University of Guilan with collaboration of Iranian Aquaculture Society

Aquatic Animals Nutrition

Vol. 11, No. 4, 2026, pages: 1-14
DOI: 10.22124/janb.2026.33913.1311

RESEARCH PAPER **OPEN ACCESS**

Effects of different levels of resveratrol antioxidant on blood parameters, serum biochemical indices and liver enzymes of juvenile Stellate sturgeon, *Acipenser stellatus* (Pallas, 1771)

Younes Golalipour[1], Hossein Khara*[1], Habib Vahabzadeh Roudsary[1], Ayoub Yousefi Jourdehi[2], Alinaghi Sarpanah[2]

1- Department of Fisheries, La.C., Islamic Azad University, Lahijan, Iran
2- International Sturgeon Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran

Received 01 November 2025 Revised 18 December 2025 Accepted 21 December 2025 Published online 11 September 2026

KEYWORDS

Resveratrol
Blood indices
Liver enzymes
Biochemical parameters
Acipenser stellatus

ABSTRACT

Introduction: Bioactive compounds in plants are essential for aquatic animal nutrition because of their antioxidant and anti-inflammatory effects. They combat oxidative stress by neutralizing free radicals and protecting cells from damage. This protection helps to maintain normal physiological functions critical for fish health. Furthermore, these compounds enhance the immune system, increasing fish resistance to pathogens and environmental stressors. Improved immunity reduces disease risk and mortality rates. Bioactive substances also support digestion and nutrient absorption, as well as promoting better growth performance. Collectively, they boost fish resilience and biological functioning, making them valuable for sustainable aquaculture. Given the importance of Stellate sturgeon, *Acipenser stellatus*, as one of the most commercially valuable fish species in the Caspian Sea, in this research, the effects of different levels of resveratrol antioxidant on blood parameters, serum biochemical indices, and liver enzymes in the juvenile Stellate sturgeon were studied for 8 weeks.

Materials and Methods: To examine the effects of Resveratrol, five dietary treatments with 200, 400, 800, and 1000 mg/kg (R_{200}, R_{400}, R_{800}, and R_{1000}, respectively) were prepared along with a control basal diet without Resveratrol (R_0). Ingredients for the basal diet were precisely weighed and mixed, with the Resveratrol added accordingly. Pellets were made by mixing the ingredients, forming dough with water, grinding through a 2 mm pellet, drying at 40 °C for 36 h, and storing at dry and cold place. One hundred and fifty Stellate sturgeon

averaging 92 ± 2.5 g were acclimated for two weeks in 15 fiberglass tanks stocked with 10 fish each. After acclimation, tanks were randomly assigned to treatments with three replicates for an 8-week trial. Water quality was maintained with aeration, daily 50% water exchange, and stable temperature (18.54 ± 0.53 °C), oxygen (6.89 ± 0.19 mg/L), and pH (8.09 ± 0.01). At the end, in order to determine the hematological, biochemical parameters, and liver enzymes, blood was taken from the caudal vein using a syringe and poured into a 2-mL microtube. Data were statistically analyzed using One-Way ANOVA, and Tukey's multiple comparison with significance at $P<0.05$.

Results: The results showed that at the end of the experiment, the highest hematocrit (42.66 ± 2.42%) was observed in R_{1000}, exhibiting a significant difference compared to the control (R_0; $P<0.05$). The lowest glucose and cholesterol levels were observed in R_{800} and R_{1000}, exhibiting a significant difference compared to the control (R_0; $P<0.05$). Also, the lowest triglyceride was observed in R_{1000}, exhibiting a significant difference compared to the control (R_0; $P<0.05$). The lowest aspartate aminotransferase (AST) was observed in R_{1000}, exhibiting a significant difference compared to the control (R_0; $P<0.05$).

Discussion and Conclusion: The results showed that Resveratrol can improve the general health status of aquatic animals, but it is very important to determine the effective doses on blood indices, serum biochemical parameters, and liver enzymes. Therefore, in the present study, Resveratrol in nutritional treatments with a dose of 1000 mg/kg diet is recommended for juvenile Stellate sturgeon. Overall, the present results suggest that a diet containing 1000 mg/kg Resveratrol could enhance blood indices, serum biochemical parameters, and liver enzymes in juvenile Stellate sturgeon.

*Corresponding author: hossein.khara@iau.ac.ir

دانشگاه گیلان با مشارکت انجمن آبزی‌پروری ایران

تغذیه آبزیان

سال یازدهم، شماره چهارم، دی ۱۴۰۴، صفحات ۱۴-۱

DOI: 10.22124/janb.2026.33913.1311

"مقاله پژوهشی"

اثر سطوح مختلف ضد اکسایش رسوراترول (Resveratrol) بر فراسنجه‌های خونی، شاخص‌های بیوشیمیایی سرم و آنزیم‌های کبدی بچه ماهی ازون برون (*Acipenser stellatus*)

یونس گلعلی‌پور[۱]، حسین خارا*[۱]، حبیب وهابزاده رودسری[۱]، ایوب یوسفی جوردهی[۲]، علینقی سرپناه[۲]

۱- گروه شیلات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

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

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۱۰ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۹/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۳۰ تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۶/۲۰

چکیده

ترکیبات زیست‌فعال موجود در گیاهان، به واسطه دارا بودن خواص ضداکسایشی و ضدالتهابی، نقش مهمی در تغذیه آبزیان دارند. این مطالعه با هدف بررسی اثرات ضداکسایشی رسوراترول بر فراسنجه‌های خونی، شاخص‌های بیوشیمیایی سرم و آنزیم‌های کبدی بچه ماهی ازون‌برون (*Acipenser stellatus*) انجام شد. تعداد ۱۵۰ ماهی با میانگین وزنی ۲/۵ ± ۹۲ گرم در یک طرح کاملاً تصادفی با ۵ تیمار آزمایشی و ۳ تکرار (با تعداد ۱۰ عدد در هر تکرار) استفاده شد که شامل گروه شاهد (R_0؛ بدون استفاده از رسوراترول) و تیمارهای آزمایشی با تغذیه از رسوراترول به ترتیب ۲۰۰، ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ mg/kg غذا (به ترتیب R_{200}، R_{400}، R_{800} و R_{1000}) و به مدت ۸ هفته تغذیه شدند. نتایج حاصله نشان داد که در پایان آزمایش، بیشترین میزان هماتوکریت ۲/۴۲ ± ۴۲/۶۶ ٪ در تیمار حاوی ۱۰۰۰mg/kg رسوراترول (R_{1000}) مشاهده شد که نسبت به گروه شاهد دارای تفاوت معنی‌دار بود ($P<0/05$). کمترین میزان گلوکز و کلسترول در تیمارهای حاوی ۸۰۰ و ۱۰۰۰ mg/kg رسوراترول (R_{800} و R_{1000}) مشاهده شد که با گروه شاهد دارای تفاوت معنی‌دار بود ($P<0/05$). همچنین کمترین میزان تری‌گلیسرید در تیمار حاوی ۱۰۰۰ mg/kg رسوراترول مشاهده شد که با گروه شاهد دارای تفاوت معنی‌دار بود ($P<0/05$). کمترین مقدار آنزیم کبدی (AST) aspartate aminotransferase در تیمار حاوی ۱۰۰۰ mg/kg رسوراترول مشاهده شد که با گروه شاهد دارای تفاوت معنی‌دار بود ($P<0/05$). در مجموع، بر اساس نتایج این تحقیق، افزودن ۱۰۰۰ mg/kg رسوراترول به جیره غذایی بچه ماهی ازون‌برون برای بهبود فراسنجه‌های خونی، شاخص‌های بیوشیمیایی سرم و آنزیم های کبدی در این ماهی پیشنهاد می‌شود.

کلمات کلیدی

رسوراترول

شاخص‌های خونی

آنزیم‌های کبدی

پارامترهای بیوشیمیایی

ازون‌برون

نویسنده مسئول: hossein.khara@iau.ac.ir

مقدمه

امروزه صنعت آبزی‌پروری بخش مهمی از اقتصاد را به خود اختصاص داده و تأمین کننده پروتئین مورد نیاز برای مصارف انسانی است (Dawood et al. 2020). همچنین، گسترش و موفقیت در آبزی‌پروری به عوامل مختلفی مانند افزایش تراکم در واحد سطح وابسته است. پرورش متراکم ماهیان معمولاً توأم با تنش‌های اکسایشی، سرکوب دستگاه ایمنی و بیماری‌های عفونی است (Abdel-Latif et al. 2020). عموماً استفاده از ترکیبات شیمیایی در جیره غذایی یا در محیط پرورشی به عنوان یکی از روش‌های معمول مقابله با این مشکلات مطرح است، چون استفاده بیش از اندازه از آنتی‌بیوتیک‌ها و دارودرمانی اثرات جانبی قابل ملاحظه‌ای بر سلامت انسان، محیط زیست و بوم‌سازگان می‌گذارد. بنابراین، استفاده از مکمل‌های غذایی طبیعی یکی از راهکاری ویژه و کارآمد در آبزی‌پروری امروزی شناخته شده است (Ahmadifar et al. 2020).

مطالعات مختلف نشان داده‌اند که استفاده از ترکیبات طبیعی همانند پروبیوتیک‌ها، پری‌بیوتیک‌ها، عصاره‌های گیاهی و ضداکسایش‌ها منجر به بهبود فعالیت آنزیم‌های گوارشی و کاهش آنزیم‌های کبدی شده و در سلامت ماهی بسیار تأثیرگذارند. علاوه بر این، محرک‌های ایمنی طبیعی موجب فعال‌سازی سازوکارهای دفاع ذاتی و تولید مولکول‌های ضدمیکروبی شده (Harikrishnan et al. 2009) که نسبت به دیگر محرک‌های ایمنی، زیست تخریب‌پذیر و مقرون به صرفه‌تر هستند (Ortuno et al. 2002). فرآورده‌های گیاهی را به دلایلی همچون در دسترس بودن، کاربرد آسان، عدم اثرات منفی و برخورداری از خواص ضدباکتریایی و ضداکسایشی، می‌توان به عنوان مکمل‌های غذایی در جیره آبزیان پرورشی استفاده کرد (Vaez et al. 2016). در این بین، ضداکسایش‌ها دسته‌ای از محرک‌های ایمنی هستند که در فرآورده‌های گیاهی یافت، و خود به دو دسته طبیعی و صناعی تقسیم می‌شوند. امروزه، استفاده از ضداکسیدان‌های طبیعی در آبزی‌پروری به دلیل اثرات سوء و جهش‌زایی ضداکسایش‌های مصنوعی، گسترش بیشتری یافته است (Sodagar and Zakariaei, 2015).

رسوراترول یکی از این ضداکسایش‌های طبیعی است که بیشتر در هسته انگور یافت شده و با تحریک ایمنی باعث تقویت دستگاه دفاعی اختصاصی و غیراختصاصی در ماهی‌ها می‌شود (Terech-Majewska et al. 2018). همچنین، رسوراترول در جلوگیری از روندهای دژنراتیو عصبی، عفونت‌های ویروسی، بیماری‌های عروقی و سرطان نقش داشته (Delmas et al. 2011) و منجر به کاهش معنی‌دار تری‌گلیسرید پلاسما، اسیدهای چرب آزاد، کلسترول و تری‌گلیسرید کبد می‌شود (Dobrydneva et al. 1999). مطالعات قبلی نشان داده است که رسوراترول دارای خواص ضداکسایشی، ضدالتهابی و محافظت از قلب است (Hung et al. 2000; Delmas et al. 2006; De la Lastral and Villegas, 2007; Schwager et al. 2017) و می‌تواند اثرات مهمی بر سوخت و ساز لیپید و گلوکز داشته باشد (Baur et al. 2006; Ganjam et al. 2009; Zhang et al. 2012). با وجود این، با توجه به خصوصیات رسوراترول و نبود اطلاعات کافی در مورد اثرات آن در ماهیان خاویاری، تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر رسوراترول در جیره غذایی بر فراسنجه‌های خونی، شاخص‌های بیوشیمیایی سرم و آنزیم‌های کبدی در بچه ماهی ازون‌برون (*Acipenser stellatus*) انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری (ایستگاه چابکسر) انجام شد. قبل از شروع مرحله اصلی مطالعه، بچه‌ماهیان ازون‌برون برای سازگاری با شرایط جدید به مخازن فایبرگلاس انتقال یافتند و به مدت دو هفته با غذای شاهد تغذیه شدند. پس از اتمام مدت سازگاری، ۱۵۰ عدد ماهی با میانگین وزن اولیه ۲/۵ ± ۹۲ گرم و به تعداد ۱۰ عدد در هر مخزن فایبرگلاس با ظرفیت ۴۵۰ لیتر در ۵ تیمار و هر تیمار با ۳ تکرار (مجموعاً ۱۵ مخزن) توزیع شدند و به مدت ۸ هفته بررسی شدند. کارگاه پرورشی در یک مکان سرپوشیده قرار داشت و آب مورد نیاز در این تحقیق از طریق چاه تأمین شد. میانگین دما، اکسیژن محلول و pH آب به ترتیب °C ۰/۵۳ ± ۱۸/۵۴، ۰/۱۹ ± ۶/۸۹ میلی‌گرم در لیتر و ۰/۰۱ ± ۸/۰۹ بود. دوره نوری برای پرورش شامل ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی بود.

در این مطالعه ۵ تیمار غذایی با درصدهای صفر، ۲۰۰، ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم رسوراترول در هر کیلوگرم

به جیره اضافه شد (جدول ۱) (Naderi Farsani et al. 2021). رسوراترول از شرکت داروسازی رها (اصفهان)، کنجاله سویا از شرکت خوراک دام، طیور و آبزیان وحدت (رشت، گیلان) و مکمل های ویتامینه و معدنی از شرکت لابراتورهای دارویی سیانس (قزوین، ایران) خریداری شد. فرمول‌بندی جیره‌ها توسط نرم‌افزار Excel انجام شد. مراحل آماده‌سازی جیره‌ها در کارگاه ساخت جیره انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری انجام شد. در مرحله ساخت جیره‌های آزمایشی، ابتدا مواد اولیه پودر، و با الک ۱۰۰ میکرون الک شد تا نمونه نرم و یکنواختی به دست آید. سپس اقلامی که درصد کمتری در جیره داشتند، شامل رسوراترول، مکمل معدنی و ویتامینه، ضد قارچ و بنتونیت با ترازوی ۰/۰۰۱ گرم (Sartorius، آلمان) توزین شد و سپس اقلامی که درصد بالاتری در جیره داشتند، شامل پودرماهی، آرد گندم، کنجاله سویا و گلوتن گندم که با ترازوی دیجیتال با دقت یک گرم توزین شده بودند، به صورت دستی مخلوط و نهایتاً تمام اقلام به صورت یکنواخت با همدیگر مخلوط شدند. پس از آن به طور کامل با روغن‌های ماهی و کلزا و لسیتین و ملاس ترکیب و با مقدار مناسبی آب مخلوط شدند و یک ترکیب خمیری شکل به دست آمد. مخلوط به دست آمده با چرخ گوشت صنعتی با چشمه ۲ میلی‌متر دو بار چرخ و سپس روی سینی‌ها پخش شد و با استفاده از خشک‌کن صنعتی در دمای ۴۰ °C درجه به مدت ۳۶ ساعت خشک شد. پس از اتمام مرحله خشک شدن، رشته‌ها به پلت‌های کوچک مطابق با اندازه دهان ماهی شکسته شد. سپس، جیره‌های آزمایشی بسته‌بندی و در محیط خشک و خنک نگهداری شدند. غذادهی به ماهیان به صورت دستی و روزانه در سه نوبت (ساعات ۸، ۱۴ و ۱۸) انجام شد (Gholian et al. 2020). هر روز قبل از اولین غذادهی، مخازن سیفون، و حدود ۵۰٪ از آب آن‌ها تعویض شد تا به این طریق باقی‌مانده‌های غذایی و مدفوع خارج شود. پس از آن با آبگیری مجدد مخازن مقداری غذا به تدریج و با توجه به اشتهای ماهیان در آب پخش شد. همچنین، ماهیان از لحاظ میزان تغذیه و سلامت نیز بررسی شدند. بعد از اتمام غذادهی، تمامی مخزن‌ها از لحاظ میزان غذای خورده شده بررسی شدند تا در صورت نیاز مجدد مقداری غذا در اختیار ماهیان قرارگیرد.

جدول ۱ ترکیبات بیوشیمیایی و مواد تشکیل دهنده جیره‌های آزمایشی

Table 1 The biochemical composition and ingredients of the experimental diets.

Ingredients (%)	Experiment diets				
	R1000	R800	R400	R200	R0
Fish meal	50	50	50	50	50
Resveratrol[a]	0	0.02	0.1	0.08	0.04
Wheat flour	10	10	10	10	10
Wheat gluten	12	12	12	12	12
Soybean meal[b]	13	13	13	13	13
Fish oil	5	5	5	5	5
Canola oil	5	5	5	5	5
Vitamins Premix[c]	1	1	1	1	1
Minerals Premix[d]	1	1	1	1	1
Lecitin[b]	1	1	1	1	1
Antifungal[b]	0.2	0.2	0.2	2.0	2.0
Bentonite[b]	8.1	1.78	1.70	1.72	1.76
Proximate composition					
Crude protein	47.75	47.75	47.75	47.75	47.75
Crude lipid	05.16	05.16	05.16	05.16	05.16
Moisture	6.28	6.28	6.28	6.28	6.28
Crude ash	9.18	9.18	9.18	9.18	9.18
Gross energy (MJ/kg)	19.6	19.6	19.6	19.6	19.6

[a] Raha Pharmaceutical company (Esfahan, Iran);

[b] Vahdat Gilan Animal, Poultry and Aquatic Feed Company (Rasht, Guilan);

[c] Science Laboratories Co. (Qazvin, Iran) provides the following information in grams per kilogram (g/kg): A (1600000 IU), D_3 (400000 IU), E (40), K_3 (2), B_1 (6), B_2 (8), B_3 (12), B_5 (40), B_6 (4), B_9 (2), B_{12} (0.008), H_2 (0.24), C (60), Inositol (20), Biotin (0.2)
[d] Science Laboratories Co. (Qazvin, Iran) contains the following elements per kg: Iron (6 g), Zinc (10 g), Selenium (0.02 g), Cobalt (0.1 g), Copper (6 g), Manganese (5 g), Iodine (0.6 g), Choline chloride (6 g)

فراسنجه‌های خونی

در پایان دوره پرورش و به منظور بررسی فراسنجه‌های خونی و شاخص‌های بیوشیمیایی سرم ماهیان، تعداد ۳ ماهی از هر مخزن برداشته، و خونگیری با استفاده از سرنگ از ناحیه باله دمی ماهیان و پس از ۲۴ ساعت از قطع غذادهی انجام شد. برای شاخص‌های خونی و پس از خون-گیری از سیاهرگ ساقه دمی، بخشی از خون به داخل لوله-های از قبل برچسب‌گذاری شده آغشته به ماده ضد انعقاد خون (هپارین) منتقل و بخش دیگر برای تعیین شاخص-های سرمی و آنزیم‌های کبدی به ظروف غیرهپارینه از قبل برچسب‌گذاری شده وارد شدند. سپس، سرم خون با روش سانتریفیوژ سرد (۲۵۰۰ دور در دقیقه در مدت ۱۰ دقیقه و دمای $4\ ^{\circ}C$) جداسازی و در درون ریزلوله‌های مخصوص در دمای $-80\ ^{\circ}C$ تا انجام آزمایش‌های مربوطه نگهداری شدند. برای تعیین شاخص‌های خونی شامل شمارش گلبول‌های قرمز (Red blood cell; RBC) و گلبول‌های سفید (White blood cell; WBC) از لام هماسیتومتر (نئوبار)، مقدار هماتوکریت (Hematocrit; Hct) از روش میکروهماتوکریت و غلظت خون هموگلوبین (Hemoglobin concentration; Hb) از روش سیانومت هموگلوبین با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۴۰ نانومتر برحسب گرم در دسی‌لیتر اندازه‌گیری شدند (Blaxhall and Daisley, 1973). شاخص‌های گلبول‌های قرمز خون شامل حجم متوسط گلبول‌های قرمز (Mea corpuscular volume; MCV)، غلظت میانگین هموگلوبین در گلبول قرمز (Mean corpuscular hemoglobin; MCH) و تغییرات غلظت متوسط هموگلوبین گلبول قرمز (Mea corpuscular hemoglobin concentration; MCHC) با روابط زیر تعیین شدند (Chung et al., 2021):

$$MCV\ (fL) = Hematocrit \times 10 / Red\ blood\ cell$$
$$MCH\ (pg/cell) = Hemoglobin \times Red\ blood\ cell$$
$$MCHC\ (\%) = Hemoglobin / Hematocrit$$

شاخص‌های بیوشیمیایی سرم

غلظت پروتئین تام سرم به روش رنگ‌سنجی بیوره در طول موج ۵۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شد (Abdollahpour et al. 2024). گلوکز، تری‌گلیسرید و کلسترول تام سرم نیز با روش رنگ‌سنجی آنزیمی و با استفاده از کیت‌های تجاری پارس آزمون (کرج، ایران) مطابق دستورالعمل سازنده سنجش شدند. کلیه قرائت‌ها با دستگاه اسپکتروفوتومتر T80 (PG Instruments، انگلستان) و بر اساس پروتکل‌های استاندارد (Abdollahpour et al. 2020; Jafari et al. 2020) انجام شد.

اندازه‌گیری آنزیم‌های کبدی

مقادیر آنزیم‌های کبدی شامل سطوح آلکالین فسفاتاز (alkaline phosphatase; ALP)، آسپارت آمینوترانسفراز (aspartate aminotransferase; AST) و آلانین آمینوترانسفراز (alanine aminotransferase; ALT) با قرار دادن کیت‌های تجاری شرکت پارس آزمون در دستگاه اتوآنالایزر (Technicon, RA 1000) و قرائت در طول موج ۳۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شدند (McClatchey, 2002).

سنجش داده‌ها

این مطالعه بر اساس طرح آزمایشی کاملاً تصادفی طراحی، و برای سنجش داده‌ها از نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ استفاده شد. ابتدا نرمال بودن داده‌ها با کمک آزمون

Kolmogorov-Smirnov ارزیابی و آزمون همگنی واریانس نیز توسط تست Levene انجام شد. برای بررسی وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها از آزمون واریانس یکطرفه استفاده شد و در صورت وجود اختلاف معنی‌دار میانگین‌ها با کمک آزمون Tukey در سطح احتمال ۵٪ مقایسه شدند.

نتایج

فرآسنجه‌های خونی

نتایج شاخص‌های خونی در جدول ۲ نشان داده شده است. بر اساس نتایج حاصل، سطوح شاخص‌های خون (تعداد گلبول‌های قرمز و سفید، هموگلوبین، MCV، MCH و MCHC) در ماهیان ازون‌برون همزمان با افزایش غلظت رسوراترول در جیره افزایش یافت، ولی معنی‌دار نبود (P>۰/۰۵)، در حالی‌که، درصد هماتوکریت خون به طور معنی‌داری با افزایش سطوح رسوراترول در جیره افزایش یافت و در غلظت ۱۰۰۰ به حد بیشینه رسید (P>۰/۰۵).

جدول ۲ شاخص‌های خونی بچه ماهیان ازون‌برون (*Acipenser stellatus*) تغذیه شده با سطوح مختلف رسوراترول پس از ۸ هفته آزمایش

Table 2 Hematological parameters of juvenile stellate sturgeon (*A. stellatus*) fed with different levels of Resveratrol after 8 weeks of experiment.

Parameters	Experimental Diets				
	R0	R200	R400	R800	R1000
RBC ($\times10^3/mm^3$)	105.85 ± 85.74	118.33 ± 42.33	119 ± 56.09	119.33 ± 35.83	119.33 ± 72.35
WBC ($\times10^3/mm^3$)	5.33 ± 57.94	5.65 ± 44.83	6.00 ± 56.64	9.33 ± 37.54	7.33 ± 32.89
Hb (g/dL)	5.85 ± 0.48	6.62 ± 0.35	6.82 ± 0.33	6.62 ± 0.13	6.86 ± 0.43
Hct (%)	35.66 ± 2.38^b	40.33 ± 2.83^a	41 ± 2.42^a	42 ± 1.14^a	42.66 ± 2.42^a
MCV (fL)	360.33 ± 3.47	352.33 ± 4.46	353.33 ± 3.37	360 ± 1.18	362.66 ± 2.80
MCH (pg/cell)	57.33 ± 0.33	56.00 ± 1.53	56.66 ± 0.66	56.66 ± 0.33	57 ± 0.00
MCHC (%)	15.66 ± 0.33	15.66 ± 0.33	16.00 ± 0.57	15.33 ± 0.33	15.66 ± 0.33

Data expressed as mean ± S.D., n = 3 (each replicate tank was stocked with 10 fish).
Values along rows with different superscripts differ significantly (P<0.05).

فراسنجه‌های بیوشیمیایی

نتایج بررسی اثرات استفاده از پودر رسوراترول بر فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم بچه ماهیان ازون‌برون در طی ۸ هفته در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج نشان داد که با افزایش سطوح رسوراترول میزان پروتئین کل پلاسما در جیره تغییری نیافت (P>۰/۰۵)، اما سطوح گلوکز، کلسترول و تری‌گلسیرید به طور معنی‌دار کاهش یافت (P<۰/۰۵)، به طوری که بالاترین میزان گلوکز، کلسترول و تری‌گلیسرید در تیمار R_0 و کمترین آن در تیمار R_{1000} مشاهده شد.

آنزیم‌های کبدی

بر اساس نتایج آنزیم‌های کبدی (شکل ۱) با افزایش سطوح رسوراترول در جیره فعالیت فعالیت AST به طور معنی‌دار کاهش یافت (P<۰/۰۵)، ولی سطوح آنزیم‌های ALT و ALP به‌رغم کاهش، بین تیمارها اختلاف معنی‌دار نشان نداد (P>۰/۰۵).

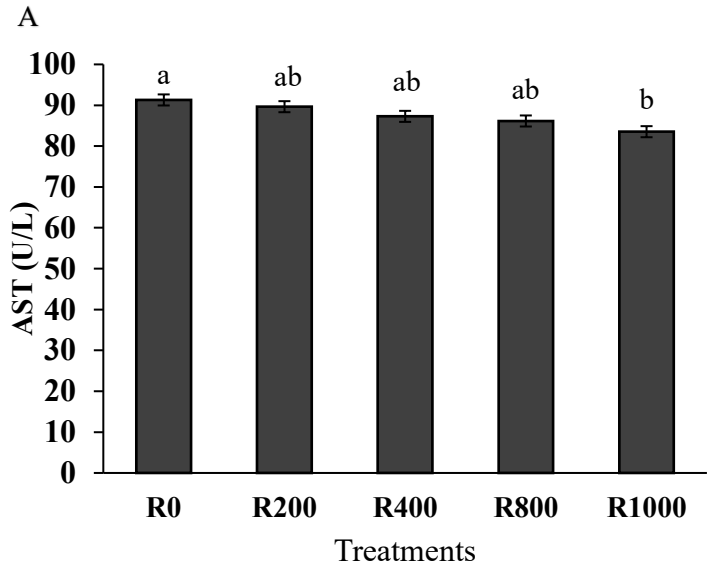
جدول ۳ فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم بچه ماهیان ازون‌برون (*Acipenser stellatus*) تغذیه شده با سطوح مختلف رسوراترول پس از ۸ هفته آزمایش

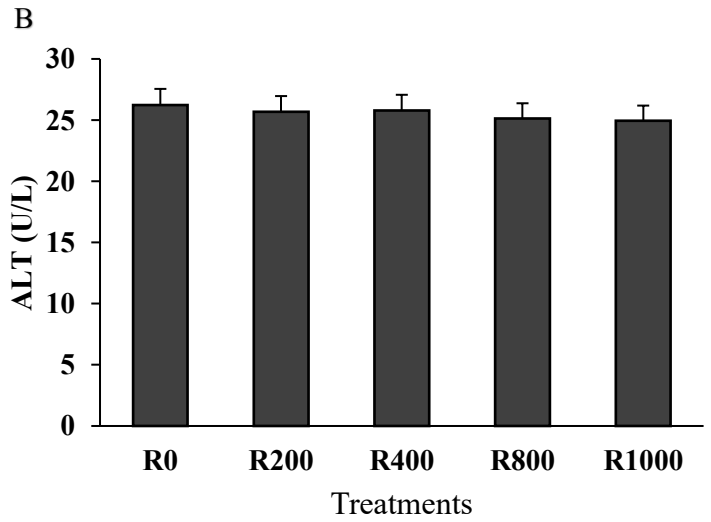
Table 3 Serum biochemical indices of juvenile stellate sturgeon (*A. stellatus*) fed with different levels of Resveratrol after 8 weeks of experiment (mean ± SD).

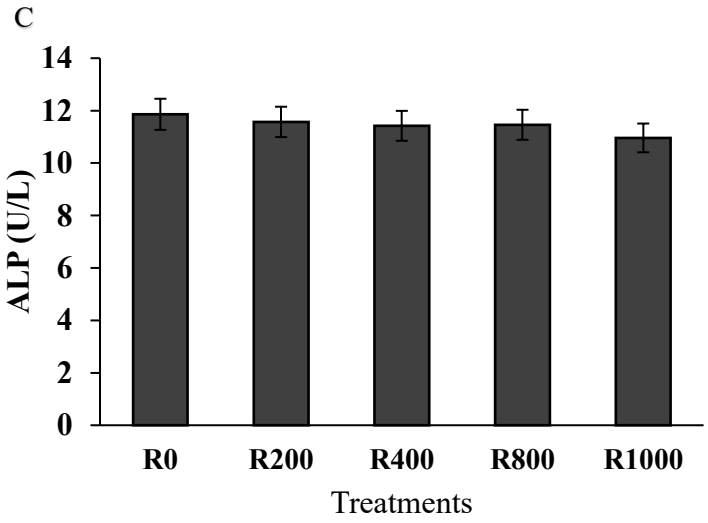
Parameters	Experimental diets				
	R0	R200	R400	R800	R1000
Total protein (g/dL)	3.45 ± 0.18	3.58 ± 0.28	3.64 ± 0.19	3.83 ± 0.26	3.92 ± 0.17
Glucose (mg/dL)	36.54 ± 2.94^{a}	35.73 ± 1.48^{ab}	33.40 ± 1.46^{ab}	32.93 ± 2.32^{b}	31.02 ± 3.83^{b}
Cholesterol (mg/dL)	135.18 ± 14.85^{a}	128.9 ± 18.39^{a}	121.38 ± 10.83^{ab}	114.73 ± 5.47^{b}	107.26 ± 6.87^{b}
Triglyceride (mg/dL)	385.15 ± 12.34^{a}	379.35 ± 13.71^{a}	374.09 ± 17.18^{ab}	365.37 ± 11.74^{ab}	356.15 ± 14.66^{b}

Data expressed as mean ± S.D., n = 3 (each replicate tank was stocked with 10 fish).

Values along rows with different superscripts differ significantly (P<0.05).







شکل ۱ مقادیر آنزیم‌های کبدی بچه ماهیان ازون‌برون (*Acipenser stellatus*) تغذیه شده با سطوح مختلف رسوراترول پس از ۸ هفته آزمایش. A) آسپارت آمینوترانسفراز؛ B) آلانین آمینوترانسفراز؛ C) آلکالین فسفاتاز

Figure 1 Liver enzyme content of juvenile stellate sturgeon (*A. stellatus*) fed with different levels of Resveratrol after 8 weeks of experiment. A) aspartate aminotransferase; B) alanine aminotransferase; C) alkaline phosphatase

بحث

ارزیابی شاخص‌های خونی و بیوشیمیایی خون برای تعیین وضعیت سلامت بسیاری از مهره‌داران از جمله ماهیان مهم است. شاخص‌های بیوشیمیایی خون برای طیف وسیعی از اهداف استفاده شده و تفاوت مشاهده شده در این شاخص‌ها به عوامل مختلفی بستگی دارد (Khodadoust, 2015). Alyakrinskyaya و Dolgova (۱۹۸۴) نشان دادند که مطالعات خون شناسی روی ماهیان خاویاری در درک تکامل آنها و همچنین کنترل وضعیت فیزیولوژیک ماهی در شرایط پرورشی مهم است. به نظر می‌رسد که اطلاعات زیادی درباره اثر استفاده از رسوراترول بر شاخص‌های خونی ماهیان به خصوص ماهیان خاویاری وجود ندارد. در مجموع، بررسی داده‌های مربوط به شاخص‌های خون‌شناسی در این مطالعه که بر روی استفاده از رسوراترول در تغذیه بچه ماهی ازون‌برون انجام شد، نشان داد که در تعداد گلبول-های قرمز، گلبول‌های سفید و مقدار هموگلوبین تفاوت معنی‌داری در بین تیمارها دیده نمی شود، اما در مقدار هماتوکریت اختلاف معنی‌دار مشاهده شد، به طوری که مقدار هماتوکریت با افزایش سطوح رسوراترول افزایش معنی‌داری را در مقایسه با تیمار شاهد نشان داد. تاکنون مشخص شده است که تغییرات یاخته‌های قرمز خون ماهی به عوامل مختلفی از جمله گونه ماهی، نژاد، سن، جنس، تغییرات فصلی، شرایط اقلیمی و جغرافیایی، عوامل محیطی تنش‌زا، آلودگی‌ها و شرایط چرخه جنسی و موارد فیزیولوژیک دیگر بستگی دارد (Mercaldo-Allen et al. 2003; Swain et al. 2007; Vinodhini and Narayanan, 2009). تعداد گلبول‌های سفید و نسبت انواع آنها یکی از شاخص‌های مهم سلامتی و وضعیت دستگاه ایمنی در جانوران محسوب می‌شود (Shalaby et al. 2006). گلبول‌های سفید ماهیان در عمل فاگوسیتوز و پاسخ ایمنی بدن نسبت به عوامل انگلی، باکتریایی، ویروسی و کمک به ترمیم بافت‌های صدمه دیده نقش مهمی ایفا می‌کنند. لذا، اندازه‌گیری گلبول‌های سفید، درصد و نوع آنها در تعیین وضعیت عمومی ماهی می‌تواند کاربرد فراوانی داشته باشد (Shahsavani et al. 1999). Oskoii و همکاران (۲۰۱۲)، نیز به تأثیر محرک‌های گیاهی بر شاخص‌های خونی و از جمله گلبول سفید در ماهی قزل‌آلای رنگین کمان (*Onchorhynchus mykiss*) تأکید کردند. شاخص‌های خونی شامل MCV، MCH وMCHC در بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری نداشتند. با توجه به این که افزایش میزان MCV، MCH و MCHC به عنوان نشانه‌ای از بی نظمی و اختلال در فعالیت اندام‌های

خونساز مانند طحال و کبد و بروز مسمومیت و کم‌خونی تلقی می‌شود (Munker et al. 2007)، عدم تغییر در شاخص‌های یاد شده در مطالعه حاضر نشان دهنده شرایط مناسب فیزیولوژیک و خونی بچه ماهی ازون‌برون در تیمار رسوراترول است.

بر اساس تحلیل داده‌های مربوط به شاخص‌های بیوشیمیایی در این مطالعه، میزان گلوکز تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای مختلف نشان داد، به طوری که در تیمارهای R_{800} و R_{1000} کمترین میزان گلوکز دیده شد و با گروه شاهد اختلاف نشان دادند. در تنش‌های محیطی، کاتکول آمین‌ها شامل اپی‌نفرین (آدرنالین) و نوراپی‌نفرین (نورآدرنالین) با تأثیر بر کبد سبب القای گلوکونئوژنز می‌شوند که این امر با افزایش میزان گلوکز سرم همراه است. در مطالعه‌ای مشخص شد که ضداکسایش‌هایی مانند رسوراترول با حذف رادیکال‌های آزاد در کاهش لیپولیز یاخته‌های چربی نقش دارند (Krawczyk et al. 2012). در همین رابطه، Grundmann و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که افزایش سطوح عصاره علف چای (*Hypericum perforatum*) با غلظت‌های ۱۵۰ و ۱۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم تنش مزمن را بهبود بخشیده و مقادیر افزایش یافته آدرنوکورتیکوتروپین و کورتیکوسترون سرم را کاهش داده است. نتایج Afzali-kordmahalleh (۲۰۲۱) نیز نشان داد که با افزایش سطوح رسوراترول در جیره غذایی ماهی قزل آلای رنگین کمان میزان گلوکز به طور معنی‌دار کاهش یافت. در مقابل، Motamedi Tehrani و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که سطوح مختلف پوسته پسته سبز (*Pistacia vera*) در جیره کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) تفاوت معنی‌دار در میزان گلوکز ایجاد نکرد.

در مطالعه حاضر، میزان تری‌گلیسرید در تیمار R_{1000} نسبت به گروه شاهد کاهش معنی‌دار نشان داد. افزایش سطح تری‌گلیسرید پلاسما را می‌توان نشان دهنده عدم تأمین اسیدهای آمینه ضروری به میزان مناسب دانست که منجر به ایجاد اختلال در کار کبد، افزایش لیپوژنز و کاهش بتا اکسیداسیون اسیدهای چرب و سوخت و ساز چربی‌ها می‌شود (Matter et al. 2004).

بررسی نتایج کلسترول نشان داد که با افزایش سطح رسوراترول میزان آن به صورت منظم کاهش یافته و در تیمارهای R_{800} و R_{1000} با گروه شاهد اختلاف معنی‌دار نشان داده‌اند. Harikrishnan و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که تغذیه ماهی کفشک ژاپنی (*Paralichythys olivaceus*) با غذای حاوی عصاره میوه کامل انار پس از چهار هفته منجر به افزایش معنی‌دار کلسترول می شود. این در حالی است که در بررسی Shafiei و همکاران (۲۰۱۵) هیچ تفاوت معنی‌داری در میزان کلسترول بین کپورهای معمولی تغذیه شده با عصاره الکلی پوست انار (*Punica granatum*) و گروه شاهد مشاهده نشد. در تطابق با نتایج مطالعه حاضر، Zolfaghari و Firouzbakhsh (۲۰۱۳) در بررسی عصاره آبی ریحان (*Ocimum basilicum*) بر روی قزل آلای رنگین کمان و Afzali-kordmahalleh (۲۰۲۱) در بررسی رسوراترول بر روی قزل آلای رنگین کمان گزارش کردند که با افزایش سطوح جایگزینی میزان کلسترول پلاسما کاهش یافت. هیچ ارتباط روشنی بین سطوح استفاده از عصاره‌های گیاهی در جیره غذایی، با کلسترول خون بچه ماهی ازون‌برون وجود ندارد. قسمت عمده آپولیپوپروتئین‌های دخیل در سوخت و ساز چربی‌ها در کبد ساخته می‌شوند و عملکرد کبد بر روی آن‌ها تأثیرگذار است و افزایش میزان چربی موجب کاهش سوخت و ساز آن در کبد می‌شود. از این رو، با توجه به این که میزان چربی جیره در مطالعه حاضر تقریباً ثابت بود، این موضوع احتمالاً به دلیل سرشار بودن رسوراترول از اسیدهای چرب ضروری است که می‌تواند میزان کلسترول خون در ماهیان تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح مختلف رسوراترول را تحت تأثیر قرار دهد.

در مطالعه حاضر، اضافه کردن درصدهای مختلف رسوراترول در جیره منجر به ایجاد تفاوت معنی‌دار در فعالیت آنزیم AST شد، به طوری که با افزایش مقدار رسوراترول در جیره، فاکتور یاد شده کاهش معنی‌دار نشان داد که ممکن است به دلیل تأثیر مطلوب سطوح بالای رسوراترول در جیره بر عملکرد فعالیت کبد باشد، زیرا بسیاری از عصاره‌های گیاهی فعالیت ضداکسایشی قابل توجهی داشته و برای درمان بیماری‌هایی مانند سمیت کبدی کاربرد دارند (Farzollahi et al. 2019). Li و Xu (۲۰۱۹) اثرات رسوراترول در جیره غذایی ماهی کپور آیینه‌ای را بررسی کردند و دریافتند که میزان آنزیم AST تفاوت معنی‌دار نشان نمی دهد که با مطالعه حاضر مغایرت داشت، در حالی که در مطالعه Afzali-

kordmahalleh (۲۰۲۱) این آنزیم در تیمارها با یکدیگر تفاوت معنی‌دار نشان داد و همسو با مطالعه حاضر بود. در مطالعه دیگری، Arinc و همکاران (۲۰۱۵)، به بررسی ساز و کار مهار Cytochrome P450) CYP1A1 Family 1 Subfamily A Member 1) و گلوتاتیون اس-ترانسفراز در کبد ماهی توسط پنج فلاوونوئید از جمله رسوراترول پرداختند و گزارش کردند که رسوراترول در مهار CYP1A1 وابسته به EROD (7-Ethoxyresorufin O-deethylase) مؤثر است. به همین دلیل رسوراترول به عنوان یک پیشگیری کننده قوی از سرطان شناخته می‌شود که می‌تواند در حفظ سلامت کبد مؤثر باشد. Ibrahium (۲۰۱۰) دریافت که تغذیه موش با سطح ۸۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم عصاره پوست انار می‌تواند سطح آنزیم ALT را پس از هشت هفته کاهش دهد که این امر نشانگر آن است که برخی ترکیبات گیاهی با تثبیت در غشای یاخته‌ای، می‌توانند یاخته‌ها را در برابر عوامل مخرب مثل رادیکال‌های آزاد محافظت کنند.

در کل، در تحقیق حاضر بیشترین میزان هماتوکریت در ماهی ازون‌برون تغذیه شده با ۱۰۰۰ mg/kg رسوراترول مشاهده شد. تغییرات میانگین میزان گلوکز، کلسترول و تری‌گلیسرید سرم خون ماهی ازون‌برون در تیمارهای ۸۰۰ و ۱۰۰۰ mg/kg رسوراترول در پایان دوره آزمایش (۸ هفته) کاهش معنی‌دار در مقایسه با گروه شاهد نشان دادند. تغییرات میانگین میزان آنزیم کبدی AST ماهی ازون‌برون در تیمار حاوی ۱۰۰۰ mg/kg رسوراترول در پایان دوره آزمایش کاهش معنی‌دار در مقایسه با گروه شاهد داشت. لذا استفاده از ۱۰۰۰ mg/kg رسوراترول برای بهبود شاخص‌های خونی، فراسنجه‌های بیوشیمیایی سرم و آنزیم-های کبدی در تغذیه بچه ماهی ازون‌برون پیشنهاد می‌شود.

منابع

Abdel-Latif, H.M., Abdel-Tawwab, M., Khafaga, A.F., Dawood, M.A. 2020. Dietary origanum essential oil improved antioxidative status, immune-related genes, and resistance of common carp (*Cyprinus carpio* L.) to *Aeromonas hydrophila* infection. Fish & Shellfish Immunology 104: 1-7. DOI: 10.1016/j.fsi.2020.05.056

Abdollahpour, H., Falahatkar, B., Efatpanah, I., Meknatkhah, B. 2020. Short-term physiological role of thyroxine administration on plasma metabolites and growth performance of Sterlet sturgeon *Acipenser ruthenus*. Aquaculture Research 51: 1372-1380. DOI: 10.1111/are.14482.

Abdollahpour, H., Pastaki, N.J., Karimzadeh, M., Zamani, H., 2024. Buspirone administration: Influence on growth, spawning, immune response, and stress in female goldfish (*Carassius auratus*). Heliyon 10, e39754. DOI: 10.1016/j. heliyon.2024.e39754.

Afzali-kordmahalleh, A. 2021. Effects of different levels of Resveratrol antioxidant on digestive, liver enzymes and blood biochemical parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Doctor of Veterinary Medicine, The University of Urmia, 61 p. (In Persian).

Ahmadifar, E., Sadegh, T. H., Dawood, M. A., Dadar, M., Sheikhzadeh, N. 2020. The effects of dietary *Pediococcus pentosaceus* on growth performance, hemato-immunological parameters and digestive enzyme activities of common carp (*Cyprinus carpio*). Aquaculture 516: 734656. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2019.734656

Alyakrinskyaya, I.O. Dolgova, S.N. 1984. Hematological features of young sturgeons. Voprosy Ichtiologii 4: 135-139.

Arinç, E., Yilmaz, D., Bozcaarmutlu, A. 2015. Mechanism of inhibition of CYP1A1 and glutathione S-transferase activities in fish liver by quercetin, resveratrol, naringenin, hesperidin, and rutin. Nutrition and Cancer 67: 137-144. DOI: 10.1080/01635581.2015.965335

Baur, J.A., Pearson, K.J., Price, N.L., Jamieson, H.A., Lerin, C., Kalra, A., Sinclair, D.A. 2006. Resveratrol improves health and survival of mice on a high-calorie diet. Nature 444: 337-342.

Blaxhall, P., Daisley, K. 1973. Routine haematological methods for use with fish blood. Journal of Fish Biology 5: 771-781. DOI: 10.1111/j.1095-8649.1973. tb045 10.x

Chung, S., Ribeiro, K., Melo, J.F.B., Teixeira, D.V., Vidal, L.V.O., Copatti, C.E. 2021. Essential oil from ginger influences the growth, haematological and biochemical variables and histomorphometry of intestine and liver of Nile tilapia juveniles. Aquaculture 534: 736325. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2020.736325.

Dawood, M.A., Metwally, A.E.S., El-Sharawy, M.E., Ghozlan, A.M., Abdel-Latif, H.M., Van Doan, H., Ali, M.A. 2020. The influences of ferulic acid on the growth performance, haemato-immunological responses, and immune-related genes of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) exposed to heat stress. Aquaculture 525: 735320. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2020.735320

De la Lastral, C.A., Villegas, I. 2007. Resveratrol as an antioxidant and pro-oxidant agent: mechanisms and clinical implications. Biochemical Society Transactions 35: 1156-1160.

Delmas, D., Aires, V., Limagne, E., Dutartre, P., Mazué, F., Ghiringhelli, F., Latruffe, N. 2011. Transport, stability, and biological activity of resveratrol. Annals of the New York Academy of Sciences 1215: 48-59. DOI: 10.1111/j.1749-6632.2010.05871.x

Delmas, D., Lancon, A., Colin, D., Jannin, B., Latruffe, N. 2006. Resveratrol as a chemopreventive agent: a promising molecule for fighting cancer. Current Drug Targets 7: 423-442. DOI: 10.2174/138945006776359331

Dobrydneva, Y., Williams, R.L., Blackmore, P.F. 1999. Trans-Resveratrol inhibits calcium influx in thrombin-stimulated human platelets. British journal of pharmacology 128: 149-157. DOI: 10.1038/sj.bjp.0702749

Farzollahi, L., Sarvi Moghanlou, K., Imani, A. 2019. Single and combined effects of Chicory (*Cichorium intybus* L.) and *Hypericum perforatum* extracts on immune indices and antioxidant enzymes activity of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Iranian Scientific Fisheries Journal 28: 165-176. DOI: 119048.2019.ISFJ/22092.1. (In Persian).

Ganjam, G.K., Dimova, E.Y., Unterman, T.G., Kietzmann, T. 2009. FoxO1 and HNF-4 are involved in regulation of hepatic glucokinase gene expression by resveratrol. Journal of Biological Chemistry 284: 30783-30797. DOI: 10.1074/jbc.M109.045260

Gholian, A., Hosseinifard, S.M., Ghobadi, S., Chengizi, R., Manouchehri, H. 2020. The effect of turmeric (*Curcuma longa*) on blood parameters and histopathological study of liver, kidney and intestine in juvenile Stellate sturgeon (*Acipenser stellatus*). Aquatic Animals Nutrition 6: 11-24. DOI: 10.22124/janb.2021.19176.1129. (In Persian).

Grundmann, O.L.V.Y., Lv, Y., Kelber, O., Butterweck, V., 2010. Mechanism of St. John's wort extract (STW3-VI) during chronic restraint stress is mediated by the interrelationship of the immune, oxidative defense, and neuroendocrine system. Neuropharmacology 58: 767-773. DOI: 10.1016/j.neuropharm.2009.12.014

Harikrishnan, R., Balasundaram, C., Heo, M.S. 2012. *Inonotus obliquus* containing diet enhances the innate immune mechanism and disease resistance in olive flounder *Paralichythys olivaceus* against *Uronema marinum*. Fish & Shellfish Immunology 32: 1148-1154. DOI: 10.1016/j.fsi.2012.03.021

Harikrishnan, R., Balasundaram, C., Kim, M.C., Kim, J.S., Han, Y.J., Heo, M.S. 2009. Innate immune response and disease resistance in *Carassius auratus* by triherbal solvent extracts. Fish & Shellfish Immunology 27: 508-515. DOI: 10.1016/j.fsi.2009.07.004

Hung, L.M., Chen, J.K., Huang, S.S., Lee, R.S., Su, M.J. 2000. Cardioprotective effect of resveratrol, a natural antioxidant derived from grapes. Cardiovascular Research, 47: 549-555. DOI: 10.1016/s0008-6363(00)00102-4

Ibrahium, M.I. 2010. Efficiency of pomegranate peel extract as antimicrobial, antioxidant and protective agents. World Journal of Agricultural Sciences 6: 338-344.

Jafari, N., Abdollahpour, H., Falahatkar, B. 2020. Stimulatory effects of short-term calcitonin administration on plasma calcium, magnesium, phosphate, and glucose in juvenile Siberian sturgeon *Acipenser baerii*. Fish Physiology and Biochemistry 46: 1443-1449. DOI: 10.1007/s10695-020-00801-z.

Krawczyk, S.A., Haller, J.F., Ferrante, T., Zoeller, R.A., Corkey, B.E. 2012. Reactive oxygen species facilitate translocation of hormone-sensitive lipase to the lipid droplet during lipolysis in human differentiated adipocytes. PLoS One 7: e34904.

Li, K., Xu, Q. 2019. Effects of resveratrol on growth performance, intestinal digestive enzyme activities, liver antioxidant indices and serum biochemical indices of Songpu mirror carp. Chinese Journal of Animal Nutrition 31: 1833-1841.

Matter, F., Peganova, S., Eder, K. 2004. Lipid concentrations of fillets, liver, plasma and lipoproteins of African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822), fed diets with varying protein concentrations. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition 88: 275-287. DOI: 10.1111/j.1439-0396.2004.00483.x.

Mercaldo-Allen, R., Dawson, M.A., Kuropat, C.A., Kapareiko, D. 2003. Variability in blood chemistry of Yellowtail Flounder, *Limanda ferruginea* with regard to sex, season and geographic location. NOAA Technical Memorandum NMFS-N 180: 20.

McClatchey, K.D. 2002. Clinical Laboratory Medicine, 2nd edn. Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, 1936 p.

Motamedi Tehrani, J., Ebrahimi Dorcheh, E., Hossein Goli, S.A., Shafiei Hasanabadi, F., Motaghi, E. 2018. Variation in serum cortisol and glucose levels following acute handling stress in common carp *Cyprinus carpio* fed by dietary pistachio hull extract (*Pistacia vera*), Aquatic Animals Nutrition 4: 47-54. DOI: 10.22124/janb.2018.3160. (In Persian).

Munker, R., Hiller, E., Glass, J., Paquette, R. 2007. Modern hematology: biology and clinical management. Springer Science & Business Media, Totowa, New Jersey, 498 p.

Naderi Farsani, M., Meshkini, S., Manaffar, R. 2021. Growth performance, immune response, antioxidant capacity and disease resistance against *Yersinia ruckeri* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) as influenced through singular or combined consumption of resveratrol and two-strain probiotics. Aquaculture Nutrition 27: 2587-2599. DOI: 10.1111/anu.13387

Ortuno, J., Cuesta, A., Rodríguez, A., Esteban, M. A., Meseguer, J. 2002. Oral administration of yeast, *Saccharomyces cerevisiae*, enhances the cellular innate immune response of gilthead seabream (*Sparus aurata*). Veterinary Immunology and Immunopathology 85: 41-50. DOI: 10.1016/S0165-2427(01)00406-8

Oskoii, S.B., Kohyani, A.T., Parseh, A., Salati, A.P., Sadeghi, E. 2012. Effects of dietary administration of Echinacea purpurea on growth indices and biochemical and hematological indices in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fingerlings. Fish Physiology and Biochemistry 38: 1029-1034. DOI: 10.1007/s10695-011-9587-8

Schwager, J., Richard, N., Widmer, F., Raederstorff, D. 2017. Resveratrol distinctively modulates the inflammatory profiles of immune and endothelial cells. BMC Complementary and Alternative Medicine 17: 309. DOI: 10.1186/s12906-017-1823-z

Shafiei, F., Mahboubi-Soofiani, N., Ebrahimi, E., Nematollahi, A., Mohebbi, A. 2015. The effect of alcoholic extract of pomegranate (*Punica granatum*) peel on hematological factors of common carp (*Cyprinus carpio*) fingerlings. Journal of Fisheries Science and Technology 5: 59-72. (In Persian).

Shahsavani, D., Vossoughi, G., Khazraeenia, P. 1999. Determination of some hematological parameters of sturgeon (*Acipenser stellatus*) in the southeastern coast of the Caspian Sea. Journal of Pajouhesh-va-Sazandegi 12: 13-44. (In Persian).

Shalaby, A.M., Khattab, Y.A., Abdel Rahman, A.M. 2006. Effects of garlic (*Allium sativum*) and chloramphenicol on growth performance, physiological parameters and survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases 12: 172-201.

Sodagar, M., Zakariaei, H. 2015. Use of natural and synthetic antioxidants in aquaculture. Ornamental Aquatic Journal 4: 18-32. (In Persian).

Swain, P., Dash, S., Sahoo, P.K., Routray, P., Sahoo, S.K., Gupta, S.D., Meher, P.K., Sarangi, N. 2007. Non-specific immune parameters of brood Indian major carp *Labeo rohita* and their seasonal variations. Fish & Shellfish Immunology 22: 38-43. DOI: 10.1016/j.fsi.2006.03.010

Terech-Majewska, E., Siwicki, A. K., Hermańska, S., Kaczorek-Łukowska, E., Pajdak-Czaus, J., Schulz, P. 2018. Influence of trans-resveratrol on macrophage and lymphocyte activity in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)– in vitro study. Central-European Journal of Immunology 43: 241-268. DOI: 10.5114/ceji.2018.80041

Vaez, R., Mohammadiazarm, H., Mousavi, S.M., Rajabzadeh, E. 2016. Effect of herbal supplements and inulin on activity of antioxidant enzymes in juvenile common carp (*Cyprinus carpio*). Iranian Veterinary Journal 13: 115-121. DOI: 10.22055/ivj.2017.45905.1668

Vinodhini, R., Narayanan, M. 2009. The impact of toxic heavy metals on the hematological parameters in common carp (*Cyprinus carpio*). Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering 8: 23-28. (In Persian).

Zhang, J., Chen, L., Zheng, J., Zeng, T., Li, H., Xiao, H., Hu, X. 2012. The protective effect of resveratrol on islet insulin secretion and morphology in mice on a high-fat diet. Diabetes Research and Clinical Practice 97: 474-482. DOI: 10.1016/j.diabres.2012.02.029

Zolfaghari, A., Firouzbakhsh, F. 2013. The effect of Basil (*Ocimum basilicum*) aqueous extract on growth changes, hematology and serum biochemical parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Journal of Veterinary Research 68: 397-404. DOI: 10.22059/jvr.2013.35964