Journal of Aquatic Ecology
University of Hormozgan
ISSN Print: 2322-2751 ISSN Online: 2980-9355
Homepage: https://jae.hormozgan.ac.ir

Effect of ginseng (*Panax ginseng*) extract on gills in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): A histomorphometric and biochemical study

Ali Parchami✉, Vahid puyapour

Department of Basic Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, Shahrekord University, Shahrekord, Iran.

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: 25 December 2025
Accepted: 12 June 2026
Published: 22 June 2026

Corresponding Author:
parchami413@yahoo.com

Keywords:
Panax ginseng,
Gill,
Rainbow trout,
Histomorphometry,
Biochemistry.

ABSTRACT

The aim of the present study was to investigate the effects of *Panax ginseng* root extract on the histomorphometric characteristics of the gills of rainbow trout. The experiment was conducted over 60 days using four dietary treatments with three replicates per treatment. In each replicate, 60 fry with an initial mean weight of 15 g were randomly distributed among the experimental units. Fish were fed diets supplemented with 0, 1.0, 1.5, or 2.0 g/kg of aqueous ginseng root extract. Tissue samples were collected from the dorsal and ventral regions of the second gill arches and stained with hematoxylin and eosin and toluidine blue for histological examination. Increasing dietary ginseng supplementation to 1.5 g/kg significantly increased the mean length of the secondary lamellae, as well as the numbers of mucous cells and blood capillaries, in both the dorsal and ventral regions of the gill arches ($p < 0.05$). In contrast, the mean length of the primary lamellae, interlamellar distance, epithelial thickness, and number of chloride cells did not differ significantly among the ginseng-supplemented groups and the control group in either region of the gill arches ($p > 0.05$). The numbers of mucous cells and blood capillaries were significantly higher in the ventral region than in the dorsal region across all experimental groups ($p < 0.05$), whereas the other histomorphometric parameters did not differ significantly between the two regions ($p > 0.05$). Overall, dietary supplementation with *P. ginseng* root extract, particularly at 1.5 g/kg diet, was associated with changes in selected gill histomorphometric characteristics of rainbow trout, including secondary lamellar length, mucous cell abundance, and blood capillary number.

CC BY NC

Publisher: University of Hormozgan

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

The adverse effects associated with the prolonged use of antibiotics as growth promoters in aquaculture, including potential effects on immune function (Ljubojević Pelić *et al.*, 2024), have increased interest in plant-derived compounds as potential alternatives for promoting fish health and disease resistance. Plant extracts contain diverse bioactive compounds with antioxidant, anti-inflammatory, and immunomodulatory properties and may provide promising alternatives to conventional chemical therapeutics (Vaou *et al.*, 2021). *Panax ginseng* is a medicinal plant that has been widely used in traditional medicine and investigated for its diverse biological activities (Kim *et al.*, 2016). Ginsenosides, the major bioactive constituents of ginseng, are glycosides associated with a range of biological activities, including antioxidant, anti-inflammatory, immunomodulatory, and antitumor effects (Kim *et al.*, 2016). Although the biological effects of ginseng have been extensively investigated in terrestrial laboratory animals, information regarding its effects on the tissues and physiological functions of aquatic animals remains comparatively limited. Therefore, the present study investigated the effects of aqueous *P. ginseng* root extract on the histomorphometric and histochemical characteristics of the gills of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*).

Materials and Methods

The experiment was conducted for 60 days using 12 round concrete rearing tanks assigned to four dietary treatments, including a control and three ginseng-supplemented groups, with three replicates per treatment. Each replicate contained 60 rainbow trout fry with an initial mean body weight of approximately 15 g, randomly distributed among the experimental tanks. Fish were fed diets supplemented with 0, 1.0, 1.5, or 2.0 g/kg of aqueous *P. ginseng* root extract. At the end of the experimental period, tissue samples were collected from the dorsal and ventral regions of the second gill arches. Samples were stained with hematoxylin and eosin and toluidine blue for histological and histochemical examination. Histomorphometric parameters included the lengths of the primary and secondary lamellae, interlamellar distance, epithelial thickness, and the numbers of blood capillaries, chloride cells, and mucous cells per millimeter of secondary lamellae. Histological observations were also evaluated for the presence of pathological alterations.

Results

No apparent pathological lesions were observed in the gill tissues of fish in any of the experimental groups. Dietary supplementation with 1.5 g/kg *P. ginseng* extract significantly increased the mean length of the secondary lamellae and the numbers of mucous cells and blood capillaries in both the dorsal and ventral regions of the second gill arches compared with the control group ($p < 0.05$). In contrast, the mean length of the primary lamellae, interlamellar distance, epithelial thickness, and number of chloride cells did not differ significantly between the ginseng-supplemented groups and the control group in either region of the gill arch ($p > 0.05$). Across all experimental groups, the numbers of mucous cells and blood capillaries were significantly higher in the ventral than in the dorsal region of the gill arches ($p < 0.05$). No significant dorsal–ventral differences were observed for the other measured histomorphometric parameters, including primary and secondary lamellar dimensions, interlamellar distance, epithelial thickness, and chloride cell number ($p > 0.05$).

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

Conclusion

The present study provides evidence that dietary supplementation with aqueous *P. ginseng* root extract can influence selected histomorphometric characteristics of rainbow trout gills without producing apparent pathological lesions under the experimental conditions. Supplementation at 1.5 g/kg was associated with increased secondary lamellar length and greater numbers of mucous cells and blood capillaries, which may reflect changes in structural features related to mucosal protection and respiratory function. However, these histomorphometric changes should not be interpreted as direct evidence of enhanced immune function or oxygen uptake without corresponding physiological measurements. Further studies should investigate the effects of *P. ginseng* on gill ultrastructure, cellular function, antioxidant and immune responses, and respiratory physiology to clarify the underlying mechanisms and potential applications of ginseng supplementation in rainbow trout.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

بوم‌شناسی آبزیان
شاپا چاپی: ۲۷۵۱-۲۳۲۲ شاپا الکترونیکی: ۹۳۵۵-۲۹۸۰
https://jae.hormozgan.ac.ir
دانشگاه هرمزگان

بررسی اثر عصاره‌ی جینسنگ (*Panax ginseng*) بر آبشش در قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*): مطالعه‌ی هیستومورفومتریک و بیوشیمیایی

علی پرچمی✉، وحید پویاپور

۱ . گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد، ایران.

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۲۲
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۴/۰۱

نویسنده مسئول:
parchami413@yahoo.com

کلیدواژه‌ها:
پاناکس جینسنگ،
آبشش،
قزل‌آلای رنگین‌کمان،
هیستومورفومتری،
بیوشیمی.

چکیده

هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثر عصاره‌ی ریشه‌ی گیاه جینسنگ *Panax ginseng* بر ویژگی‌های هیستومورفومتریک آبشش در قزل‌آلای رنگین‌کمان بود. پژوهش در بازه‌ی زمانی ۶۰ روزه در چهار تیمار آزمایشی با سه تکرار صورت گرفت. در هر تکرار، به‌صورت اتفاقی ۶۰ قطعه بچه‌ماهی با میانگین وزنی ۱۵ گرم توزیع شد. گروه‌های آزمایشی به‌ترتیب با ۰، ۱، ۱/۵ و ۲ گرم در کیلوگرم جیره، عصاره‌ی آبی جینسنگ تغذیه شدند. نمونه‌های بافتی از نواحی پشتی و شکمی کمان‌های آبششی دوم با رنگ‌آمیزی‌های هماتوکسیلین و ائوزین و تولوییدین بلو رنگ‌آمیزی شدند. نتایج نشان داد که با افزایش میزان جینسنگ تا ۱/۵ گرم در کیلوگرم جیره، در هر دو ناحیه‌ی پشتی و شکمی کمان آبششی، میانگین طول تیغه‌های ثانویه، شمار سلول‌های موکوسی و شمار مویرگ‌های خونی به‌طور معنادار افزایش یافته ($p< ۰/۰۵$) اما میانگین طول تیغه‌های اولیه، فاصله‌ی میان‌تیغه‌ای، ضخامت اپیتلیوم و شمار سلول‌های کلراید در گروه‌های دریافت‌کننده‌ی جینسنگ در هیچ یک از نواحی پشتی و شکمی کمان آب‌شش تفاوت آماری معناداری در مقایسه با گروه شاهد نشان نمی‌دهد ($p> ۰/۰۵$). میانگین شمار سلول‌های موکوسی و میانگین شمار موی‌رگ‌های خونی در همه‌ی گروه‌های مورد مطالعه در ناحیه‌ی شکمی کمان آب‌ششی به‌طور معنادار بیش‌تر از میانگین شمار این سنجه‌ها در بخش پشتی کمان‌های آبششی بوده ($p< ۰/۰۵$) اما میانگین دیگر سنجه‌های مورد مطالعه تفاوت معناداری در بخش‌های پشتی و شکمی کمان آب‌ششی نشان نداد ($p> ۰/۰۵$). به‌طور کلی، مکمل‌سازی جیره غذایی با عصاره ریشه جینسینگ(*P. ginseng*) ، به‌ویژه در سطح ۱/۵ گرم به ازای هر کیلوگرم جیره، با تغییراتی در برخی ویژگی‌های هیستومورفومتریک آبشش قزل‌آلای رنگین‌کمان همراه بود؛ از جمله طول تیغه‌های ثانویه آبششی، فراوانی سلول‌های موکوسی و تعداد مویرگ‌های خونی.

ناشر: دانشگاه هرمزگان

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

مقدمه

در سال‌های اخیر آثار زیان‌بار گوناگون استفاده از آنتی‌بیوتیک‌ها به‌عنوان ترکیبات محرک رشد در آب‌زی‌پروری ازجمله اختلال در کارکرد دستگاه ایمنی (کاهش شمار و فعالیت فاگوسیت‌کنندگی لکوسیت‌ها، کاهش سطح پروتئین تام و غلظت ایمنوگلوبولین‌ها در پلاسما) (Ljubojević Pelić *et al.*, 2024) گرایش به استفاده از عصاره‌های گیاهی با پیامدهای کم‌تر و کارآیی بیش‌تر در پیش‌گیری و درمان بیماری‌ها را به‌نحو چشم‌گیری افزایش داده است (Vaou *et al.*, 2021).

جینسنگ به‌عنوان گیاهی دارویی از دیرباز در طب گیاهی و در حوزه‌های گوناگون علوم زیستی مورد استفاده قرار گرفته است (Ernst, 2010). پژوهش‌ها نشان داده‌اند که جینسنگ اثرات مفیدی بر بهبود التهاب داشته و با سرکوب کارآمد استرس، به کاهش افسردگی کمک می‌کند. این گیاه به‌طور گسترده در درمان بیماری‌های گوناگونی همچون بیماری‌های قلبی‌عروقی، آرتروز و دیابت مورد استفاده قرار می‌گیرد. جینسنوزیدها که اجزای اصلی جینسنگ به‌شمار می‌روند، گلیکوزیدهایی هستند که طیف گسترده‌ای از کارکردهای زیستی، از جمله بهبود کارکرد دستگاه ایمنی، افزایش انرژی، اثرات ضد التهابی، آنتی‌اکسیدانی و ضد توموری نشان می‌دهند (Kim *et al.*, 2016). پژوهش‌ها نشان می‌دهند که در ماهی قزل‌آلا جینسنگ سبب افزایش معنادار در شمار تام لکوسیت‌ها و درصد لنفوسیت‌ها و نوتروفیل‌ها (فراسنجه‌های کمی مرتبط با دستگاه ایمنی) (Parchami and Pouyapur, 2022)؛ شاخصه‌های رشد (بهبود وزن نهایی، درصد افزایش وزن، میانگین رشد روزانه، نرخ رشد و ضریب تبدیل غذایی) (Parchami *et al.*, 2022b) ، شمار سلول‌های جامی و شمار سلول‌های تولیدکننده‌ی موکوس اسیدی در بخش ابتدایی روده (Parchami and Pouyapur, 2023) ، محافظت از سلول‌های کبدی در برابر طیفی گسترده از سموم کبدی همچون پراکسید هیدروژن، تتراکلرید کربن، الکل، آفلاتوکسین بتا ۱- (Ratan *et al.*, 2021)، محتوای گلیکوژنی در سلول‌های کبدی و سطح سرمی آنزیم‌های AST، ALP و ALT می‌شود (Parchami *et al.*, 2022a).

آب‌شش‌ها با برخورداری از سطحی بسیار گسترده در فرآیندهای زیستی حیاتی گوناگونی همچون تبادلات گازی، تنظیم اسید–باز، تنظیم اسمزی و دفع فراورده‌های زاید نیتروژنی ایفای نقش می‌کنند (Foyle *et al.*, 2020). این اندام از دیگرسو به‌دلیل گستردگی سطح و تماس بی‌وقفه با محیط آبی در معرض آسیب ناشی از آلاینده‌ها، عوامل بیماری‌زا و مواد شیمیایی محلول در آب قرار دارد. بالابودن سرعت جذب مواد شیمیایی از آب‌شش‌ها سبب می‌شود که واکنش این اندام به این عوامل پرشتاب‌تر و گاه شدیدتر باشد (Srivastava *et al.*, 2014).

ارزیابی هیستوپاتولوژیکی، ابزاری کارآمد در بررسی واکنش آب‌زیان در مواجهه با آلاینده‌های محیطی، کیفیت غذا و افزودنی‌های جیره‌ی غذایی و آثار مواجهه با عوامل مهاجم و بیماری‌زا به‌شمار می‌رود (Dawood *et al.*, 2021). در این میان آب‌شش‌ها که جایگاه اصلی تبادل گازهای تنفسی، تنظیم اسمزی، تنظیم اسید – باز و دفع مواد زائد نیتروژنی به‌شمار می‌روند، به‌دلیل تماس بی‌واسطه با محیط آبی و برخورداری از خون‌رسانی سرشار، آثار ناشی از مواجهه با سازه‌های محیطی، دما، وجود عوامل عفونی، سمی یا دیگر عوامل آسیب‌زننده را که گاه با آسیب به بافت آب‌شش سبب کاهش دریافت اکسیژن و اختلال در کارکرد حیاتی تنظیم اسمزی می‌شوند، آشکارتر بروز می‌دهند (Foyle *et al.*, 2020). از دیگرسو، بازشناسی ضایعات مورفولوژیکی در آب‌شش‌ها آسان‌تر از تشخیص ناهنجاری‌های کارکردی است چراکه این ضایعات ممکن است مدت‌ها پیش از تغییرات رفتاری در ماهی‌ها قابل مشاهده باشند (Yancheva *et al.*, 2015).

امروزه آبزیان از بزرگ‌ترین و مهم‌ترین منابع پروتئین حیوانی در جهان به‌شمار می‌روند و صنعت آبزی‌پروری افزون بر فراهم‌ساختن اسیدهای آمینه‌ی ضروری مورد نیاز انسان از راه گوشت از دیدگاه اقتصادی نیز از اهمیت شایانی برخوردار است. قزل‌آلای رنگین‌کمان، ماهی گوشت‌خواری از خانواده‌ی آزادماهیان است که به‌دلیل رشد سریع، سازگاری آسان با شرایط محیطی گوناگون و برخورداربودن از ارزش تغذیه‌ای و اقتصادی از استقبال جهانی چشم‌گیری برخوردار شده است. باوجود پژوهش‌های گسترده‌ای که تاکنون درخصوص آثار زیستی گوناگون گیاه جینسنگ در حیوانات آزمایشگاهی صورت گرفته گزارش جامعی درخصوص کارکردهای

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

زیستی این گیاه در آبزیان منتشر نشده است. از این‌رو در پژوهش حاضر آثار عصاره‌ی این ترکیب گیاهی بر ویژگی‌های هیستومورفومتریک آب‌شش در قزل‌آلای رنگین‌کمان مورد مطالعه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

جهت انجام این پژوهش، ۱۲ استخر پرورش ماهی گرد بتونی به قطر ۲ متر و عمق ۱/۵ متر با جریان آب ثابت در سالن سرپوشیده، در شهر یاسوج، استان کهکیلویه و بویراحمد در آبان‌ماه سال ۱۴۰۳ انتخاب شدند. استخرها به چهار گروه سه‌تایی (یک گروه شاهد و سه گروه تیمار) تقسیم و شماره‌گذاری شدند. میزان اکسیژن محلول و pH آب با کیت‌های اکسیژن‌سنج و pHسنج شرکت کاریزاب (تهران، ایران) و درجه‌حرارت آب با استفاده از دماسنج جیوه‌ای اندازه‌گیری شد. آب ورودی به استخرها به‌وسیله‌ی یک تشت بزرگ مدرج به‌مدت یک دقیقه جمع‌آوری می‌شد تا مقدار آن بر حسب لیتر در دقیقه محاسبه گردد (Mohammadizadeh Khoshroo *et al.*, 2014). این کار برای تعیین شمار مناسب ماهی‌ها در استخرها ضروری است. ماهی‌ها از همان مزرعه‌ی پرورش ماهی (شهر یاسوج، استان فارس) که آزمایش در آن انجام می‌گرفت، فراهم شدند.

گروه‌های آزمایشی هر یک شامل ۱۵ قطعه ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با وزن میانگین ۵ ± ۱۵ گرم و درمجموع ۱۸۰ قطعه در سه تکرار مورد آزمایش قرار گرفته و شامل تیمارهای زیر بودند (Parchami *et al.*, 2002b):

تیمار اول: کنترل (جیره‌ی پایه‌ی تجاری بدون جینسنگ)

تیمار دوم: جیره‌ی پایه + ۰/۱ درصد جینسنگ (۱ گرم در هر ۱ کیلوگرم جیره)

تیمار سوم: جیره‌ی پایه + ۰/۱۵ درصد جینسنگ (۱/۵ گرم در هر ۱ کیلوگرم جیره)

تیمار چهارم: جیره‌ی پایه + ۰/۲ درصد جینسنگ (۲ گرم در هر ۱ کیلوگرم جیره)

جیره‌ی پایه برای تمام گروه‌ها یکسان در نظر گرفته شده و ماهی‌ها تا پایان دوره با جیره‌های تجاری GFT2 (پروتئین: ۳۶ درصد، چربی خام: ۱۸ درصد، خاکستر: ۱۰ درصد، فیبر: ۴ درصد، فسفر: ۱ درصد و رطوبت: ۱۱ درصد) بر اساس پیش‌نهاد شرکت سازنده (شرکت فرادانه، شهرکرد، ایران) تغذیه شدند. در این پژوهش مقادیر مورد نظر از عصاره‌ی ریشه‌ی گیاه جینسنگ (شرکت باریج اسانس، کاشان، ایران) در روغن مایع آفتاب‌گردان (۳۰ میلی‌لیتر به‌ازای هر کیلوگرم غذا) مخلوط و به‌صورت یک‌نواخت روی پلت‌ها اسپری می‌شد. برای حفظ یک‌نواختی شرایط آزمایش، روغن آفتاب‌گردان به پلت‌های مورد تغذیه‌ی گروه کنترل نیز اضافه می‌شد تا تأثیر روغن در همه‌ی گروه‌ها یک‌سان اعمال گردد. غذادهی در ۳ نوبت (۹ صبح و ۱۳ و ۱۷ عصر) به‌صورت دستی (برای پرهیز از دورریز غذا و انباشت مقادیر اضافی در ته استخر) انجام می‌گرفت (Parchami *et al.*, 2002b). کپسول‌های جینسنگ هر یک حاوی ۱۰۰ میلی‌گرم عصاره‌ی ریشه‌ی جینسنگ حاوی جینسنوزیدها از شرکت داروسازی باریج اسانس کاشان تهیه شدند.

در پایان (روز شصتم) ماهی‌ها با گل میخک (با غلظت ۲۵۰ppm) (Akhlaghi and Brojerdi, 1999) بی‌هوش شده و در آزمایشگاه بافت‌شناسی، کمان آب‌ششی دوم سمت راست با قیچی تیز جدا شده و از بدن خارج شد. دلیل انتخاب دومین کمان آب‌ششی اثرپذیری کم‌تر آن از سازه‌های خارجی در مقایسه با کمان آب‌ششی اول و کم‌تربودن احتمال آسیب اتفاقی آن درخلال فرآیند جداشدن از بدن و تشریح بود. کمان آب‌ششی در محلول گلوتارآلدیید بافر ۴ درصد در کاکودیلات بافر ۰/۱ مول بر لیتر (۷/۴ :pH) در ۴ درجه‌ی سانتی‌گراد تثبیت شد. نواحی پشتی و شکمی نمونه‌های تثبیت‌شده در میکروسکوپ سه‌بعدی (یاکسون، چین) با اسلاید مدرج با بزرگ‌نمایی ۱۰ و ۲۵ برابر عکس‌برداری شده و سپس نمونه‌ها برای تجزیه و تحلیل بافتی مورد پردازش قرار گرفتند. پس از شستن محلول تثبیت، نمونه‌ها در محلول EDTA ۱۰٪ کلسیم‌زدایی شده و با انجام مراحل معمول آماده‌سازی بافتی، قالب‌های پارافینی از نواحی پشتی و شکمی نمونه‌ها تهیه شده و مقاطع بافتی به ضخامت ۷–۵ میکرومتر با رنگ‌آمیزی

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

هماتوکسیلین و ائوزین جهت بررسی ساختار عمومی بافتی و تولوئیدین بلو ۰/۱ درصد در فسفات بافر ۰/۱ مول بر لیتر (pH: ۷/۲) جهت بررسی مورفومتریک رنگ‌آمیزی شدند (Suvarna *et al.*, 2019).

طول تیغه‌های اولیه، طول تیغه‌های ثانویه و فاصله‌ی بین تیغه‌های اولیه در میکروگراف‌های تهیه‌شده در استرئومیکروسکوپ مجهز به دوربین دیجیتال (Motic GmbH, Spilburg, Germany) با استفاده از نرم‌افزار Image J اندازه‌گیری شد. برای محاسبه‌ی فاصله‌ی تیغه‌های اولیه ۲۰ تیغه‌ی اولیه شمارش شده و علامت‌گذاری شدند. فاصله‌ی تیغه‌ی اول از تیغه‌ی بیستم در قاعده‌ی کمان آب‌ششی اندازه‌گیری شده و بر عدد ۲۰ تقسیم شد. برای هر نمونه ۱۰ اندازه‌گیری انجام شده و میانگین یافته‌ها ثبت می‌شد. طول تیغه‌های ثانویه، فاصله‌ی بین تیغه‌های ثانویه، ضخامت اپیتلیوم و شمار موی‌رگ‌ها، سلول‌های کلراید و سلول‌های موکوسی در هر میلی‌متر از تیغه‌ی ثانویه بر مقاطع بافتی در بزرگ‌نمایی ۱۰۰۰ در میکروسکوپ نیکون (نیکون، ژاپن) مجهز به دوربین دیجیتال تعیین شد. از هر نمونه ۳ مقطع بافتی از سه ناحیه‌ی گوناگون آب‌شش تهیه شد. در هر مقطع بافتی ۱۰ اندازه‌گیری (۳۰ اندازه‌گیری برای هر ناحیه) انجام شده و میانگین یافته‌ها ثبت می‌شد. یافته‌ها در گروه‌های مختلف با استفاده از آزمون واریانس دوطرفه با کمک نرم‌افزار SPSS تحلیل و با هم مقایسه شدند. جهت سنجش نرمال‌بودن داده‌ها از آزمون آماری Tukey استفاده شد. مقادیر به‌صورت میانگین ± خطای معیار (SEM) بیان شده و سطح معنادار آماری $p<۰/۰۵$ در نظر گرفته شد.

نتایج

نتایج حاصل از مطالعه‌ی مورفولوژیکی ساختار آب‌شش در پژوهش حاضر نشان داد که در همه‌ی گروه‌های مورد مطالعه، تیغه‌های آب‌ششی اولیه از ساختار غضروفی حمایت‌کننده‌ی مرکزی و شریان‌چه‌های آوران و وابران برخوردار بود. اپیتلیوم پوشاننده‌ی تیغه‌های اولیه با سلول‌های مکعبی و سنگ‌فرشی، سلول‌های موکوسی با رنگ‌پذیری ناچیز و سلول‌های کلرید پوشیده شده است. سلول‌های موکوسی، سلول‌های بزرگ بیضی‌شکلی با گرانول‌های ترشحی رأسی و هسته‌ای مسطح در بخش قاعده‌ای سلول بودند. سلول‌های کلرید که در اشکال گوناگون (کشیده، بیضوی یا مکعبی) یافت می‌شوند، در بخش پایه‌ای (پروکسیمال) تیغه‌ها از بیش‌ترین شمار برخوردارند. در بافت بینابینی تیغه‌ها لنفوسیت‌ها و ماکروفاژها به‌طور پراکنده یافت می‌شوند. اپیتلیوم تیغه‌های اولیه ضخیم‌تر از این اپیتلیوم در تیغه‌های ثانویه بوده و از چندین لایه‌ی سلولی تشکیل شده است. سلول‌های موکوسی، سلول‌های بزرگ بیضی‌شکلی حاوی گرانول‌های ترشحی موکوسی رأسی هستند. هسته‌ی این سلول‌ها مسطح بوده و در بخش قاعده‌ای سلول جای گرفته است.

در هیچ‌یک از گروه‌های مورد مطالعه هیچ ضایعه‌ی بیمارگونه‌ی ویژه‌ای هم‌چون هیپرپلازی یا هیپرتروفی تیغه‌ها، جداشدگی اپیتلیوم تیغه‌ها، آماس، به‌هم‌جوش‌خوردگی تیغه‌ها، ضخیم‌شدن نوک رشته‌ها، ارتشاح سلول‌های التهابی، انوریسم، پیچ‌خوردگی تیغه‌ها یا چندشاخه‌شدن رشته‌های آب‌ششی مشاهده نشد.

یافته‌های حاصل از بررسی اثر عصاره‌ی جینسنگ بر مورفومتری نواحی پشتی و شکمی کمان‌های آب‌ششی در گروه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده‌اند. نتایج پژوهش حاضر نشان داد که میانگین شمار سلول‌های موکوسی و میانگین شمار موی‌رگ‌های خونی در همه‌ی گروه‌های مورد مطالعه در ناحیه‌ی شکمی کمان آب‌ششی به‌طور معنادار بیش‌تر از میانگین شمار این سنجه‌ها در بخش پشتی کمان‌های آب‌ششی بوده ($p< ۰/۰۵$) اما میانگین دیگر سنجه‌های مورد مطالعه (طول و فاصله‌ی میان‌تیغه‌ای در تیغه‌های اولیه و ثانویه، پهنای تیغه‌های ثانویه، ضخامت اپیتلیوم و شمار سلول‌های کلراید) تفاوت معناداری در بخش‌های پشتی و شکمی کمان آب‌ششی نشان نمی‌دهد ($p> ۰/۰۵$). با افزایش میزان جینسنگ تا ۱۵۰ گرم در هر ۱۰۰ کیلوگرم جیره، در هر دو ناحیه‌ی پشتی و شکمی کمان آب‌ششی، میانگین طول تیغه‌های ثانویه، شمار سلول‌های موکوسی و شمار موی‌رگ‌های خونی به‌طور معنادار افزایش یافته ($p< ۰/۰۵$) اما میانگین طول تیغه‌های اولیه، فاصله‌ی میان‌تیغه‌ای در تیغه‌های اولیه و ثانویه، ضخامت اپیتلیوم و شمار سلول‌های کلراید در گروه‌های دریافت‌کننده‌ی جینسنگ در هیچ یک از نواحی پشتی و شکمی کمان آب‌شش تفاوت آماری معناداری در مقایسه با گروه شاهد نشان نمی‌دهد ($p> ۰/۰۵$).

جدول ۱- مقایسه‌ی میانگین و انحراف معیار سنجه‌های مورد مطالعه در بافت آب‌شش در گروه کنترل و گروه‌های دریافت‌کننده‌ی جینسنگ

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

سنجه‌های مورفومتریک	نواحی	تیمار اول (کنترل)	تیمار دوم	تیمار سوم	تیمار چهارم
طول تیغه‌های اولیه (میکرومتر)	ناحیه‌ی پشتی	۱۳۱۲±۲۹۰	۱۲۸۵±۱۷٤	۱۳٦۲±۲۰٤	**۱۳۲۰±۲۲۰**
	ناحیه‌ی شکمی	۱۲۸۰±۲٦۵	۱۳۲٤±۱۵۸	۱۱۹۵±۱۸۰	**۱۳۹۰±۱۸۰**
فاصله‌ی بین تیغه‌های اولیه (میکرومتر)	ناحیه‌ی پشتی	۹۵±۵	۱۰۲±۸	۱۱۲±۱۲	**۸۸±۱۵**
	ناحیه‌ی شکمی	۹۰±۱۱	۹٤±۱۰	۱۰۸±۹	**۹٦±۸**
طول تیغه‌های ثانویه (میکرومتر)	ناحیه‌ی پشتی	^{i}۵۹±۳	^{i}۷۳±۵	^{i}۱۰٦±٤	**۹٤±۱۱**
	ناحیه‌ی شکمی	^{j}٦۲±۵	^{j}۷۹±٤	^{j}۱۰۱±۳	**۱۱۲±۱٤**
فاصله‌ی بین تیغه‌های ثانویه (میکرومتر)	ناحیه‌ی پشتی	۱۰/۵±۰/۹	۱۰/۸±۰/٤	۱۱/۰±۰/٦	**۱۰/٦±۰/۹**
	ناحیه‌ی شکمی	۹/۹±۱/۲	۱۰/٤±۰/۸	۹/۷±۱/۲	**۱۱/۱±۲/۹**
پهنای تیغه‌های ثانویه (میکرومتر)	ناحیه‌ی پشتی	٦/٤۷±۰/۵	٦/۲۸±۰/٤	٦/۰۷±۰/٤	**٦/٦۷±۰/٤**
	ناحیه‌ی شکمی	۷/۰۲±۰/٦	٦/٤٤±۰/٦	٦/۸٦±۰/۷	**٦/۹٤±۰/۸**
ضخامت اپیتلیوم (میکرومتر)	ناحیه‌ی پشتی	۳/٦±۰/۳	۳/۹±۰/۲	۳/۵±۰/۵	**۳/۸±۰/٤**
	ناحیه‌ی شکمی	۳/٤±۰/٤	۳/۳±۰/٦	۳/۱±۰/٤	**۳/٦±۰/٦**
شمار سلول‌های موکوسی در میلی‌متر	ناحیه‌ی پشتی	$۳/۱±۰/٦^{a,k}$	$٦/٤±۱/۲^{b,k}$	$۱۱/٤±۲/٦^{c,k}$	**$۹/۵±۱/۸^{d}$**
	ناحیه‌ی شکمی	$۵/۸±۰/۹^{a,l}$	$۱۱/٤±۲/۲^{b,l}$	$۱۸/٤±۲/٤^{c,l}$	**$۱۸/۸±۳/۲^{d}$**
شمار سلول‌های کلراید در میلی‌متر	ناحیه‌ی پشتی	٤/٦±۱/۸	۵/۱±۲/۱	٤/۹±۰/۸	**٦/۱±۲/٤**
	ناحیه‌ی شکمی	۵/٤±۱/۱	٦/۲±۰/۹	٤/۹±۱/۸	**٦/٦±۲/۸**
شمار موی‌رگ‌ها در میلی‌متر	ناحیه‌ی پشتی	$۱۲/۸±٦/٤^{e,m}$	$۲۸/۲±۸/۸^{f,m}$	$٤۲/۲±۱۱/۲^{g,m}$	**$۳۸/٤±۹/۱^{h}$**
	ناحیه‌ی شکمی	$۳٤/۸±۸/٦^{e,n}$	$٤٦/۸±۵/۲^{f,n}$	$۷٤/۸±۱۲/٦^{g,n}$	**$٦۵/۱±۹/٦^{h}$**

حروف مشابه در هر ردیف، نشان‌دهنده‌ی وجود اختلاف آماری معنادار در تیمارهای مورد مطالعه است ($p< ۰/۰۵$).

بحث

گرایش به استفاده از ترکیبات محرک رشد ایمن هم‌چون ویتامین‌ها، پروبیوتیک‌ها و پری‌بیوتیک‌ها، گیاهان معطر طبی، اسیدهای لیپویید و غیره که نرخ رشد را با شتاب‌بخشیدن به رشد توده‌ی ماهیچه‌ای یا تحریک ترشح غدد تولیدکننده‌ی هورمون‌های محرک رشد، بهبود بخشیده و با برخورداری از ویژگی‌هایی همچون دست‌رسی آسان، آسیب‌زایی کم‌تر برای محیط زیست و صرفه‌ی اقتصادی، جای‌گزینی مناسب برای ترکیبات آسیب‌زننده به سلامت عمومی هم‌چون آنتی‌بیوتیک‌ها، هورمون‌ها و غیره به‌شمار می‌روند، در سال‌های اخیر به‌نحوی چشم‌گیر فزونی یافته است (Vaou *et al.*, 2021; Ashraf and Goda, 2008). جینسنگ از ترکیبات محرک رشد ایمن به‌شمار می‌رود که از دیرباز در حوزه‌های گوناگون علوم زیستی مورد استفاده قرار گرفته و آثار زیستی

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

گوناگون آن ازجمله بهبود کارکرد دستگاه ایمنی، افزایش انرژی، آثار ضدالتهابی، آنتی‌اکسیدانی و ضدتوموری در پژوهش‌های گوناگون گزارش شده‌اند (Kim *et al.*, 2016).

یافته‌های پژوهش حاضر درخصوص نبود ضایعات بافتی بیمارگونه در ساختار تیغه‌های آبششی نشان می‌دهد که افزودن عصاره‌ی جینسنگ تا میزان ۲۰۰ گرم در هر صد کیلوگرم جیره‌ی غذایی فاقد آثار زیان‌بار بر ویژگی‌های بافتی آبشش در قزل‌آلای رنگین کمان است.

یافته‌های پژوهش حاضر هم‌چنین نشان می‌دهند که میانگین شمار سلول‌های موکوسی و میانگین شمار مویرگ‌های خونی در همه‌ی گروه‌های مورد مطالعه در نواحی پشتی و شکمی کمان آبششی به‌طور معنادار متفاوت بوده اما میانگین دیگر سنجه‌های مورد مطالعه در هیچ‌یک از گروه‌ها تفاوت معناداری در بخش بالایی و پایینی کمان آب‌ششی نشان نمی‌دهد ($p>$ ۰/۰۵). تاکنون هیچ پژوهشی درخصوص تفاوت در ویژگی‌های مورفومتریک نواحی گوناگون آب‌شش در ماهی‌ها منتشر نشده است. در برخی از اندام‌ها مانند روده‌ها در دستگاه گوارش، تراکم اجزای سلولی ازجمله سلول‌های جامی در نواحی گوناگون متفاوت بوده و از سازه‌هایی هم‌چون جیره‌ی غذایی، فیزیولوژی، کارکرد سلول‌های دستگاه ایمنی و غیره اثر می‌پذیرد (Bosi *et al.*, 2005; 2021; Kim and Khan, 2013). به‌عنوان نمونه افزایش شمار سلول‌های جامی در بخش انتهایی دستگاه گوارش درمقایسه با نواحی ابتدایی این دستگاه در ماهی‌های سیچلاید گزارش شده است (Chirde and Gadhikar, 2014; Tibbetts, 1997). وجود تفاوت معنادار در میانگین شمار سلول‌های موکوسی و موی‌رگ‌ها در نواحی پشتی و شکمی کمان‌های آب‌ششی در پژوهش حاضر ممکن است به‌دلیل تفاوت در میزان مواجهه‌ی این نواحی با عوامل محیطی و تفاوت در میزان تبادل گازهای تنفسی در نواحی گوناگون آب‌شش باشد. پژوهش‌های بیش‌تری ازجمله در سطح میکروسکوپ الکترونی نیاز است تا بتوان درخصوص درستی این فرضیه با دقتی بیش‌تر اظهار نظر نمود.

در پژوهش حاضر هم‌چنین آشکار شد که افزودن جینسنگ به جیره‌ی غذایی ماهی قزل‌آلا سبب افزایش معنادار درطول تیغه‌های ثانویه شده ($p<$ ۰/۰۵) اما بر ضخامت اپیتلیوم، فاصله‌ی میان‌تیغه‌ای در تیغه‌های اولیه و ثانویه و طول تیغه‌های اولیه بی‌تاثیر است.

جینسنگ به‌گستردگی به‌عنوان محرک رشد مورد استفاده قرار گرفته و آثار زیستی گوناگونی هم‌چون تحریک اشتها، بهبود سوخت و ساز، افزایش توده‌ی ماهیچه‌ای، افزایش سازگارپذیری و افزایش رقابت‌پذیری زیستی را در گونه‌های مختلف جانوری نشان داده است (Francis *et al.*, 2002). پژوهش‌ها نشان می‌دهند که ترکیبات مؤثره‌ی موجود در عصاره‌ی گیاه جینسنگ ازجمله پلی‌ساکاریدها با تنظیم و تعدیل فلور طبیعی روده و ازجمله تقویت رشد گونه‌های لاکتوباسیلوس و باکترویید در بهبود سوخت و ساز روده‌ای ایفای نقش می‌کنند (Sun, 2011). آثار بهبوددهنده‌ی جینسنگ بر بیماری‌هایی همچون التهاب کولون آشکار شده‌اند (Luo *et al.*, 2020).

در پژوهشی آشکار شد که افزودن عصاره‌ی جینسنگ یا ترکیبات مؤثره‌ی موجود در آن مانند ساپونین به جیره‌ی غذایی ماهی تیلاپیا و ماهی قزل‌آلا سبب افزایش معنادار در شاخصه‌های کمی رشد همچون میانگین وزن بدن، وزن‌گیری، نرخ رشد ویژه و ضریب تبدیل غذایی می‌شود. این پژوهش‌گران بهبود رشد ناشی از جینسنگ را به نقش آن در مهار تجمع عوامل بیماری‌زا در دستگاه گوارش، تحریک افزایش شمار میکروارگانیسم‌های مفید، بهبود فعالیت آنزیمی، بهینه‌سازی چسبندگی شیره‌ی گوارشی، بهبود هضم‌پذیری و گوارش و .... در دستگاه گوارش نسبت دادند که همگی با افزایش کمی و کیفی گوارش و میزان جذب، در افزایش مصرف غذا و بهبود رشد ایفای نقش می‌کنند (Ashraf and Goda, 2008; Parchami *et al.*, 2022b). در پژوهشی دیگر آشکار شد که افزودن تری‌ترپنویید (از ترکیبات مؤثره‌ی اصلی در عصاره‌ی جینسنگ) به جیره‌ی غذایی کپورماهی سبب بهبود معنادار رشد در این ماهی می‌شود (Francis *et al.*, 2002). در پژوهشی دیگر آشکار گردید که افزودن عصاره‌ی پاناکس جینسنگ به جیره‌ی غذایی در قزل‌آلای رنگین‌کمان سبب افزایش بلندای تاخوردگی‌های روده‌ای و افزایش سطح جذب روده‌ای می‌شود

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

(Parchami and Pouyapur, 2022). با توجه به پژوهش‌های یادشده و توجه به این نکته که گستره‌ی سطح اپیتلیومی آب‌شش و ظرفیت جذب اکسیژن در آن می‌تواند به‌طور گزینشی تحت تأثیر ویژگی‌های مورفومتریک این اندام همچون طول و شمار تیغه‌های آب‌ششی و گستره‌ی سطح دوسویه‌ای تیغه‌ای قرار گیرد (Wegner, 2011)، سازوکارهای گوناگونی همچون تحریک اشتها، بهبود سوخت‌وساز، افزایش سازگارپذیری، افزایش رقابت‌پذیری زیستی، تنظیم و تعدیل فلور طبیعی و بهبود سوخت و ساز روده، بهبود شاخصه‌های کمی و کیفی مرتبط با گوارش غذا، بهبود جریان خون، بهبود کارکرد دستگاه ایمنی و مقابله‌ی کارآمدتر با استرس اکسیداتیو را که در سازوکار اثربخشی جینسنگ به عنوان ترکیب محرک رشد مهم برشمرده شده‌اند، می‌توان عوامل اثرگذار در افزایش معنادار طول تیغه‌های ثانویه در پژوهش حاضر دانست که هم‌راستا با بهبود شاخصه‌های رشد با کمک به افزایش سطح اپیتلیومی آب‌شش و افزایش ظرفیت تبادل گازهای تنفسی در بهبود رشد حیوان ایفای نقش می‌کنند.

در پژوهش حاضر هم‌چنین آشکار شد که ضخامت اپیتلیوم و فواصل میان‌تیغه‌ای در تیغه‌های اولیه و ثانویه در هیچ‌یک از گروه‌های دریافت‌کننده‌ی جینسنگ تفاوت آماری معناداری با گروه شاهد نشان نمی‌دهند ($p>$ ۰/۰۵). به بیان دیگر افزودن جینسنگ به جیره‌ی غذایی در قزل‌آلا بر فواصل میان‌تیغه‌ای و ضخامت اپیتلیوم در این گونه‌ی حیوانی بی‌تأثیر است. فاصله‌ی میان‌تیغه‌ای فضای بالقوه‌ی موجود بین دو تیغه‌ی آب‌ششی مجاور است که جذب اکسیژن و مقاومت آب‌شش در درجه‌ی اول در آن رخ می‌دهد. با کاهش این فاصله، تبادل گازی بین اپیتلیوم لایه‌ای و محیط کاهش یافته و ممکن است منجر به کمبود اکسیژن شود که با کاهش نفوذ اکسیژن به اپیتلیوم هم‌راه است (Patnaik *et al.,* 2011; Wegner, 2011). تغییر در ضخامت اپیتلیوم پوشاننده‌ی تیغه‌های آب‌ششی به‌طور عمده فرآیندی در راستای سازگاری با ترکیبات شیمیایی یا شرایط فیزیکی محیط آبی به‌شمار می‌رود. به‌عنوان نمونه افزایش ضخامت اپیتلیوم آب‌شش به‌عنوان سازوکاری محافظتی در شرایط نامطلوب در مواجهه با عوامل سمی و آلاینده‌های محیطی در پژوهش‌های گوناگون گزارش شده است (Srivastava *et al.,* 2014). آب‌شش‌ها برای تبادل بهینه‌ی گازهای تنفسی بایستی از سطحی گسترده با ضخامت اپیتلیوم اندک (جهت تسهیل فرآیند انتشار) برخوردار باشند (Gilmour and Perry, 2018). در مفهومی که سازش اسمزی – تنفسی خوانده می‌شود، سطح کارکردی گسترده و فاصله‌ی انتشاری اندک سبب تسهیل تبادل اکسیژن شده، درحالی‌که سطح کارکردی اندک و فاصله‌ی انتشار بالا تسهیل در تنظیم اسمزی – یونی را در پی دارد (Foyle *et al.,* 2020; Wood and Eom, 2021). افزون بر تغییر در ساختار آب‌شش تغییر در سازوکارهای مؤثر بر جریان خون نیز بر ایجاد تغییر بر سطح کارکردی آب‌شش و فاصله‌ی انتشار مؤثرند. از جمله تغییر در اندازه‌ی گلبول‌های قرمز و سازگاری‌هایی در میزان جریان خون همچون بازتوزیع جریان خون در تیغه‌های ثانویه و افزایش جریان خون در نواحی انتهایی رشته‌های آب‌ششی (Lahnsteiner, 2022). افزایش ارتفاع اپیتلیوم، هیپرپلازی و هیپرتروفی سلول‌های اپیتلیومی و چسبندگی جزئی تیغه‌های آب‌ششی از سازوکارهای دفاعی بدن ماهی به‌شمار می‌روند. این تغییرات با افزایش فاصله‌ی بین خون و محیط، مانعی اضافی را برای اعمال آثار مخرب عوامل آسیب‌زننده فراهم می‌کنند. این تغییرات سبب افزایش سطح اپیتلیومی موجود جهت انتشار و جذب عوامل آسیب‌زننده ازجمله آلاینده‌ها به خون و کاهش میزان جذب آن‌ها می‌شوند. چنین سازوکاری در ماهی‌ها در واکنش به سموم، مواد محرک و عواملی که سبب ایجاد استرس محیطی می‌شوند گزارش شده است (Baskar, 2014). یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهند که در هیچ‌یک از گروه‌های دریافت‌کننده‌ی جینسنگ، فواصل میان‌تیغه‌ای تفاوت معناداری با گروه شاهد نشان نمی‌دهند. با توجه به آثار زیان‌بار کاهش فواصل میان‌تیغه‌ای بر تبادل گازهای تنفسی، عدم اثرپذیری این فواصل از افزودن جینسنگ به جیره‌ی غذایی را می‌توان هم‌راستا با افزایش معنادار طول تیغه‌های ثاویه، شاخصی مثبت در بهبود ظرفیت تبادل گازهای تنفسی ارزیابی نمود.

در پژوهش حاضر هم‌چنین آشکار شد که افزودن جینسنگ به جیره‌ی غذایی ماهی قزل‌آلا تا ۱۵۰ گرم در ۱۰۰ کیلوگرم جیره سبب افزایش معنادار در شمار سلول‌های موکوسی و شمار موی‌رگ‌های خونی در هر میلی‌متر آب‌شش می‌شود ($p<$ ۰/۰۵). مخاط پوست، آب‌شش‌ها و روده‌ها با برخورداری از سلول‌های ترشح‌کننده‌ی موکوس نخستین خط دفاعی در برابر عوامل مهاجم و بیماری‌زا به‌شمار می‌روند (Kiron, 2012; Wang *et al.*, 2011). پژوهش‌ها نشان می‌دهند که تراکم سلول‌های ترشح‌کننده‌ی

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

موکوس از سازه‌های گوناگونی همچون تغذیه، فیزیولوژی و کارکرد دستگاه ایمنی حیوان اثر می‌پذیرد (Bosi *et al.*, 2005; Kim and Khan, 2013).

مخاط، حاوی ملکول‌های مؤثر در ایمنی ذاتی همچون موسین‌ها، پروتئازها، لیزوزیم‌ها، استرازها، پروتئین‌های کمپلمان، پادتن‌ها و پپتیدهای ضدمیکروبی است (Reverter *et al.*, 2018; Santoso *et al.,* 2020). این ترکیبات می‌توانند با غیرفعال‌کردن عوامل بیماری‌زا یا جلوگیری از تکثیر آن‌ها از ارگانیسم در برابر عفونت‌ها محافظت کنند (Núñez-Acuña *et al.,* 2018). تحریک سلول‌های مخاطی، سازوکاری تطبیقی است که افزایش میزان ترشح مخاط را در پی دارد. تقویت لایه‌ی مخاطی با توجه به نقش حیاتی حفاظتی این لایه به‌عنوان مانعی جهت نفوذ میکروارگانیسم‌های مهاجم، محافظت موثر را برای سلول‌های اپیتلیومی در برابر عوامل محیطی تضمین می‌کند (Paulino *et al.*, 2014). در پژوهشی آشکار شد که افزودن روغن گیاه نکتاندرا گراندیفلورا (*Nectandra grandiflora*) به میزان ۱/۵ میلی‌لیتر در هر کیلوگرم غذا سبب بهبود چشم‌گیر واکنش تکثیری سلول‌های مخاطی در آبشش و تکثیر سلول‌های ترشح‌کننده‌ی لیزوزیم و ایمنوگلوبولین‌ها در پوست می‌شود (Santoso *et al.,* 2023). در پژوهشی دیگر آشکار شد که افزودن مکمل حاوی سیر، کارواکرول (۳- ایزوپروپیل-۲- متیل- فنل) و تیمول (۳- ایزوپروپیل-۵ - متیل- فنل) به جیره‌ی غذایی سبب بهبود ایمنی و بهبود سازوکارهای کنترل التهاب در آبشش‌ها می‌شود (Firmino *et al.*, 2020).

آثار محرک افزودن جینسنگ به جیره‌ی غذایی بر بهبود فراسنجه‌های کمی و کیفی مرتبط با دستگاه ایمنی در پژوهش‌های گوناگون آشکار شده‌اند. در پژوهشی آشکار شد که افزودن جینسنگ به جیره‌ی غذایی ماهی قزل‌آلا سبب افزایش معنادار در فراسنجه‌های کمی مرتبط با دستگاه ایمنی (شمار تام لکوسیت‌ها، درصد لنفوسیت‌ها و نوتروفیل‌ها) می‌شود (Parchami and Pouyapur, 2022). در حیوانات آزمایشگاهی، عصاره‌ی جینسنگ کارکردهای گوناگون ضدویروسی، محافظت در برابر عفونت‌های ویروسی و بهبود واکنش سلول‌های پادتن‌ساز نشان می‌دهد (Francis *et al.*, 2002). تغذیه‌ی ماهی‌ها با جیره‌ی غذایی دارای جینسنگ حتی در کوتاه‌مدت سبب بهبود واکنش ایمنی، افزایش میزان وزن‌گیری، بهبود فعالیت سیستم کمپلمان، فعالیت کشندگی باکتریایی در برابر اشریشیا کولی، فعالیت لیزوزیم‌ها و کارآیی چسبندگی سلول‌های فاگوسیت‌کننده در دستگاه ایمنی شده است (Nakagawa *et al.*, 2007). در پژوهشی آشکار شد که جینسنگ برزیلی افزون بر آثار محرک ایمنی، آثار ضدالتهابی بر بافت مخاطی روده نشان داده و سبب کاهش غلظت سازه‌هایی همچون اینترلوکین بتا، اینترفرون گاما و استرس اکسیداتیو در التهاب کولون می‌شود (Costa *et al.*, 2015). در پژوهشی دیگر آشکار شد که افزودن عصاره‌ی جینسنگ به جیره‌ی غذایی در ماکیان (گوشتی و تخم‌گذار) بهبود فراسنجه‌های کمی مرتبط با دستگاه ایمنی ازجمله افزایش شمار سلول‌های لنفاوی و بهبود آشکار کارکرد ایمنی را در پی دارد (Ao *et al.*, 2011). پژوهش‌ها همچنین نشان داده‌اند که پلی‌ساکاریدهای موجود در جینسنگ به بهبود ضایعات مخاطی کمک می‌کنند (Li *et al.*, 2019).

جینسنوزید RK3 که از ترکیبات موثره‌ی شناخته‌شده در عصاره‌ی جینسنگ به‌شمار می‌رود، می‌تواند سبب افزایش شمار پروبیوتیک‌های مفیدی همچون باکتروئیدها و لاکتوباسیلاسه‌ها و کاهش فراوانی باکتری‌های بیماری‌زا شود. جینسنگ هم‌چنین سبب افزایش میزان بیان پروتئین -۱ – اتصال محکم (ZO-1) و اکلودین، بهبود یک‌پارچگی سد روده‌ای و کارکرد ایمنی روده‌ای از طریق مهار toll-like receptor 4 (TLR4)/NF-kB و دیگر مسیرهای التهابی می‌شود (Bai *et al.*, 2021).

پلی‌ساکارید اسیدی که محرک شناخته‌شده‌ی دستگاه ایمنی به‌شمار می‌رود با غلظت بالا در عصاره‌ی جینسنگ قرمز یافت شده است (Lee *et al.*, 2015). در پلی‌ساکارید موجود در عصاره‌ی جینسنگ آمریکایی سازه‌های محرک و فعال‌کننده‌ی ماکروفاژها همچون منوز، گالاکتوز، گلوکز، آرابینوز و رامنوز یافت می‌شوند. عصاره‌ی آبی ریشه‌ی این گیاه، آزادسازی سازه‌ی نکروز تومور را سبب می‌شود که در افزایش کارآیی ماکروفاژها سهیم شمرده می‌شود (Assinewe *et al.*, 2002). در پژوهشی دیگر آشکار شد که تجویز جینسنگ سبب افزایش تکثیر سلول‌های ایمنی در طحال، بهبود کارآیی ماکروفاژها و افزایش تولید اکسید نیتریک می‌شود (Yu *et al.*, 2017). تجویز عصاره‌ی جینسنگ آمریکایی به میزان ۱۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم به مدت ۳ تا ۶ در موش‌های

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

صحرایی سبب فعال‌سازی ماکروفاژهای ریوی، افزایش غلظت اکسید نیتریک، سازه‌ی نکروز تومور آلفا و اینترلوکین ۶ در پلاسما می‌شود (Lui *et al.*, 2012). در پژوهشی دیگر آشکار شد که افزودن عصاره‌ی پاناکس جینسنگ به جیره‌ی غذایی ماهی قزل‌آلا افزایش معنادار میانگین شمار تام سلول‌های جامی را در بخش انتهایی روده در پی دارد (Parchami and Pouyapur, 2022). با توجه به پژوهش‌های یادشده، افزایش معنادار شمار سلول‌های موکوسی در اپیتلیوم تیغه‌های آبششی در پژوهش حاضر در گروه‌های دریافت‌کننده‌ی جینسنگ را هم‌راستا با افزایش شمار موی‌رگ‌های خونی که افزایش خون‌رسانی و بهبود ظرفیت حمل گازهای تنفسی را در پی دارد، می‌توان به نقش این ترکیب بر بهبود کارکرد دستگاه ایمنی مرتبط دانست که با کمک به بهبود سد دفاعی در سطح آب‌شش در برابر عوامل مهاجم خارجی به بهبود کارآیی دستگاه تنفس ماهی و حفظ بهبنه‌ی هوموستاز محیط داخلی بدن کمک می‌کند.

نتایج پژوهش حاضر هم‌چنین نشان می‌دهند که میانگین شمار سلول‌های کلرید در هیچ‌یک از گروه‌های مورد مطالعه تفاوت معناداری با گروه شاهد نشان نمی‌دهد ($p>$ ۰/۰۵). سلول‌های کلراید درصدی ناچیز از سلول‌های تشکیل‌دهنده‌ی اپیتلیوم آب‌شش را به خود اختصاص داده اما نخستین جایگاه فعال در فرآیندهای فیزیولوژیکی آب‌شش به‌شمار می‌روند. شمار و مساحت سلول‌های کلرایدی در آب‌شش ماهی‌های استخوانی به‌طور معمول در واکنش به تغییر در غلظت یونی و فشار اسمزی دست‌خوش تغییر می‌شود (Lee *et al.*, 2006). تغییر در شمار و اندازه‌ی این سلول‌ها در ماهی‌های گوناگونی همچون ماهی سفید دریای خزر (Ghahremanzadeh *et al.*, 2014)، ماهی شاه‌کولی (Neuraste *et al.*, 2017) و ماهی قره‌برون (Fielder *et al.*, 2007) گزارش شده است. این سلول‌ها در محیط‌هایی با شوری بالا به‌وسیله‌ی پمپ‌های یونی، یون‌های سدیم و کلر را فعالانه خارج کرده اما در شوری اندک، در جذب یون‌های کلسیم و کلر ایفای نقش می‌کنند (Pourmozaffar *et al.*, 2019). مواجهه‌ی ماهی اسنپر استرالیایی (*Pagrus auratus*) با آب شور موجب افزایش مساحت سلول‌های کلرایدی شده و با کاهش میزان شوری آب، شمار و اندازه‌ی سلول‌های کلرایدی در آب‌شش این گونه‌ی حیوانی کاهش یافته است (Khodabandeh *et al.*, 2009). با توجه به نقش فیزیولوژیکی اصلی سلول‌های کلرایدی در تنظیم و تثبیت هومئوستاز املاح در بدن، عدم تغییر معنادار در شمار سلول‌های کلرایدی در پژوهش حاضر را می‌توان به عدم تغییر در غلظت املاح و شرایط اسمزی در محیط آبی در پی افزودن عصاره‌ی جینسنگ به جیره‌ی غذایی نسبت داد. پژوهش‌های بیش‌تری در سطح میکروسکوپ الکترونی مورد نیاز است تا بتوان از نقش جینسنگ بر فراساختار این سلول‌ها دقیق‌تر آگاهی یافت.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش درمجموع نشان داد که جینسنگ سبب افزایش معنادار در میانگین برخی سنجه‌های مورفومتریک کمان آبششی (طول تیغه‌های ثانویه، شمار سلول‌های موکوسی و شمار موی‌رگ‌های خونی) شده اما بر میانگین سنجه‌هایی هم‌چون طول تیغه‌های اولیه، فواصل میان‌تیغه‌ای، ضخامت اپیتلیوم و شمار سلول‌های کلراید بی‌تأثیر بود میانگین شمار سلول‌های موکوسی و میانگین شمار موی‌رگ‌های خونی در همه‌ی گروه‌های مورد مطالعه در ناحیه‌ی شکمی کمان آبششی به‌طور معنادار بیش‌تر از میانگین شمار این سنجه‌ها در بخش پشتی کمان‌های آبششی بوده اما میانگین دیگر سنجه‌های مورد مطالعه تفاوت معناداری در بخش‌های پشتی و شکمی کمان آبششی نشان نداد.

References

Akhlaghi, M., Brojerdi, M., 1999. The anesthetic effect of cloves on fish and determining its LC50. *Journal of Veterinary Research*, 54(2), pp.49-52. (In Persian)

Ao, X., Zhou, T.X., Kim, I.H., Hong S.M. and Kim, I.H., 2011. Influence of fermented red ginseng extract on broiler and laying hens. Australian Journal of Animal Science, 24, pp.993-1000. https://doi.org/10.5713/ajas.2011.10450

Ashraf, M.A., Goda, S. 2008. Effect of Dietary Ginseng Herb (Ginsana® G115) supplementation on growth, feed utilization, and hematological indices of Nile tilapia, Oreochromis niloticus (L.),

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

fingerlings. *Journal of the World Aquaculture Society*, 39, pp.205-214. Doi.org: https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2008.00153.x

Assinewe, V.V., Amason, J.T., Aubry, A., Mullin, J. and Lemaire, I. 2002. Extractable polysaccharides of Panax quinquefolius L. (North American ginseng) root stimulate TNFalpha production by alveolar macrophages. *Phytomedicine*, 9, pp.398–404. https://doi.org/10.1078/09447110260571625

Bai, X., Fu, R., Duan, Z., Wang, P., Zhu, C., Fan, D. 2021. Ginsenoside Rk3 Alleviates Gut Microbiota Dysbiosis and Colonic Inflammation in Antibiotic- Treated Mice. *Food Research International*, 146, pp.110465. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110465

Baskar, T. 2014. Impact of nitrite toxicity on histopathological profile to freshwater fish, Cirrhinus Mrigala. *The International Journal of Engineering and Science*, 3(4), pp.42–47.

Bosi, G., Arrighi, S., di Giancamillo, A., Domeneghini, C. 2005. Histochemistry of glycoconjugates in mucous cells of Salmo trutta uninfected and naturally parasitized with intestinal helminths. *Diseases of aquatic organisms*, 64, pp.45-51. https://doi.org/10.3354/dao064045

Chirde, S.G., Gadhikar, Y. 2014. Histology A. histochemical and ultrastructural studies on intestine of Indian catfish, *Clarius batrachus* (Linn 1758). *Asian Journal of Biology and Biotechnology*, 3(1), p.1

Costa, C.A., Tanimoto, A., Quaglio, A.E., Almeida, L.D., Jr Severi, J.A., Di Stasi, L.C. 2015. Anti-inflammatory effects of Brazilian ginseng (Pfaffia paniculata) on TNBS induced intestinal inflammation: experimental evidence. *International Immunopharmacology*, 28, pp.459-469. https://doi.org/10.1016/j.intimp.2015.07.002

Dawood, M.A.O., Gewaily, M.S., Monier, M.N., Younis, E.M., Van Doan, H., 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 (Amsterdam Netherlands)*, 534, pp.736287.

Ernst, E., 2010. Panax ginseng: an overview of the clinical evidence. *Journal of Ginseng Research*, 34(4), pp.259–263. https://doi.org/10.5142/jgr.2010.34.4.259

Fielder, D.S., Allan, G.L., Pepperall, D., Pankhurst, P.M. 2007. The effects of changes in salinity on osmoregulation and chloride cell morphology of juvenile Australian snapper, Pagrus auratus. *Aquaculture*, 272, pp.656–666.

Firmino, J.P., Vallejos-Vidal, E., Sarasquete, C., Ortiz-Delgado, J.B., Balasch, J.C., Tort, L., Gisbert, E. 2020. Unveiling the Effect of Dietary Essential Oils Supplementation in Sparus aurata Gills and Its Efficiency Against the Infestation by Sparicotyle chrysophrii. *Scientific Reports*, 10, p.p.17764. https://doi.org/10.1038/s41598-020-74625-5

Foyle, K.L., Hess, S., Powell, M.D., Herbert, N.A. 2020. What is gill health and what is its role in marine finfish aquaculture in the face of a changing climate? *Frontiers in Marine Science*, 7, p.400. https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00400

Francis, G., Kerem, Z., Makkar, H.P.S., Becke,r K. 2002. The biological action of saponins in animal systems: a review. *British Journal of Nutrition*, 88, pp. 587–605. https://doi.org/10.1079/BJN2002725

Ghahremanzadeh, Z., Namin, J.I., Bani, A., Hallajian, A. 2014. Cytological comparison of gill chloride cells and blood serum ion concentrations in kutum(Rutilus frisii kutum) spawners from brackish(Caspian Sea) and fresh water(Khoshkrood River) environments. *Archives of Polish Fisheries*, 22, pp.189–196. https://doi.org/10.2478/aopf-2014-0019

Gilmour, K.M.; Perry, S.F. 2018. Conflict and Compromise: Using Reversible Remodeling to Manage Competing Physiological Demands at the Fish Gill. *Physiology*, 33, pp.412–422. https://doi.org/10.1152/physiol.00031.2018

Khodabandeh, S., Khoshnood, Z., Mosafer, S. 2009. Immunolocalization of Na^+, K^+- ATPase-rich cells in the gill and urinary system of Persian sturgeon, Acipenser persicus, fry. *Aquaculture Research*, 40, pp.329–336.

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

Kim, J.J., Khan, W.I. 2013. Goblet cells and mucins: Role in innate defense in enteric infections. *Pathogens*, 2, pp.55-70. https://doi.org/10.3390/pathogens2010055

Kim, JK., Tabassum, N., Uddin, MR., Park., SU., 2016. Ginseng: a miracle sources of herbal and pharmacological uses. *Oriental Pharmacy and Experimental Medicine*, 16(4), pp.243-250. https://doi.org/10.1007/s13596-016-0246-6

Kiron, V. 2012. Fish Immune System and Its Nutritional Modulation for Preventive Health Care. *Animal Feed Science and Technology*, 173, pp.111–133. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.015

Lahnsteiner, F. 2022. Hematological adaptations in diploid and triploid Salvelinus fontinalis and diploid Oncorhynchus mykiss (*Salmonidae, Teleostei*) in response to long-term exposure to elevated temperature. *Journal of Thermal Biology*, 106, pp.103256. https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2022.103256

Lee, S.M., Bae, B.S., Park, H.W., Ahn, N.G., Cho, B.G., Cho, Y.L., Kwak, Y.S. 2015. Characterization of Korean red ginseng (panax ginseng meyer): history, preparation method, and chemical composition. *Journal of Ginseng Research*, 39, pp.384-391. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2015.04.009

Lee, K.M., Kaneko, T., Katoh, F., Aida, K. 2006. Prolactin gene expression and gill chloride cell activity in fugu Takifugu rubripes exposed to a hypoosmotic environment. *General and Comparative Endocrinology*, 149, pp.285–293. https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2006.06.009

Li, S.S., Qi, Y.L., Chen, L.X., Qu, D., Li, Z.M., Gao, K., Chen, J.B., Sun, Y.S. 2019. Effects of Panax ginseng polysaccharides on the gut microbiota in mice with antibiotic-associated diarrhea. *International Journal of Biological Macromolecules*, 124, pp.931–937. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.11.271

Ljubojević Perlic, D., Pelić, D., Radosavljević, V., Pelić, M., Baloš, M.Z., Puvača, N., Jug-Dujaković, J., and Gavrilović, A., 2024. Antibiotic Residues in Cultured Fish: Implications for Food Safety and *Regulatory Concerns. Fishes*, 9(12), p.484. https://doi.org/10.3390/fishes9120484

Lui, E.M.K., Azike, C.G., Guerrero-Analco, J.A., Romeh, A.A., Pei, P., Kaldas, S.J. and Arnason, J.T., Charpentier, P.A. 2012. Bioactive polysaccharides of American ginseng Panax quinquefolius L. In Modulation of Immune Function: Phytochemical and Pharmacological Characterization, The Complex World of Polysaccharides. *Karunaratne, D.N., Ed., Intech Open: London*, pp.513–518. https://doi.org/10.5772/50741

Luo, Z., Xu, W., Zhang, Y., Di, L., Shan, J. 2020. A Review of Saponin Intervention in Metabolic Syndrome Suggests Further Study on Intestinal Microbiota. *Pharmacological Research*, pp.160-165. https://doi.org/10.1016/j.phrs.2020.105088

Mokhtar, D.M. 2022. Fish Histology, from cells to organs. 2nd Ed. Taylor and Francis, Apple Academic Press, pp.253-269.

Nakagawa, H., Sato, M., Gatlin, D.M. 2007. Dietary Supplements for the Health and Quality of Cultured Fish. *Cromwell Press, Trowbridge*. pp. 109-116.

Neuraste, N., Setorki, M., Tehranifard, A., Moshfegh, A. 2017. Effects of salinity and plasma prolactin on chloride cells in the gill of Chalcalburnus chalcoides. *Iranian Journal of Aquatic Animimal Health*, 3, pp.11–21. https://doi.org/10.29252/ijaah.3.2.11

Núñez-Acuña, G., Gallardo-Escárate, C., Fields, D.M., Shema, S., Skiftesvik, A.B., Ormazábal, I., Browman, H.I. 2018. The Atlantic Salmon (Salmo salar) Antimicrobial Peptide Cathelicidin-2 Is a Molecular Host-Associated Cue for the Salmon Louse (*Lepeophtheirus salmonis*). *Scientific Reports*, 8, p.13738.

Parchami, A., Kaboutari, J., Mohebbi, A., Pouyapur, V. 2022a. Effect of aqueous extract of Ginseng *(Panax ginseng)* on liver histomorphometric characteristics and some serum biochemical parameters in rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). *Journal of Aquaculture development*, 16(4), pp.37-49. (In Persian) https://doi.org/10.52547/aqudev.16.4.37

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

Parchami, A., Kaboutar, J., Mohebbi, A., Pouyapur., V., 2022b. Effect of ginseng extract (Panax ginseng) on growth parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). The sixth National and fourth International Conference of Environmental Sciences, *Agriculture and Natural Resources*. (In Persian)

Parchami A., Pouyapur, V., 2023. Effect of Ginseng (Panax ginseng) Extract on Intestinal Wall Structure in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*): A Histomorphometric and Biochemical Study. *Journal of Animal Biology*, 15(4), pp.155-166. (In Persian) https://doi.org/10.22034/ascij.2023.1970952.1438

Parchami, A., Pouyapur, V., 2022. Effect of ginseng (*Panax Ginseng*) on some blood parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). 9th International Conference on Agricultural Science, Environmental, Urban and Rural Development. (In Persian)

Patnaik, BB., Hongray, HJ., Theresia, M. and Selvanayagam, M. 2011. Histopathology of gill, liver, muscle and brain of *Cyprinus carpio communis* L. exposed to sublethal concentration of lead and cadmium. *African Journal of Biotechnology*, 10(57), pp.12218-12223.

Paulino, M.G., Benze, T.P., Sadauskas-Henrique, H., Sakuragui, M.M., Fernandes, J.B., Fernandes, M.N. 2014. The impact of organochlorines and metals on wild fish living in a tropical hydroelectric reservoir: bioaccumulation and histopathological biomarkers. *Science of the Total Environment, 1,* pp.497–498:293–306. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.07.122

Pourmozaffar, S., Hajimoradloo, A., Paknejad, H., Rameshi, H. 2019. Effect of dietary supplementation with apple cider vinegar and propionic acid on hemolymph chemistry, intestinal microbiota and histological structure of hepatopancreas in white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *Fish and Shellfish Immunology*, 86, pp.900–905. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.12.019

Ratan, Z.A., Haidere, M.F., Hong, Y.H., Park, S.H., Lee, J.O., Lee, J., Cho, J.Y., 2021. Pharmacological potential of ginseng and its major component ginsenosides. *Journal of Ginseng Research*, 45, pp.199–210. doi.org: https://doi.org/10.1016/j.jgr.2020.02.004

Reverter, M., Tapissier-Bontemps, N., Lecchini, D., Banaigs, B., Sasal, P. 2018. Biological and Ecological Roles of External Fish Mucus: *A Review. Fishes*, 3, p.41. https://doi.org/10.3390/fishes3040041

Santos, F.A.C., Felipe S. Batista, F.S., Souza, A.S., Julio, G.S.C., Favero, G.C., Junior, J.F.V., Costa, S.T., Zeppenfeld, C.C., Bianchini, N.H., Heinzmann, B.M., Baldisserotto, B., Luz, R.K. 2023. Growth Performance and Histomorphology of Intestine, Skin, Gills and Liver of Juvenile Colossoma macropomum Fed Diets Containing Different Levels of the Essential Oil of Nectandra grandiflora. *Fishes*, 8(10), p.509. https://doi.org/10.3390/fishes8100509

Santoso, H.B., Suhartono, E., Yunita, R., Biyatmoko, D. 2020. Epidermal Mucus as a Potential Biological Matrix for Fish Health Analysis. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 24, pp.361–382. https://doi.org/10.21608/EJABF.2020.114402

Srivastava, N., Kumari, U., Rai, A., Mittal, S., Mittal, A. 2014. Alterations in the gill filaments and secondary lamellae of *Cirrhinus mrigala* exposed to Nuvan, an organophosphorus insecticide. *Journal of Histology*, 1, pp.1-11. https://doi.org/10.1155/2014/190139

Sun, Y. 2011. Structure and biological activities of the polysaccharides from the leaves, roots and fruits of Panax ginseng C.A. Meyer: an overview. *Carbohydrate Polymers*, 85, pp.490-499.

Suvarna, S.K., Layton, C., Bancroft, J.D. 2019. Bancroft's theory and practice of histological techniques. *Elsevier Publishing Co. p.* 126.

Tibbetts, I.R. 1997. The distribution and function of mucous cells and their secretions in the alimentary tract of *Arrhamphus sclerolepis krefftii*. *Journal of Fish Biology*, 50(4), pp.809-820. https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1997.tb01974.x

Vaou, L., Stavropoulou, E., Voidarou, C., Tsigalou, C., Bezirtzoglou, E., 2021. Towards Advances in Medicinal Plant Antimicrobial Activity: A Review Study on Challenges and Future Perspectives. *Microorganisms*, 9(10), p.20-41. https://doi.org/10.3390/microorganisms9102041

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]

Wang, S., Wang, Y., Ma, J., Ding, Y., Zhang, S. 2011. Phosvitin Plays a Critical Role in the Immunity of Zebrafish Embryos via Acting as a Pattern Recognition Receptor and an Antimicrobial Effector. *Journal of Biological Chemistry*, 286, pp.22653–22664. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.015

Wegner, NC. 2011. Gill respiratory morphometrics. In: ARRELL, AP. (Ed.). Encyclopedia of fish physiology: from genome to environment. San Diego: *Academic Press*, p. 803-811.

Wood, C.M.; Eom, J. 2021. The osmorespiratory compromise in the fish gill. *Comparative Biochemistry and Physiology. A: Molecular and Integrative. Physiology*, 254, p.110895. https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2021.110895

Yancheva, V.,Velcheva, I., Stoyanova, S., Georgieva, E. 2015. Fish in ecotoxicological studies. *Ecologica Balkanica*, 7(1), pp.149–169.

Yu, X.H., Liu, Y., Wu, X.L., Liu, L.Z., Fu, W., Song, D.D. 2017. Isolation, purification, characterization and immunostimulatory activity of polysaccharides derived from American ginseng. *Carbohydrate Polymers*, 156, pp.9–18. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.08.092

[Downloaded from jae.hormozgan.ac.ir on 2026-11-07]