی که با حروف غیرمشابه مشخص شده‌اند دارای اختلاف معنی‌دار آماری با یکدیگر هستند (p<۰/۰۵) (n=6).

Figure 4: Comparison of the MDA of blood serum in *Acipenser baerii* fed different levels of ginger at the end of the rearing period.

*The data that are specified with dissimilar letters have statistically significant differences (p<0.05) (n = 6).

بحث

امروزه استفاده از ترکیبات گیاهی با خواص آنتی اکسیدانی بسیار مورد توجه قرارگرفته است. این در حالی است که در ماهیان نیز مانند سایر مهره‌داران، دفاع آنتی‌اکسیدانی در سلامت و پیشگیری از آسیب‌های سلولی حائز اهمیت می‌باشد. از این رو تقویت این سامانه دفاعی می‌تواند منجر به حفظ سلامتی ماهی و جلوگیری از ضایعات ایجاد شده در اثر تنش اکسیداتیو گردد (Bazari Moghaddam, 2026). در مطالعه حاضر در طول دوره پرورش دو ماهه تاسماهیان سیبری با جیره‌های حاوی سطوح مختلف عصاره زنجبیل، تلفاتی در ماهیان تیمارها و شاهد مشاهده نگردید و بازماندگی ۱۰۰٪ بود. در وزن نهایی، بیومس نهایی، تولید و درصد افزایش وزن، نرخ رشد ویژه، نرخ رشد روزانه و افزایش وزن ماهی در ماهیان تیمارهای ۱، ۲ و ۳ نسبت به شاهد روند افزایشی داشته است و میزان این شاخص‌ها در تیمار ۱ به شکل معنی‌داری بیشتر از شاهد بوده و کمترین میزان نیز در تیمار شاهد مشاهده گردید که این امر خود نشان دهنده شرایط رشد مناسب با استفاده از جیره‌های غذایی حاوی عصاره زنجبیل بوده است. مطالعات نشان داده‌اند که استفاده از زنجبیل، چه به صورت پودر و چه عصاره، می‌تواند منجر به تقویت پاسخ ایمنی، بهبود شاخص‌های خونی، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و افزایش مقاومت در برابر پاتوژن‌های باکتریایی شود (Nya and Austin, 2009). همچنین برخی مطالعات نشان می‌دهند که زنجبیل می‌تواند با بهبود عملکرد دستگاه گوارش و افزایش آنزیم‌های گوارشی، جذب مواد غذایی را در ماهیان افزایش داده و در نتیجه به رشد و بهبود وضعیت تغذیه‌ای کمک کند (Ai *et al*., 2007).

سیستم آنتی‌اکسیدانی یکی از حیاتی‌ترین ارکان بقا و سلامت آبزیان محسوب می‌شود. در شرایط پرورشی

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.71901/jad-2026-2-926]

متراکم، عواملی مانند تراکم بالا، نوسانات کیفیت آب و مدیریت تغذیه، منجر به تولید بیش از حد رادیکال‌های آزاد و القای استرس اکسیداتیو می‌شوند (Livingstone, 2001). استرس اکسیداتیو با آسیب به لیپیدها، پروتئین‌ها و DNA سلولی، نه تنها رشد را مختل می‌کند، بلکه حساسیت به بیماری‌ها را افزایش داده و نرخ بازماندگی را کاهش می‌دهد. در این میان، استفاده از افزودنی‌های غذایی طبیعی با خاصیت آنتی‌اکسیدانی، به عنوان یک استراتژی کارآمد و ایمن برای تقویت سامانه دفاعی بدن آبزیان مورد توجه قرار گرفته است. زنجبیل به دلیل دارا بودن ترکیبات زیست‌فعال متعدد، یکی از مؤثرترین این افزودنی‌هاست (Ahmadifar *et al*., 2022). اثرات آنتی‌اکسیدانی زنجبیل عمدتاً به وجود ترکیبات فنولی و ترپنوئیدی نسبت داده می‌شود که مهم‌ترین آن‌ها جینجرول‌ها، شوگال‌ها و زینجرن هستند (Prasad and Tyagi, 2015). این ترکیبات از دو مسیر اصلی بر سیستم آنتی‌اکسیدانی اثر می‌گذارند:

۱- اثر مستقیم (خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد): ساختار فنولی این ترکیبات به آن‌ها اجازه می‌دهد تا به عنوان دهنده الکترون یا هیدروژن عمل کرده و رادیکال‌های آزاد نظیر آنیون سوپراکسید و رادیکال هیدروکسیل را خنثی کنند. این خاصیت ذاتی، بار اکسیداتیو وارده بر سلول را کاهش می‌دهد (Masuda et al., 2004).

۲- اثر غیرمستقیم (تنظیم بیان ژن‌های آنتی‌اکسیدانی): مهم‌ترین و پایدارترین اثر زنجبیل از طریق فعال‌سازی مسیر سیگنالینگ Keap1/Nrf2/ARE صورت می‌گیرد. در شرایط عادی، فاکتور رونویسی Nrf2 در سیتوپلاسم توسط پروتئین Keap1 مهار می‌شود. ترکیبات الکتروفیل موجود در زنجبیل (مانند جینجرول) با تغییر در ساختار Keap1، باعث آزادسازی Nrf2 و انتقال آن به هسته سلول می‌شوند. Nrf2 در هسته به عناصر پاسخ‌دهنده آنتی‌اکسیدانی (ARE) متصل شده و رونویسی ژن‌های هدف را افزایش می‌دهد. این ژن‌ها شامل آنزیم‌های کلیدی آنتی‌اکسیدانی مانند سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، گلوتاتیون پراکسیداز و آنزیم‌های فاز ۲ سمیت‌زدایی مانند گلوتاتیون اس-ترانسفراز هستند (Kobayashi and Yamamoto, 2005; Faheem *et al*., 2020).

نتایج مطالعات متعدد، این مکانیسم‌ها را در گونه‌های مختلف آبزی تأیید کرده‌اند. به عنوان مثال، مطالعه Yousefi و همکاران (۲۰۲۳) بر روی بچه‌ماهیان کپور معماری نشان داد که افزودن پودر زنجبیل به جیره غذایی به مدت ۶۰ روز، به طور معنی‌داری فعالیت آنزیم‌های SOD، CAT و GPx را در سرم افزایش داد. این افزایش با کاهش سطح مالون‌دی‌آلدئید که شاخص پراکسیداسیون لیپیدی است، همراه بود که نشان‌دهنده کاهش واقعی استرس اکسیداتیو در سطح سلولی است. تحقیقات روی سایر گونه‌های خاویاری مانند فیل ماهی نیز نشان داده است که استفاده از زنجبیل (به ویژه به صورت عصاره) می‌تواند بیان ژن‌های آنتی‌اکسیدانی را در کبد (به عنوان عضو اصلی متابولیسم و سمیت‌زدایی) افزایش داده و مقاومت سلول‌های کبدی را در برابر آسیب‌های ناشی از استرس بالا ببرد (Binaii *et al*., 2020). افزایش فعالیت گلوتاتیون اس-ترانسفراز (GST) در این مطالعات، تأییدی بر فعال‌سازی مسیرهای سمیت‌زدایی وابسته به Nrf2 است.

بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدانی یک رابطه مستقیم با شاخص‌های رشد و بقا دارد. کاهش استرس اکسیداتیو در بافت‌هایی مانند کبد و عضله، به معنی کاهش هزینه‌های انرژی برای ترمیم آسیب‌ها است. این انرژی

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71901/jad-2026-2-926]

می‌تواند صرف رشد و توسعه بافت‌ها شود. Hoseini و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه خود روی قزل‌آلای رنگین‌کمان تحت استرس آمونیاک، نشان دادند که تیمارهای دریافت‌کننده زنجبیل نه تنها آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی بالاتری داشتند، بلکه وزن نهایی و ضریب تبدیل غذایی (FCR) بهتری نیز نشان دادند. از سوی دیگر، یک سیستم آنتی‌اکسیدانی قوی، یکپارچگی سلول‌های ایمنی (مانند لنفوسیت‌ها و ماکروفاژها) را در مواجهه با عوامل بیماری‌زا حفظ کرده و پاسخ ایمنی مؤثرتری را ممکن می‌سازد که نتیجه نهایی آن افزایش بازماندگی در دوره پرورش است (Adeshina *et al*., 2021).

با توجه به شواهد ارائه شده، می‌توان اذعان داشت که افزودن عصاره زنجبیل به جیره غذایی تاسماهی سیبری به میزان ۱ درصد، از طریق فعال‌سازی مسیر Nrf2 و افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آنزیمی (افزایش SOD، CAT و GPx) و غیرآنزیمی، منجر به کاهش پراکسیداسیون لیپیدی (کاهش MDA) و در نهایت بهبود کارایی رشد و افزایش نرخ بازماندگی، به ویژه در شرایط استرس‌زای پرورشی، می‌گردد.

نتیجه گیری

با توجه به ترکیبات مؤثره گسترده، خواص آنتی‌اکسیدانی قوی و اثرات سودمند بر سلامت عمومی، زنجبیل به عنوان یکی از گیاهان دارویی ارزشمند می‌تواند در بهبود سلامت، رشد و مقاومت ماهیان در آبزی‌پروری نقش چشمگیری ایفا نماید. استفاده از این گیاه، به ویژه در شرایطی که نیاز به جایگزین‌های طبیعی برای آنتی‌بیوتیک‌ها و مکمل‌های شیمیایی احساس می‌شود، می‌تواند یک راهکار مؤثر، ایمن و پایدار برای ارتقای بهره‌وری و کاهش بیماری‌ها در مزارع پرورشی باشد.

سپاسگزاری

بدینوسیله از مساعدت کارشناسان بخش بهداشت و بیماری‌های انستیتو تحقیقات بین المللی ماهیان خاویاری سپاسگزاری می‌گردد. این مقاله بخشی از نتایج پروژه تحقیقاتی مصوب موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور بوده که با کد مصوب ۲-۳۲-۱۲-۰۶۷-۰۲۰۵۶۴ در سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی ثبت گردیده است.

منابع

1. Adeshina, I., Abubakar, M.I. and Ajayi, E.O., 2021. Effects of dietary ginger (*Zingiber officinale*) on growth performance, antioxidant status, and disease resistance against *Aeromonas hydrophila* in African catfish (*Clarias gariepinus*). *Aquaculture International*, *29*(3), pp. 1123-1140. DOI:10.17582/journal.jahp/2026/14.2.467.476
2. Agrawal, M., Walia, S., Dhingra, S. and Khambay, B.P.S., 2001. Insect growth inhibition antifeedant and antifungal activity of compounds isolated derived from *Zingiber officinale* Roscoe, ginger rhizome. *Pest Management Science*, *57*(3), pp.289-300. DOI:10.1002/ps.263
3. Ahmadifar, E., Yousefi, M., Karimi, M., Fadaei Raieni, R., Dadar, M., Yilmaz, S., Dawood, M.A.O. and Abdel-Latif, H.M.R., 2022. The role of medicinal plants in enhancing the antioxidant defense system and growth performance in fish: A review. *Fish & Shellfish Immunology*, *127*, pp.577-589. DOI: 10.1016/j.fsi.2017.05.034
4. Ai, J., Xu, Y. and Chen, K., 2007. Ginger extract as an immunostimulant in aquaculture species. Aquaculture

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.71901/jad-2026-2-926]

Research, *38*(8), pp.772–780. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2015.03.014

5. Akrami, R., Ahmadi, Z., Chitsaz, H., Shamloofar, M., Habibi Nodeh, F., Sadeghi-Asl, F. and Zarrini, N., 2018. Effect of feed supplemented with Ginger (*Zingiber Officinale*) extract on the growth, biochemical and hemato-immunological parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus Mykiss*). *Journal of Veterinary Research*, *73*(2), pp.155-163. DOI: 10.22059/jvr.2018.129805.2337 [In Persian]
6. Antache, A., Cristea, V., Grecu, I., Dediu, L., Creţu, M. and Petrea, Şt.M., 2014. The influence of some phytobiotics on haematological and some biochemical indices at *Oreochromis niloticus*. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, *47*(1), pp.192-199.
7. Awad, E., Austin, D. and 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*). *Aquaculture*, *388–391*, pp.193–197. DOI:10.1016/j.aquaculture.2013.01.008
8. Bazari Moghaddam, S., 2026. The nutritional effects of Aloe vera extract on the activity of antioxidant enzymes, survival rate and non-specific immunity of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). *Journal of Aquaculture Development*, *19*(4), pp.1-13. DOI: 10.71901/jad-2025-4-872 [In Persian]
9. Binaii, M., Ghiasi, M., Fazli, H. and Mohseni, M., 2020. Effects of dietary ginger (*Zingiber officinale*) on growth performance, biochemical parameters, and antioxidant enzyme activities in juvenile beluga (*Huso huso*). *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, *19*(5), pp.2484-250.
10. Bronzi, P., Chebanov, M., Michaels, J. T., Wei, Q., Rosenthal, H. and Gessner, J., 2019. Sturgeon meat and caviar production: Global update 2017. *Journal of Applied Ichthyology*, *35*(1), pp.257-266. DOI: 10.1111/jai.13870
11. Chang, Y., Liu, C., Wu, C., Chiang, C., Lian, J. and Hsieh, S., 2012. Dietary administration of zingerone to enhance growth, non-specific immune response and resistance to *Vibrio alginolyticus* in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) juveniles. *Fish & Shellfish Immunology*, *32*, pp.284-290. DOI: 10.1016/j.fsi.2011.11.017
12. Garg, S.K., 2007. Effect of oral administration of L-thyroxine (T4) on growth performance, digestibility, and nutrient retention in *Channa punctatus* (Bloch) and *Heteropneustes fossilis* (Bloch). *Fish Physiology and Biochemistry*, *33*, pp.347–358. DOI: 10.1007/s10695-007-9166-1
13. Dadfar, S. M. M., Mohammadi, G., and Aghajanzadeh, H., 2015. Chemical composition and antioxidant properties of *Zingiber officinale* extracts. *Journal of Food Biochemistry*, *39*(4), pp.405–413. DOI: 10.5897/JMPR09.464
14. El-Desouky, H., El-Asely, A., Shaheen, A.A. and Abbass, A., 2012. Effects of *Zingiber officinalis* and *Cyanodon dactylon* on the growth performance and immune parameters of *Macrobrachium rosenbergii*. *World Journal of Fisheries and Marine Sciences*, *4*(3), pp.301-307. DOI: 10.5829/idosi.wjfms.2012.04.03.62120
15. Ernst, E., and Pittler, M.H., 2000. Efficacy of ginger for nausea and vomiting: A systematic review of randomized clinical trials. *British Journal of Anaesthesia*, *84*(3), pp.367–371. DOI: 10.1093/oxfordjournals.bja.a013442
16. Faghani Langroodi, H. and Mohammad Nejad, M., 2021. Changes in blood parameters and some biochemical factors of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) Fed with different levels of Ginger extract *Zingiber officinale. Journal of Animal Environment*, *12*(4), pp.35-46. [In Persian]
17. Faheem, M., Khaliq, S., Mustafa, N. and Riaz, M.N., 2020. Role of dietary ginger *Zingiber officinale* in improving

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71901/jad-2026-2-926]

growth and health of *Labeo rohita* fingerlings exposed to thermal stress. Aquaculture Research, *51*(11), pp.4665-4675. DOI: 10.1016/j.fsi.2016.08.056

18. FAO., 2022. The state of world fisheries and aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. FAO.
19. Fatahi, A.R., Faghani, H., Mohammad Nejad Shamoushaki, M. and Mousavi Sabet, H., 2025. Effect of *Cinnamomum verum* Powder on the antioxidant defense, liver enzymes and chemical composition muscle of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Aquaculture Development*, *19*(1), pp.47-60. DOI: 10.71901/jad-2024-1-815
20. Gabor, E.F., Ichim, O. and Suteu, M., 2012. Phytoadditives in rainbow trout (*oncorhynchus mykiss*) nutrition. *Biharean Biology, 6*, pp.134-139.
21. Ghasemi Pirbalooti, A., Pirali, A., Pishkar, Gh., Jalali, S.M.A., Raeisi, M., Jaafarian, D. and Hamedi, B., 2011. The effect of some pharmaceutical plant essence on rainbow trout (*Ocorhynchus mykiss*) immunological system. *Pharmaceutical Plant Journal*, *2*, pp.149-155. [In Persian]
22. Gholipour Kanani, H., Nobahar, Z., Kakoolaki, Sh. and Jafarian, H., 2014. Effect of ginger- and garlic in juvenile *Huso huso*. *Fish Physiology and Biochemistry*, *40*, pp.481–490. DOI: 10.1007/s10695-013-9859-6
23. Grzanna, R., Lindmark, L. and Frondoza, C. G., 2005. Ginger-An herbal medicinal product with broad anti-inflammatory actions. *Journal of Medicinal Food*, *8*(2), pp.125–132. DOI: 10.1089/jmf.2005.8.125
24. Haghighi, M. and Sharif Rohani, M., 2013. The effects of powdered ginger (*Zingiber officinale*) on the haematological and immunological parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Medicinal Plant and Herbal therapy research,1*, pp.8-12.
25. Hassaan, M. S., Hakim, Y. and El-Sayed, B.M., 2020. Dietary supplementation with ginger (*Zingiber officinale*) extract enhances growth performance, antioxidant status, and immune response of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) reared under suboptimal temperature. *Journal of Thermal Biology, 90*, 102595.
26. Hoseini, S.M., Yousefi, M., Hoseinifar, S.H. and Van Doan, H., 2022. Protective effects of ginger (*Zingiber officinale*) extract on growth, antioxidant status, and immune responses of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) exposed to ambient ammonia. *Aquaculture*, *546*, pp.737315.
27. Kapoor, L. D., 2000. Handbook of Ayurvedic Medicinal Plants. CRC Press, 1–416.
28. Kobayashi, M. and Yamamoto, M., 2005. Molecular mechanisms activating the Nrf2-Keap1 pathway of antioxidant gene regulation. *Antioxidants & Redox Signaling*, *7*(3-4), pp.385-394. DOI: 10.1089/ars.2005.7.385
29. Lakhsmi, P.T.V. and Rajalakshmi, P., 2011. Identification of phyto-components and its biological activities of *Aloe vera* (L.) through Gas Chromatography-Mass Spectrometry. *International Research Journal of Pharmacy*, *2*(5), pp.247-249. DOI: 10.5897/AJB11.4307
30. Livingstone, D.R., 2001. Contaminant-stimulated reactive oxygen species production and oxidative damage in aquatic organisms. *Marine Pollution Bulletin*, *42*(8), pp.656-666. DOI: 10.1016/S0025-326X(01)00060-1
31. Masuda, Y., Kikuzaki, H., Hisamoto, M. and Nakatani, N., 2004. Antioxidant properties of gingerol related compounds from ginger. BioFactors, *21*(1-4), pp.293-296. DOI:10.1002/biof.552210157
32. Mela, M., Guiloski, I.C., Doria, H.B., Rabitto, I.S., daSilva, C.A., Maraschi, A.C., Prodocimo, V., Freire, C.A., F. Randi, M.A., OliveiraRibeiro, C.A. and SilvadeAssis, H.C., 2013. Risks of

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71901/jad-2026-2-926]

waterborne copper exposure to a cultivated freshwater Neotropical catfish (*Rhamdia quelen*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *88*, pp.108–116. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2012.11.002

33. Mohseni, M., Pourkazemi, M., Bahmani, M., Falahatkar, B., Pourali, H.R., Salehpour, M., 2006. Effects of feeding rate and frequency on growth performance of yearling great sturgeon, *Huso huso*. *Journal of Applied Ichthyology*, *22*, pp.278-282.
34. Noga, E., 2000. Fish Diseases: diagnosis and treatment. Wiley-Blackwell press. Pp,366-367.
35. Nya, E.J., Austin, B., 2009. Use of dietary ginger (*Zingiber officinale*) as an immunostimulant to control *Aeromonas hydrophila* infections in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Fish Diseases, 32*(11), pp.971-977. DOI: 10.1111/j.1365-2761.2009.01101.x
36. Ozakan, G., Simsek, B. and Kuleasan, H., 2007. Antioxidant activities of *Satureja cilicica* essential oil in butter and in vitro. *Journal of Food Engineering, 79*, pp. 391-1396. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2006.04.020
37. Prasad, S. and Tyagi, A.K., 2015. Ginger and its constituents: role in prevention and treatment of gastrointestinal cancer. *Gastroenterology Research and Practice*, 142979. DOI: 10.1155/2015/142979
38. Rouessac, F. And A., 2007. Chemical Analysis Modern Instrumentation Methods and Techniques. 2nd Edition, England, John Wiley & Sons Ltd.
39. Soltanian, M., Faghani Langrodi, H. and Mohammad Nejad, M., 2020. The effect of *Zingiber officinale* extract on growth factors, survival and carcass composition in Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Scientific Research Journal of Animal Environment*, *12*(4), pp.26-38. [In Persian]
40. Stejskal, V., Kouřil, J., Hamáčková, J., Prokeš, M., Baránek, V., Policar, T. and Vachta, R., 2020. Sturgeon aquaculture potential in the Czech Republic: A market analysis. *Aquaculture International*, *28*(1), pp.1-16.
41. Talpur, A.D., Ikhwanuddin, M. and Ambok Bolong, A., 2013. Nutritional effects on ginger (*Zingiber officinal* Roscoe) on immune response of Asian sea bass (*Lates calcarifer*) and disease resistance against *Vibrio harveyi*. *Aquaculture*, 400-401, pp.46–52. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2013.02.043
42. Torrecillas, S., Makol, A., Caballero, M.J., Montero, D., Robaina, L., Real, F., Sweetman, J., Tort, L., Izquierdo, M.S., 2007. Immune stimulation and improved infection resistance in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed mannan oligosaccharides (MOS). *Fish and Shellfish Immunology*, *23*, pp.969-981. DOI: 10553/44945
43. Torrecillas, S., Makol, A., Caballero, M.J., Montero, D., Gines, R., Sweetman, J. and Izquierdo, M.S., 2011. Improved feed utilization, intestinal mucus production and immune parameters in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed mannan oligosaccharides (MOS). *Aquaculture Nutrition*, *17*(2), pp.223-233. DOI:10.1111/j.1365-095.2009.00730.x
44. Vasala, P.A., 2012. Nutritional and mineral composition of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *International Journal of Plant Sciences*, *7*(2), pp.45–52.
45. Yousefi, M., Farsani, M.N., Ghafarifarsani, H., Hoseini, S.M. and Van Doan, H., 2023. Dietary ginger (*Zingiber officinale*) powder supplementation modulates growth performance, antioxidant defense, immune response, and stress resistance in common carp (*Cyprinus carpio*) fry. *Aquaculture Reports*, *29*, pp.101498. DOI: 0.22092/ijfs.2018.119876

[Downloaded from aqudev.lahijan.iau.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.71901/jad-2026-2-926]