نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی
Journal homepage: http://jair.gonbad.ac.ir
وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
دانشگاه گنبد کاووس

تأثیر پودر گلبرگ زعفران (*Crocus Sativus*) بر عملکرد رشد و برخی فاکتورهای ایمنی موکوس پوست ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*)

مریم طلا*[1]، سجاد پورمظفر[2]

[1] استادیار گروه شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قشم، قشم، ایران

[2] استادیار ایستگاه تحقیقات نرمتنان خلیج فارس، پژوهشکده اکولوژی خلیج فارس و دریای عمان، مؤسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی. بندرلنگه، ایران

نوع مقاله:
پژوهشی اصیل
https://doi.org/10.22034/jair.11.2.53

تاریخچه مقاله:
دریافت: ۰۲/۰۶/۰۵
پذیرش: ۰۲/۰۷/۱۹

نویسنده مسئول مکاتبه:
مریم طلا، استادیار گروه شیلات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد قشم، قشم، ایران.

ایمیل: talaazad29@gmail.com

چکیده

بدین منظور، تعداد ۶۰۰ قطعه بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزن ۰/۱۹ ± ۶/۶ گرم به‌طور تصادفی در چهار گروه آزمایشی توزیع و به مدت ۸ هفته با جیره‌های حاوی غلظت‌های ۰، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد پودر خام گلبرگ زعفران تغذیه شدند. نتایج نشان داد تغذیه بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان با جیره حاوی ۰/۵ درصد پودر گلبرگ زعفران منجر به بهبود معنی‌داری در شاخص‌های رشد شامل افزایش وزن بدن، ضریب رشد ویژه و ضریب چاقی در مقایسه با گروه شاهد شد. درحالی‌که، غلظت‌های بالاتر (۱/۵ و ۲ درصد) تاثیر معنی‌داری بر عملکرد رشد ماهی نداشت. آنالیز شاخص‌های ایمنی ذاتی موکوس پوست نیز نشان داد که فعالیت آنزیم لیزوزیم با افزایش غلظت پودر گلبرگ زعفران در جیره افزایش یافت، به‌طوری‌که بالاترین میزان شاخص فوق در تیمارهای تغذیه‌شده با جیره حاوی ۲ درصد پودر گلبرگ زعفران مشاهد شد. همچنین بالاترین میزان فعالیت همآگلوتیناسیون و فعالیت ضدباکتریایی در برابر دو باکتری بیماری‌زای رایج در آبزی‌پروری شامل باکتری یرسینیا روکری و آئروموناس هیدروفیلا نیز مربوط به تیمار تغذیه‌شده با جیره حاوی ۲ درصد پودر گلبرگ زعفران بود. بنابراین، گلبرگ زعفران به ویژه در غلظت ۰/۵ درصد امکان استفاده به عنوان یک محرک رشد و سیستم ایمنی با منشا طبیعی، ارزان قیمت، موثر و سازگار با محیط زیست در مزارع پرورش ماهی قزل-آلای رنگین‌کمان جهت ارتقا سطح سلامت آبزی و افزایش مقاومت در برابر عفونت‌های باکتریایی شایع از جمله بیماری‌های دهان قرمزی و سپتی سمی هموراژیک باکتریایی را دارد.

واژه‌های کلیدی:
ایمنی، رشد، قزل‌آلای رنگین‌کمان،گلبرگ زعفران، موکوس

۱ | مقدمه

بروز بیماری‌ها از عوامل اصلی محدودکننده تولید در آبزی‌پروری خصوصاً در شرایط پرورش متراکم است که با افزایش مرگ و میر، کاهش رشد و افزایش دوره پرورش ضررهای اقتصادی فراوانی را بر پرورش‌دهنده تحمیل می‌نماید. در سیستم‌های پرورش متراکم، ماهی ممکن است در معرض شرایط استرس‌زای فراتر از ظرفیت تحمل خود (به عنوان مثال تراکم بالا یا کمبودهای تغذیه‌ای) قرار گیرد که منجر به تضعیف سیستم ایمنی و در نتیجه افزایش حساسیت در مقابل عوامل بیماری‌زا شود (Stentiford *et al*., 2012, Tapia-Paniagua *et al*., 2014). بنابراین ضروری است تا با اتخاذ شیوه‌های مناسب، بقا و رشد ماهی را در چنین شرایطی حفظ کرد. اگرچه تاکنون داروهای شیمیایی زیادی از جمله آنتی‌بیوتیک‌ها برای پیشگیری و درمان بیماری‌ها مورد استفاده قرار گرفته است، اما این داروها اثرات منفی زیادی از جمله مشکلات زیست محیطی، تخریب جوامع میکروبی در محیط‌های آبزی‌پروری و ظهور و گسترش سویه‌های مقاوم، سرکوب سیستم ایمنی ماهی، تجمع در بافت‌های ماهی و انتقال به مصرف‌کننده و در نتیجه تاثیر منفی بر بازار فروش و صادرات ماهی دارد (Sahu *et al*., 2008; Romero *et al*., 2012)، از طرفی واکسیناسیون ماهی در مقیاس انبوه دشوار و بسیار گران است. همچنین عملکرد واکسن‌ها در دمای پایین و در صورت وجود چندین عفونت به طور همزمان بسیار ضعیف می‌باشد، چون واکسن به طور اختصاصی عمل کرده و تنها روی یک عامل بیماری‌زا اثر دارد (Pasnik *et al*., 2005; Harikrishnan *et al*., 2011). امروزه با توجه به اهمیت آبزی‌پروری سبز و پیامدهای زیست محیطی آنتی‌بیوتیک‌ها و سایر داروهای شیمیایی، تحریک و بهبود سیستم ایمنی با استفاده از افزودنی‌های غذایی پایدار و سازگار با محیط زیست یکی از راهبردهای مدیریتی در پیشگیری از وقوع بیماری در صنعت پرورش ماهی و توسعه آبزی‌پروری پایدار محسوب می‌شود

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-16]
[DOI: 10.22034/jair.11.2.53]

(Esteban, 2012). اخیراً گرایش زیادی به سمت استفاده از مکمل‌های گیاهی به صورت خام یا عصاره به دلیل مزایای زیادی از جمله قیمت پایین، دسترسی آسان، اثرات جانبی کمتر بر سلامت ماهی و کارایی بهتر در محیط آبی وجود دارد. گیاهان دارویی در آبزی‌پروری نه تنها به عنوان یک جاذب غذایی در تحریک اشتها، محرک رشد و افزایش وزن استفاده می‌شوند بلکه تاثیر آنها به عنوان ترکیبات ضدقارچ، ضد-باکتری و همچنین به‌عنوان محرک سیستم ایمنی و افزایش مقاومت به بیماری در تعداد زیادی از گونه‌های ماهی و سخت‌پوستان نیز اثبات شده است (Gisbert *et al*., 2017; Reyes-Cerpa *et al*., 2018; Salomon *et al*., 2020; Huang *et al*., 2020; Dewi *et al*., 2021).

زعفران (*Crocus sativus*) گیاهی کوچک و چند ساله از خانواده زنبقیان (Iridaceae) است (Srivastava *et al*., 2010) که کلاله خشک آن در صنایع غذایی و صنایع دارویی استفاده می‌شود (Mirheidar, 2005). ایران به‌ویژه استان‌های خراسان جنوبی و خراسان رضوی یکی از مهم‌ترین قطب‌های تولید زعفران در دنیا محسوب می‌شود، به‌طوری‌که ارزش سالانه صادرات زعفران ایران بالغ بر ۳۰۰ میلیارد ریال (۹۰ درصد زعفران دنیا) در سال می‌باشد. در فرآیند تولید زعفران از قسمت کلاله و خامه گل به عنوان زعفران تجارتی استفاده می شود و سایر قسمت‌های گل از جمله گلبرگ ها به عنوان ضایعات دور ریخته می شود که از حجم بسیار بالایی برخوردار می باشد (سالانه بالغ بر ۲۰ هزار تن) (Jafari-Sales and Pashazadeh, 2020). با توجه به روند رو به افزایش تولید زعفران، پیش بینی می شود که این مقدار در سال‌های آینده نیز افزایش یابد (Sidiq and Shrivastava, 2020). امروزه تنها کاربرد گلبرگ زعفران استفاده از آن برای استخراج رنگ می‌باشد که هنوز توسعه و تجاری‌سازی نشده است (Goli *et al*., 2012). در حالی که طبق تحقیقات انجام شده، گلبرگ زعفران حاوی ترکیبات فعال بیولوژیکی متعددی است که خواص ضدسرطانی، آنتی‌اکسیدانی، مسکن و ضدالتهاب، ضدافسردگی و ضدمیکروبی آن اثبات شده است (Gil *et al*., 2002). همچنین طبق آنالیز ترکیب تقریبی، گلبرگ زعفران حاوی مواد مغذی (۱۰/۲ درصد پروتئین و۵/۳ درصد چربی) و عناصر معدنی ضروری متعددی می‌باشد که با توجه استاندارد تغذیه ایران برای غذای حیوانات، پتانسیل استفاده به عنوان مکمل غذایی در جیره غذایی دام را دارد (Khoshbakht Fahim *et al*., 2012). علاوه بر این، درصد فیبر موجود در گلبرگ زعفران امکان استفاده از آن را به عنوان یک منبع مناسب از فیبر برای غنی‌سازی جیره میسر می‌سازد (Ahmadian-Kouchaksaraie *et al*., 2016). با توجه به اینکه زعفران تنها در ایران و در چند کشور با تمدن کهن مانند اسپانیا، هند، یونان، مراکش کشت می‌شود، مطالعات بسیار محدودی در مورد پتانسیل استفاده از پودر خام یا عصاره‌های گلبرگ زعفران به‌عنوان محرک رشد یا ایمنی در جیره غذایی آبزیان انجام شده است. اغلب مطالعات در مورد کلاله زعفران و محدود به موجودات خونگرم می‌باشد، درحالی که گلبرگ آن در تناژ بالاتری در دسترس می‌باشد و طبق مطالعات سم‌شناسی، گلبرگ زعفران حاوی ترکیبات سمی نسبتا کمی در مقایسه با کلاله می‌باشد (Hosseini *et al*., 2018). بنابراین با توجه به اهمیت پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین-کمان (*Oncorhynchus mykiss*) در ایران و ضرورت تولید جیره غذایی مناسب جهت توسعه پایدار این صنعت و قطب بودن این کشور از نظر تولید زعفران، مطالعه حاضر برای اولین بار پتانسیل استفاده از پودر گلبرگ زعفران را به عنوان یک مکمل غذایی گیاهی بومی و غنی از ترکیبات فلاونوئیدی، با تمرکز بر عملکرد رشد و پارامترهای سیستم ایمنی ذاتی بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان مورد بررسی قرار می‌دهد. از طرف دیگر تمرکز اغلب مطالعات سیستم ایمنی ذاتی بر روی فاکتور-های ایمنی خون می‌باشد، اما در حال حاضر گرایش زیادی برای مطالعه موکوس پوست به‌عنوان یک تکنیک غیرتهاجمی برای مطالعه فاکتور-های ایمنی ذاتی وجود دارد. لذا هدف از مطالعه حاضر، بررسی پتانسیل استفاده از پودر گلبرگ زعفران به‌عنوان یک مکمل غذایی گیاهی بومی بر عملکرد رشد و برخی از پارامترهای سیستم ایمنی ذاتی موکوس (فعالیت لیزوزیم، فعالیت ضدباکتریایی و فعالیت هماگلوتیناسیون) بچه-ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان بود که در صورت داشتن چنین اثری، این تحقیق می‌تواند علاوه بر کاهش هزینه‌های تولید و افزایش بازدهی از طریق بالا بردن سطح ایمنی ماهی در سیستم پرورش متراکم، از هدر رفتن حجم وسیعی از یک محصول جانبی کشاورزی نیز جلوگیری کند.

۲ | مواد و روش‌ها

به منظور تهیه جیره‌های آزمایشی، ابتدا غذای تجاری پایه (خوراک اکسترود شرکت فرادانه، شهرکرد- ایران) با استفاده از میکسر کاملاً پودر و نرم شد. سپس پودر گلبرگ زعفران با توجه مطالعه رایسی و همکاران (Raissy *et al*., 2022) در چهار سطح ۰، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد (گرم به ازای هر ۱۰۰ گرم خوراک) با استفاده از محلول ژلاتین یک درصد به خوراک اضافه تا به شکل خمیر نرم و شکل‌پذیر درآید (فرض الهی و همکاران، ۱۳۹۹). سپس خوراک‌ها در در سایه و در معرض جریان هوا خشک و در کیسه‌های نایلونی بسته‌بندی و تا زمان استفاده در دمای ۴ درجه‌سانتی گراد نگهداری شد. به منظور حفظ شرایط آزمایشی یکسان، به جیره گروه شاهد نیز مقدار مساوی ژلاتین اضافه شد. همچنین جهت حفظ کیفیت مواد مغذی، فرآیند آماده‌سازی جیره های غذایی آزمایشی هر دو هفته یکبار انجام شد.

پس از طی دوره سازگاری به مدت دو هفته و تغذیه با جیره تجاری پایه، تعداد ۶۰۰ قطعه بچه‌ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با میانگین وزن ۰/۱۹ ± ۶/۶ گرم در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و سه تکرار توزیع و به مدت ۸ هفته با جیره‌های حاوی غلظت‌های مختلف پودر خام گلبرگ زعفران (۰، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد) تغذیه شدند. هر واحد آزمایشی شامل مخازن فایبرگلاسی۷۷۰ لیتری حاوی ۵۰ قطعه بچه-ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان با تراکم ذخیره‌سازی ۰/۴ گرم در هر لیتر بود. درصد غذادهی مطابق با دستور العمل شرکت فرادانه و بر اساس میانگین وزن ماهی و دمای آب بود. نوع و آنالیز تقریبی غذای پایه مصرفی در طی دوره آزمایش در جدول ۲-۱ ارائه شده است. پارامترهای فیزیکوشیمیایی آب شامل دما (۱/۰۸± ۱۳/۷۵)، pH (۰/۱ ±۷/۲)،

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-16]
[DOI: 10.22034/jair.11.2.53]

اکسیژن محلول (۰/۸۵ ± ۷/۸۱) و آمونیاک (کمتر از ۰/۰۰۲ میلی‌گرم بر لیتر) دو بار در هفته اندازه‌گیری و در محدوده استاندارد برای ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان حفظ شدند. منبع آب مورد استفاده مخلوط آب چاه و رودخانه و با دبی ۰/۳لیتر بر ثانیه بود.

جدول۱- آنالیز تقریبی غذای تجاری ماهی قزل‌آلا شرکت فرادانه

ترکیب شیمیایی (درصد)	SFT2	SFT3	SFT1
پروتئین خام	۴۶-۵۰	۴۶-۵۰	۴۰-۴۴
چربی خام	۱۱-۱۵	۱۱-۱۵	۱۲-۱۶
فیبر خام	۱/۵-۳	۱/۵-۳	۲-۴
خاکستر	۹-۱۳	۹-۱۳	۷-۱۱
رطوبت	۵-۱۱	۵-۱۱	۵-۱۱
فسفر	۱-۱/۵	۱-۱/۵	۱-۱/۵
فرم خوراک	نیمه شناور	نیمه شناور	شناور
اندازه خوراک (میلی متر)	۲ ±۰/۲	۲/۴ ±۰/۲	۳ ±۰/۳
وزن ماهی (گرم)	۴-۸	۸-۱۵	۱۵-۲۵
دفعات خوراک دهی	۷	۶	۵

به‌منظور سنجش شاخص‌های رشد و تغذیه، در پایان دوره آزمایش، تعداد ۱۰ قطعه ماهی از هر تکرار به‌طور تصادفی صید و طول و وزن آنها با استفاده از خط‌کش با دقت میلی‌متر و ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم و تخته زیست‌سنجی اندازه‌گیری و شاخص‌های فوق با استفاده از فرمول‌های ذیل محاسبه گردید (Hoseinifar *et al*., 2014). لازم به ذکر است به منظور جلوگیری از بروز استرس و تلفات احتمالی ، تغذیه ماهی ها ۲۴ ساعت قبل و بعد از انجام عملیات زیست‌سنجی قطع شد.

۱) افزایش وزن بدن: $WG\ (g) = (W_f - W_i)$

۲) درصد افزایش وزن بدن: $WGR\ (\%) = (W_f - W_i)/W_i \times 100$

۳) افزایش طول بدن: $TL\ (cm) = (L_f - L_i)$

۴) ضریب رشد ویژه: $SGR\ (\%\ day^{-1}) = (\ln W_f - \ln W_i) / T \times 100$

۵) نرخ رشد روزانه: $DGR\ (g\ day^{-1}) = (W_f - W_i)/ T$

۶) شاخص وضعیت: $CF\ (g/cm^3) = 100 \times [W/TL^3]$

۷) درصد بازماندگی: $SR\ (\%) = (N_f/Ni) \times 100$

W_i: وزن اولیه (گرم)، W_f: وزن نهایی (گرم)، L_i: طول اولیه (سانتی‌متر)، L_f: طول نهایی (سانتی‌متر)، T: مدت زمان دوره پرورش (روز)، N_i: تعداد اولیه ماهی، N_t: تعداد ماهی زنده در زمان مورد نظر

جمع‌آوری نمونه‌های موکوس در پایان دوره آزمایش و مطابق با روش ابوالفتحی و همکاران (Abolfathi *et al*., 2022) با اندکی تغییرات انجام شد. تغذیه ماهیان ۲۴ ساعت پیش از نمونه‌برداری قطع گردید. پس از مشاهده وضعیت عمومی هر ماهی و اطمینان از سالم بودن آن‌ها، ۵ قطعه ماهی از هر تکرار (۱۵ قطعه از هر تیمار) به‌طور تصادفی صید و با استفاده از محلول ppm ۱۰۰ گل میخک بیهوش (Ghafarifarsani *et al*., 2021) و به کیسه‌های پلی‌اتیلنی حاوی ۲/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات‌سدیم (۵۰ mM NaCl، pH =۷/۴، ۴۰ mM PBS) منتقل شدند. سپس کیسه‌ها را به‌آرامی به مدت ۲-۱ دقیقه تکان داده و پس از جمع‌آوری موکوس، ماهی‌ها به تانک‌های بازیابی برگردانده شدند. نمونه‌های موکوس به لوله‌های سانتریفوژ استریل منتقل و با استفاده از تانک ازت به آزمایشگاه انتقال داده شدند.

پس از انجمادزدایی، نمونه‌های موکوس جمع‌آوری شده در بافر-فسفات‌سدیم (۵۰ mM NaCl، pH =۷/۴، ۴۰ mM PBS) با استفاده از دستگاه سانتریفیوژ یخچال‌دار (Eppendorf 5810R Refrigerated centrifuge) به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد و با نیروی g ۲۸۶۰ سانتریفوژ شدند. سپس مایع‌رویی حاصل را به‌آرامی با سمپلر جمع‌آوری کرده و در میکروتیوپ‌هایی به حجم ۱/۵ سی‌سی تقسیم‌بندی شد. بعد از انجماد به‌مدت یک شبانه‌روز در فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد، نمونه‌های موکوس با استفاده از دستگاه فریز درایر (Alfa 1-2 LDplus, Germany) لیوفیلیزه شدند. پودر موکوس لیوفیلیزه شده مجدداً در بافرفسفات (۵۰ mM NaCl، pH =۷/۴، ۴۰ mM PBS) حل و پروتئین‌های نامحلول با سانتریفوژ در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد با دور g ۲۸۶۰ جدا و تا زمان انجام آزمایش‌های بعدی در فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد نگه‌داری شدند (Sheikhzadeh *et al*., 2012).

فعالیت آنزیم لیزوزیم به‌روش کدورت‌سنجی و با استفاده از سوسپانسیون سلول‌های میکروکوکوس لوئوس (*Micrococcus luteus*) در بافراستات‌سدیم (۰/۰۲ مولار، pH =۵/۵) با غلظت ۰/۲ میلی‌گرم بر میلی‌لیتر به عنوان سوبسترا اندازه‌گیری شد. ابتدا، ۲۰۰ میکرولیتر نمونه موکوس را به ۸۰۰ میکرولیتر سوسپانسیون باکتری اضافه و محتویات کووت را به‌خوبی مخلوط کرده و کاهش در جذب سلول‌های *Micrococcus lysodeikticus* با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Biochrom Libra S12 UV-Vis Spectro-photometer)در مقابل بلانک هوا به مدت ۱۰ دقیقه در فواصل زمانی یک دقیقه در طول موج ۴۵۰ نانومتر ثبت و با استفاده از رابطه زیر میزان فعالیت آنزیم در دقیقه به ازای میلی‌گرم پروتئین محلول به‌دست آمد.

$$\text{Unit/mg protein} = \frac{\Delta A/\min * 3 * DF}{0.001 * 0.1 * \text{mg protein in assay}}$$

فعالیت هماگلوتیناسیون موکوس پوست به روش رقت‌های متوالی با استفاده از سوسپانسیون ۲/۵ درصد گلبول‌های قرمز جوجه در میکروپلیت‌های ۹۶ چاهکی انجام شد. ۲۵ میکرولیتر نمونه موکوس با مقدار مساوی بافرفسفات‌سدیم رقیق‌سازی سپس ۲۵ میکرولیتر سوسپانسیون ۲/۵ درصد گلبول قرمز به تمام چاهک‌ها اضافه و میکروپلیت‌ها به‌مدت ۱ ساعت روی شیکر در دمای اتاق نگه‌داری شدند. چاهک کنترل فقط حاوی سوسپانسیون گلبول قرمز و بافر فسفات‌سدیم بود. چاهک‌هایی که گلبول‌های قرمز به حالت شبکه‌ای ته‌نشین شدند به‌عنوان فعالیت آگلوتیناسیون مثبت و چاهک‌های با رسوب دگمه‌ای شکل مرکزی به‌عنوان فعالیت آگلوتیناسیون منفی در نظر گرفته شدند. بررسی نتایج به‌صورت چشمی و به‌منظور تایید بیشتر با استفاده از میکروسکوپ نوری انجام شد. معکوس آخرین رقتی که فعالیت هماگلوتیناسیون را نشان داد به‌عنوان تیتر هماگلوتیناسیون در نظر

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-16]

[DOI: 10.22034/jair.11.2.53]

گرفته شد (Sheikhzadeh *et al*., 2012). فعالیت ضدباکتریایی موکوس در مقابل دو باکتری گرم منفی (PTCC NO: 1890) *Aeromonas hydrophila* و (PTCC NO:1888) *Yersinia ruckeri*به روش انتشار دیسک با اندازه‌گیری قطر هاله عدم رشد ارزیابی شد. ۱۰۰ میکرولیتر از سوسپانسیون باکتری (کدورت معادل استاندارد نیم مک‌فارلند-10^8 CFU/ml × ۱/۵) با استفاده از میله شیشه ای L شکل استریل به‌طور یکنواخت روی پلیت‌های حاوی محیط کشت مولر هینتون آگار کشت داده شد. سپس ۳۰ میکرولیتر از نمونه موکوس به دیسک‌های بلانک استریل اضافه و پس از ۵ دقیقه آغشته‌شدن، روی محیط کشت مولر هینتون آگار حاوی باکتری قرار گرفت. پس از انکوباسیون به مدت ۲۴-۱۸ ساعت در دمای اتاق، میزان حساسیت یا مقاومت باکتری‌ها نسبت به نمونه‌های مختلف موکوس با اندازه‌گیری قطر هاله عدم رشد با استفاده از ابزار کولیس بر حسب میلی‌متر مورد سنجش قرار گرفت. از دیسک استاندارد جنتامایسین (GM10) به‌عنوان کنترل مثبت و دیسک آغشته به بافر-فسفات‌سدیم نیز به‌عنوان کنترل منفی استفاده شد (Mansouri Taei *et al*., 2017). غلظت پروتئین محلول نمونه‌های موکوس مطابق با روش (Lowry, 1951) با استفاده از آلبومین سرم گاوی به‌عنوان استاندارد اندازه‌گیری شد. تمام ارزیابی‌ها در سه تکرار انجام شد. قبل از انجام آزمون‌های آماری، نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون شاپیرو ویلک بررسی گردید. پس از حصول اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، جهت بررسی تاثیر سطوح مختلف پودر گلبرگ زعفران بر نرخ بازماندگی، شاخص‌های رشد و فاکتورهای ایمنی ذاتی موکوس پوست ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان از روش تحلیل واریانس یک طرفه (One-way ANOVA) استفاده و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان $\alpha = ۰/۰۵$ انجام شد. تمام آنالیزهای آماری به کمک نرم‌افزار SPSS-22 و رسم نمودارها با استفاده از نرم-افزار Excel-2016 انجام شد. نتایج تاثیر سطوح مختلف پودر گلبرگ زعفران بر شاخص‌های رشد و بازماندگی ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در طی دوره ۶ هفته ای آزمایش در جدول ۲ ارایه شده است. شاخص‌های افزایش وزن بدن، درصد افزایش بدن، ضریب رشد روزانه، ضریب رشد ویژه و ضریب چاقی در تیمار تغذیه شده با جیره حاوی ۰/۵ درصد پودر گلبرگ زعفران به طور معنی‌داری بالاتر از گروه شاهد بود ($p<۰/۰۵$). درحالی که، غلظت‌های بالاتر پودر گلبرگ زعفران تاثیر معنی‌داری بر شاخص‌های فوق نداشتند ($p>۰/۰۵$). در مورد شاخص طول بدن، اختلاف معنی‌داری بین گروه شاهد و تیمارهای تغذیه شده با سطوح مختلف گلبرگ زعفران مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$). نتایج درصد بازماندگی نیز نشان داد که هیچ مرگ و میری در اثر استفاده از جیره‌های حاوی سطوح مختلف گلبرگ زعفران در سرتاسر دوره آزمایش مشاهده نشد و میزان آن برای تمام گروه‌های آزمایشی ۱۰۰ درصد بود.

جدول ۲- شاخص‌های رشد و نرخ بازماندگی قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح مختلف پودر گلبرگ زعفران در پایان دوره آزمایش

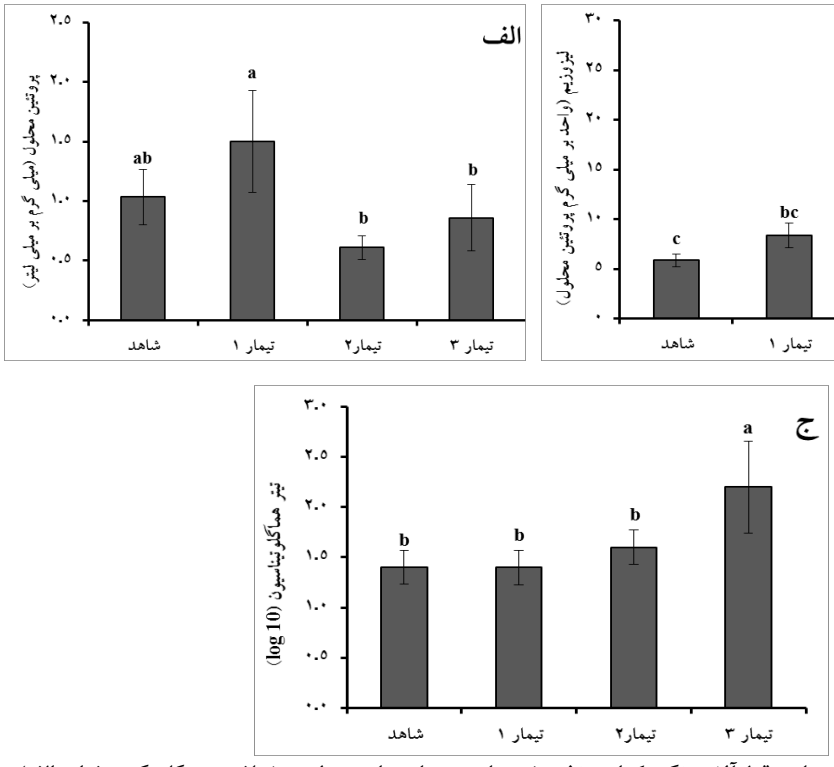
تیمار / شاخص	شاهد (جیره پایه)	تیمار ۱ (۰/۵ درصد گلبرگ زعفران)	تیمار ۲ (۱ درصد گلبرگ زعفران)	تیمار ۱ (۲ درصد گلبرگ زعفران)
افزایش طول بدن (LG)	^{ab}۵/۳۵ ± ۰/۳	^{a}۵/۸۸ ± ۰/۳۹	^{b}۴/۷۲ ± ۰/۴۶	^{b}۵/۱۹ ± ۰/۱۷
افزایش وزن بدن(WG)	^{b}۱۶/۸۵ ± ۰/۴۹	^{a} ۲۲/۸۵ ± ۱/۲۴	^{b}۱۵/۵۵ ± ۰/۷۶	^{b}۱۷/۲ ± ۰/۹۸
درصد افزایش بدن (WGR)	^{b}۲۴۴/۲ ± ۳۹/۶۲	^{a}۳۵۸/۵ ± ۲۱/۸۹	^{b}۲۴۱/۶ ± ۱۱/۷۴	^{b}۲۶۱ ± ۹/۹۴
ضریب رشد ویژه (SGR)	^{b}۲/۹۳ ± ۰/۲۶	^{a}۳/۶۲ ± ۰/۱۱	^{b}۲/۹۲ ± ۰/۰۸	^{b}۳/۵ ± ۰/۰۶
ضریب رشد روزانه (DGR)	^{b}۰/۴ ± ۰/۰۱	^{a}۰/۵۴ ± ۰/۰۳	^{b}۰/۳۷ ± ۰/۰۱	^{b}۰/۴ ± ۰/۰۲
ضریب چاقی (CF)	^{b}۰/۸۷ ± ۰/۰۵	^{a}۱ ± ۰/۰۶	^{ab} ۰/۹ ± ۰/۰۶	^{ab}۰/۹۲ ± ۰/۰۳
درصد بازماندگی (SR)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

مقادیر به‌صورت میانگین± انحراف معیار بیان شده‌اند (n=۱۰). حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد ($p>۰/۰۵$).

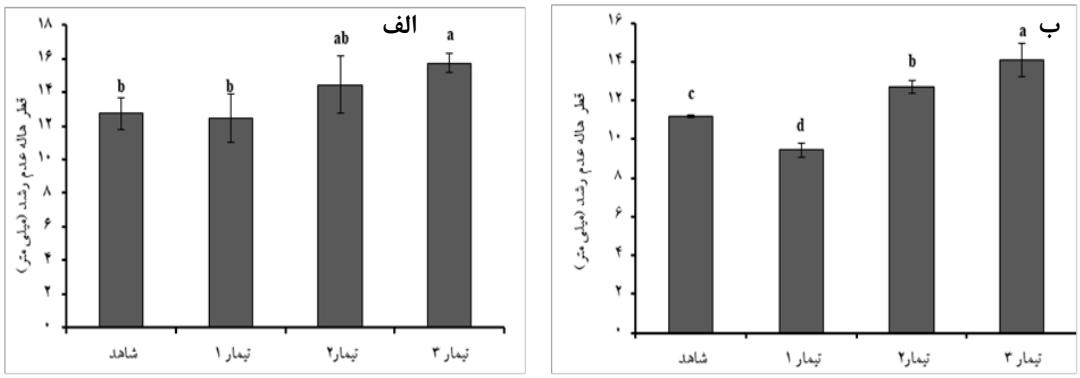
آنالیز فاکتورهای ایمنی ذاتی موکوس پوست قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح مختلف پودر گلبرگ زعفران نشان داد که میزان فعالیت آنزیم لیزوزیم با افزایش میزان پودر گلبرگ زعفران در جیره به‌طور معنی‌داری افزایش یافت به طوری که بالاترین میزان فعالیت در ماهیان تغذیه شده با جیره حاوی ۲ درصد پودر گلبرگ زعفران (تیمار ۳) مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). هر چند افزایش میزان فعالیت آنزیم لیزوزیم در گروه تغذیه شده با جیره حاوی ۱ درصد پودر گلبرگ زعفران (تیمار ۲) در مقایسه با گروه تغذیه شده با جیره حاوی ۰/۵ درصد پودر گلبرگ زعفران (تیمار ۱) معنی‌دار نبود ($p>۰/۰۵$)، اما در مقایسه با گروه شاهد افزایش معنی‌دار بود ($p<۰/۰۵$) (شکل ۱- ب). فعالیت هماگلوتیناسیون نیز در گروه تغذیه شده با جیره حاوی ۲ درصد پودر گلبرگ به طور معنی‌داری بالاتر از سایر گروه‌های آزمایشی بود ($p<۰/۰۵$)، درحالی‌که جیره‌های حاوی ۰/۵ و ۱ درصد پودر گلبرگ زعفران تاثیری بر فعالیت هماگلوتیناسیون موکوس پوست ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نداشتند ($p>۰/۰۵$) (شکل ۱ ج). همچنین، فعالیت ضدباکتریایی موکوس پوست در مقابل باکتری-های مورد آزمایش (آئروموناس هیدروفیلا و یرسینیا روکری) در گروه تغذیه شده با جیره حاوی ۲ درصد پودر گلبرگ زعفران به طور معنی-داری بالاتر از سایر گروه‌های آزمایشی بود ($p<۰/۰۵$) (شکل ۲)، هر چند در مورد باکتری یرسینیا روکری، اختلاف بین دو گروه تغذیه شده با جیره حاوی ۱ درصد و ۲ درصد پودر گلبرگ زعفران معنی‌دار نبود ($p>۰/۰۵$) (شکل ۲ج).

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-16]

[DOI: 10.22034/jair.11.2.53]



شکل ۱- پارامترهای ایمنی ذاتی موکوس پوست ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با جیره های حاوی سطوح مختلف پودر گلبرگ زعفران. الف) پروتئین محلول، ب) لیزوزیم، ج) فعالیت هماگلوتیناسیون. مقادیر به‌صورت میانگین± انحراف معیار بیان شده‌اند (n=۳). حروف مشابه نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد (p>۰/۰۵).



شکل ۲- فعالیت ضدمیکروبی موکوس پوست قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با جیره‌های حاوی سطوح مختلف پودر گلبرگ زعفران در پایان دوره آزمایش. الف) *Yersinia ruckeri* ب) *Aeromonas hydrophil*

۴ | بحث و نتیجه‌گیری

تجویز خوراکی، رایج‌ترین شیوه استفاده از گیاهان دارویی در آبزی-پروری است که از نظر اقتصادی مناسب‌ترین تکنیک و از نظر فیزیولوژیکی کمترین استرس را برای ماهی با هر اندازه‌ای دارد، اما به دلیل جذب آهسته، تاثیر آن کند و مستلزم مصرف طولانی مدت می-باشد (Haghighi *et al*., 2019; Soltani *et al*., 2014; Azizi *et al*., 2016; Van Doan *et al*., 2020). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تجویز خوراکی پودر گلبرگ زعفران به‌عنوان یک مکمل غذایی بومی و غنی از ترکیبات فلاونوئیدی در غلظت پایین (۰/۵ درصد) منجر به بهبود عملکرد رشد بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان شد، در حالی که، بررسی پارامترهای ایمنی ذاتی موکوس پوست نشان داد که میزان فعالیت آنزیم لیزوزیم با افزایش غلظت پودر گلبرگ زعفران در جیره به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. همچنین بالاترین میزان فعالیت هماگلوتیناسیون و فعالیت ضد باکتریایی موکوس در برابر دو باکتری بیماری‌زای رایج در آبزی‌پروری شامل آئروموناس هیدروفیلا و یرسینیا روکری نیز در تیمار تغذیه شده با جیره حاوی بالاترین سطح پودر گلبرگ زعفران (۲ درصد) مشاهده شد.

عملکرد رشد شامل شاخص‌های وزن نهایی، درصد افزایش وزن بدن و نرخ رشد ویژه بیانگر وضعیت تغذیه آبزی و یکی از پارامترهای ضروری برای ارزیابی تاثیر گیاهان دارویی در نظر گرفته می‌شود (حسین‌زاده صحافی و همکاران، ۱۳۸۷). تاثیر گیاهان دارویی بر رشد و بقای موجودات آبزی متغیر و بحث برانگیز می‌باشد. هر چند، مطالعات متعددی گزارش کرده‌اند که مکمل‌های گیاهی منجر به بهبود عملکرد

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-16]
[DOI: 10.22034/jair.11.2.53]

رشد و تغذیه در آبزیان می‌شوند (Firouzbakhsh *et al.*, 2021; Hosseini Shekarabi *et al.*, 2022; Raissy *et al.*, 2022; Ghafarifarsani *et al.*, 2023). با این حال، برخی از مطالعات نیز نشان دادند که مکمل غذایی که منجر به تقویت سیستم ایمنی و مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا می‌شود، ضرورتاً تاثیر مثبت بر رشد ندارد (Celik Altunoglu *et al.*, 2017; Baba *et al.*, 2018; Yousefi *et al.*, 2021). عصاره‌های گیاهی رشد ماهی را به صورت وابسته به دوز تحت تاثیر قرار می‌دهند. به عبارت دیگر، رشد تا یک سطح گنجاندن عصاره گیاهی خاص (غلظت بهینه) افزایش و سپس با افزایش سطح گنجاندن به جیره ثابت یا کاهش می‌یابد. نتایج مطالعه حاضر نیز نشان داد که تغذیه بچه ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان با جیره حاوی ۰/۵ درصد پودر گلبرگ زعفران به مدت ۸ هفته منجر به افزایش معنی‌داری در شاخص‌های رشد شامل افزایش وزن بدن، ضریب رشد ویژه و ضریب چاقی در مقایسه با گروه شاهد شد. در حالی که، غلظت‌های بالاتر (۱/۵ و ۲ درصد) تاثیر معنی‌داری بر عملکرد رشد ماهی نداشت. به طور مشابهی، شیخ و همکاران (Sheikh *et al.*, 2023) نیز نشان دادند تغذیه جوجه‌های گوشتی با جیره‌های حاوی ۰/۱۵ و ۰/۲ درصد پودر گلبرگ زعفران به مدت ۷ هفته منجر به بهبود شاخص‌های رشد و تغذیه نظیر افزایش وزن بدن و ضریب تبدیل غذایی گردید. ابوالفتحی و همکاران (Abolfathi *et al.*, 2020) نیز گزارش کردند که افزودن عصاره اتانولی گلبرگ زعفران به میزان ۲ میلی‌لیتر به ازای هر کیلوگرم خوراک به مدت ۶ هفته منجر به بهبود شاخص‌های افزایش وزن، سرعت رشد ویژه و نرخ رشد روزانه در بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین کمان شد، هر چند عصاره آبی گلبرگ زعفران تاثیر معنی‌داری بر عملکرد رشد ماهی نداشت. بر خلاف مطالعه حاضر، احمدی‌فر و همکاران (Ahmadifar *et al.*, 2018) نشان دادند که ماهی کپور علفخوار (*Ctenopharyngodon idella*) تغذیه شده با جیره های حاوی غلظت های بالای پودر گلبرگ زعفران (۴-۲ درصد) بهترین عملکرد را در ارتباط با شاخص های رشد نظیر وزن نهایی، افزایش وزن، فاکتور وضعیت و کارایی تبدیل غذا داشت. تفاوت در نتایج مطالعه فوق با یافته‌های مطالعه حاضر می‌تواند در ارتباط با عادت غذایی دو گونه مورد مطالعه باشد. قزل‌آلای رنگین‌کمان یک گونه گوشتخوار است، بنابراین اضافه کردن ترکیبات گیاهی به جیره غذایی آن از لحاظ طبیعی محدود خواهد بود. مطالعات متعددی نشان دادند که استفاده از سطوح بالای مواد گیاهی در جیره غذایی به ویژه در مورد ماهیان گوشتخوار به دلیل درصد بالای سلولز و تاثیر منفی آن بر مزه غذا، کیفیت فیزیکی پلیت، تعادل مواد مغذی جیره و همچنین قابلیت هضم منجر به تاخیر در رشد ماهی می‌شود (Irkin *et al.*, 2014; Madalla *et al.*, 2013; Yilmaz and Ergün, 2018). از طرف دیگر، گلبرگ زعفران نیز همانند بسیاری از گیاهان دارویی حاوی مواد ضد تغذیه ای نظیر آلکالوئیدها، ساپونین‌ها، پلی‌فنول‌ها، ترپننوئیدها و تانن‌ها می باشد (Bagherzade and Manzari Tavakoli, 2016) که در غلظت‌های بالا تاثیر منفی بر تعادل مواد مغذی و خوش خوارکی جیره و همچنین کاهش هضم و جذب مواد مغذی داشته و به طور چشمگیری رشد آبزی را مختل می‌کند (Buyukcapar *et al.*, 2007).

موکوس اپیدرم به عنوان جز کلیدی سیستم ایمنی ذاتی و اولین سد دفاعی ماهی در مقابل هجوم عوامل بیماری‌زا محسوب می‌شود. از این رو، پارامترهای ایمنی ذاتی موکوس نظیر ایمونوگلوبولین، پروتئین‌های مکمل، لکتین، لیزوزیم، فسفاتاز قلیایی، انواع مختلف پروتئازها و سایر پروتئین‌ها و پپتیدهای ضدمیکروبی (Fan *et al.*, 2015; Ren *et al.*, 2015; Xia *et al.*, 2016; Cordero *et al.*, 2015; Sanahuja *et al.*, 2019) به عنوان نشانگرهای زیستی قابل اعتماد برای ارزیابی وضعیت سلامت عمومی ماهی شناخته می‌شوند که ممکن است در پاسخ به فاکتورهای محیطی نظیر تغذیه، استرس، آلودگی‌های محیطی و آسیب فیزیکی تغییر کند (Brinchmann, 2016; Carda-Diéguez *et al.*, 2017; Cordero *et al.*, 2017). نتایج مطالعه حاضر نیز نشان داد که میزان فعالیت آنزیم لیزوزیم به‌عنوان قوی‌ترین آنزیم ضد‌باکتریایی سیستم ایمنی ذاتی در موکوس پوست بچه‌ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با افزایش غلظت پودر گلبرگ زعفران در جیره غذایی افزایش یافت، به طوری که بالاترین میزان شاخص فوق در تیمارهای تغذیه شده با جیره‌های حاوی ۲ درصد پودر گلبرگ زعفران مشاهد شد. با توجه به اطلاعات ما، تاکنون هیچ مطالعه‌ای در مورد پتانسیل استفاده از گلبرگ زعفران به‌عنوان یک ماده محرک ایمنی در آبزیان صورت نگرفته یا منتشر نشده است. هر چند، افزایش فعالیت لیزوزیم موکوس پوست قزل‌آلای رنگین‌کمان در اثر تغذیه با سایر مکمل‌های گیاهی نظیر عصاره‌های شیرین‌بیان، پونه، آویشین، بلوط، فلفل آبی، گزنه، ترخون، روغن سیاه دانه، پودر موسیر و گل همیشه بهار نیز گزارش شده است (Awad *et al.*, 2013; Adel *et al.*, 2020; Ghafarifarsani *et al.*, 2021; Gholamhosseini *et al.*, 2020; Darvishi *et al.*, 2022; Hosseini Shekarabi *et al.*, 2022; Raissy *et al.*, 2022; Ghafarifarsani *et al.*, 2023). هر چند، منصوری طائی و همکاران (Mansouri Taei *et al.*, 2017) تفاوت معنی‌داری را در فعالیت لیزوزیم موکوس پوست ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با غلظت‌های مختلف عصاره مورد (۱/۵، ۱ و ۰/۵ درصد) در طی یک دوره تغذیه ۶۰ روزه در مقایسه با گروه شاهد نشان ندادند. علاوه بر لیزوزیم، موکوس پوست ماهی حاوی فاکتورهای ایمنی دیگری از جمله آگلوتینین‌ها می‌باشد. آگلوتینین‌ها گروهی از گلیکوپروتئین‌های مربوط به سیستم ایمنی ذاتی هستند که قادر به آگلوتینه کردن سلول‌ها،گلیکوکونژوگه‌ها و مولکول‌ها می‌باشند (Jung *et al.*, 2012). آگلوتینین‌های با فعالیت ضدمیکروبی از جمله لکتین‌ها در موکوس پوست گونه‌های مختلف ماهی گزارش شده است (Arasu *et al.*, 2017; Mu *et al.*, 2017; Huang *et al.*, 2019; Rubeena *et al.*, 2019). نتایج مطالعه حاضر نیز نشان دادند که تیتر هماگلوتیناسیون در تیمار تغذیه شده با جیره حاوی ۲ درصد پودر گلبرگ زعفران در مقایسه با گروه شاهد افزایش یافت، در حالی مصرف جیره‌های حاوی غلظت‌های پایین‌تر (۱ و ۰/۵ درصد) تاثیری بر میزان فعالیت هماگلوتیناسیون موکوس پوست قزل‌آلای رنگین‌کمان نداشت.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-16]

[DOI: 10.22034/jair.11.2.53]

فازیو و همکاران (Fazio *et al*., 2021) نشان دادند که افزودن عصاره زنجبیل تا غلظت ۱/۵ درصد به جیره غذایی کپور هندی روهو (*Labeo rohita*) منجر به افزایش معنی‌داری در میزان فعالیت هماگلوتیناسیون موکوس در مقایسه با گروه شاهد شد، در حالی که غلظت‌های بالاتر عصاره منجر به کاهش تیتر هماگلوتیناسیون شد. اگرچه به تحقیقات بیشتری برای شناسایی مکانیسم‌های تقویت سیستم ایمنی موکوس پوست ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با پودر گلبرگ زعفران نیاز می‌باشد، اما طبق یافته‌های موجود بر روی موجودات خونگرم و همچنین مطالعات in vitro، بهبود پارامترهای ایمنی موکوس پوست قزل‌آلای رنگین‌کمان از جمله فعالیت آنزیم لیزوزیم و هماگلوتیناسیون ممکن است به دلیل ترکیبات تعدیل‌کننده و محرک ایمنی موجود در گلبرگ زعفران نظیر ترپنوئیدها، پلی‌فنول‌ها و فلاونوئیدهای باشد که اثر تحریک‌کنندگی بر لکوسیت‌ها و فاگوسیتوز دارند، باشد (Awad *et al*., 2017; Panase *et al*., 2018).

بیماری‌های یرسینیوزیس یا دهان قرمزی و سپتی سمی هموراژیک باکتریایی از مهم‌ترین بیماری‌های باکتریایی شایع در صنعت پرورش ماهیان آب شیرین از جمله ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌باشد که سالانه خسارات اقتصادی فراوانی را بر پرورش‌دهنده گان تحمیل می‌کنند (Wrobel *et al*., 2019; Linke Pennisi, 2020). نتایج تست آنتی‌بیوگرام نشان داد که تجویز خوراکی پودر گلبرگ زعفران در غلظت ۲ درصد به طور معنی داری فعالیت ضدباکتریایی نمونه‌های موکوس پوست ماهی قزل‌آلای‌رنگین کمان را در برابر هر دو باکتری یرسینیا روکری و آئروموناس هیدروفیلا افزایش داد که می‌توانند نشان‌دهنده تقویت سیستم ایمنی ذاتی موکوس و افزایش مقاومت در برابر بروز بیماری‌های یرسینیوزیس یا سپتی‌سمی باکتریایی باشد. هر چند، غلظت‌های پایین‌تر به ویژه ۰/۵ درصد تاثیری بر فعالیت ضدباکتریایی موکوس در برابر باکتری‌های مذکور نداشت. خاصیت ضد باکتریایی عصاره‌های آبی و الکلی گلبرگ زعفران در مقابل باکتری‌های آئروموناس هیدروفیلا و یرسینیا روکری جدا شده از قزل‌آلای رنگین‌کمان نیز توسط ابوالفتحی و همکاران (۱۳۹۷) در شرایط in vitro بررسی و نتایج نشان داد که خاصیت ضد باکتری عصاره آبی گلبرگ زعفران نزدیک به قطر هاله عدم رشد آنتی بیوتیک‌های شیمیایی رایج از جمله جنتمایسین بود. بنابراین می تواند به عنوان یک جایگزین مناسب آنتی‌بیوتیک یا مکمل آنتی‌بیوتیکی (البته در صورت تائید عدم وجود خاصیت بازدارندگی این عصاره بر آنتی بیوتیک مورداستفاده) در پیشگیری یا درمان بیماری‌های سپتی‌سمی هموراژیک باکتریایی و دهان‌قرمزی در مزارع پرورش آبزیان پیشنهاد شود. منصوری طائی و همکاران (Mansouri Taei *et al*., 2017) و غفاری‌فارسانی و همکاران (Ghafarifarsani *et al*., 2020) نیز گزارش کردند فعالیت ضد باکتریایی موکوس پوست قزل‌آلای رنگین‌کمان در برابر باکتری‌های آئروموناس هیدروفیلا و یرسینیا روکری با افزایش غلظت عصاره مورد تا ۱/۵ درصد و عصاره بلوط تا ۴۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در جیره غذایی در مقایسه با گروه شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بهبود خاصیت ضدمیکروبی موکوس در نتیجه تغذیه از پودر گلبرگ زعفران ممکن است به‌دلیل تحریک ترشح و افزایش فعالیت شاخص‌های ایمنی ذاتی موجود در موکوس از جمله آنزیم لیزوزیم و فعالیت هماگلوتیناسیون در اثر ترکیبات زیست‌فعال متعدد موجود در پودر گلبرگ زعفران نظیر ترکیبات فلاونوئیدی (کوئرستین، کامپفرول و میرستین)، کاروتنوئیدها (کروسین)، آنتوسیانین(دلفینیدین، پتونیدین و مالویدین)، پلی‌فنول ها، کاروتنوئیدها، آلکالوئیدها و ترپنوئیدها باشد (Gil *et al*., 2002).

به‌طور کلی نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تجویز خوراکی پودر گلبرگ زعفران در سطح ۰/۵ درصد و به‌مدت ۶ هفته منجر به بهبود شاخص‌های عملکرد رشد شامل افزایش وزن، ضریب رشد ویژه و ضریب چاقی در مقایسه با گروه شاهد شد. درحالی که تیمار تغذیه شده با جیره حاوی ۲ درصد بهترین عملکرد را در ارتباط با پارامترهای ایمنی ذاتی موکوس نظیر فعالیت آنزیم لیزوزیم، فعالیت هماگلوتیناسیون و فعالیت ضد باکتریایی در مقابل دو باکتری بیماری‌زای رایج در آبزی‌پروری شامل باکتری یرسینیا روکری و آئروموناس هیدروفیلا نشان داد. بنابراین، گلبرگ زعفران به‌ویژه در غلظت ۰/۵ درصد پتانسیل استفاده به عنوان یک محرک رشد و ایمنی با منشا طبیعی، ارزان‌قیمت، موثر و سازگار با محیط‌زیست در مزارع پرورش ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان جهت ارتقا سطح سلامت آبزی و افزایش مقاومت در برابر عفونت‌های باکتریایی شایع از جمله بیماری‌های دهان قرمزی و سپتی‌سمی هموراژیک باکتریایی را دارد.

مقاله حاضر بر گرفته از طرح پژوهشی با شماره ۱۵۱۳۶۴۷۲ با حمایت دانشگاه آزاد اسلامی واحد قشم است.

پست الکترونیک نویسندگان:

مریم طلا: talaazad29@gmail.com

سجاد پورمظفر: sajjad5550@gmail.com

REFERENCES

Abolfathi M., Akbarzadeh A., Hajimoradloo A., Joshaghani H.R., Ross N.W. 2022. Seasonal variations in the skin epidermal structure and mucosal immune parameters of rainbow trout skin (*Oncorhynchus mykiss*) at different stages of farming. Fish & Shellfish Immunology, 127: 965-974.

Abolfathi M., Zahedi S., Faizi H., Aqli N., Kaveh H. 2017. Evaluation of the antibacterial properties of aqueous and alcoholic extracts of saffron petals on some aquatic pathogenic bacteria. The fifth national saffron conference. Torbat Heydarieh University.

Abolfathi M., Zahedi S., Feizi H., Kaveh H., Ebrahimi A.L. 2020. The effect of aqueous and ethanol extract of saffron (*Crocus Sativus*) petal on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) growth performance. In: 4th International Congress of Fisheries and Aquatic Research (ICFAR).

Adel M., Dawood M.A., Shafiei S., Sakhaie F., Shekarabi S.P.H. 2020. Dietary Polygonum minus extract ameliorated the growth performance, humoral immune parameters, immune-related gene expression and

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-16]

[DOI: 10.22034/jair.11.2.53]

resistance against Yersinia ruckeri in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 519:734-738.

Ahmadifar A., Adineh A., Fadaei Raini R., Moghadamfar S. 2018. The effect of saffron petal powder on growth performance, nutrition and antioxidant enzyme activity of herbivorous carp larvae (*Ctenopharyngodon idella*). Scientific Journal of Iranian Fisheries, 28: 33-45.

Arasu A., Kumaresan V., Palanisamy R., Arasu M.V., Al-Dhabi N.A., Ganesh M.-R., Arockiaraj J. 2017. Bacterial membrane binding and pore formation abilities of carbohydrate recognition domain of fish lectin. Developmental & Comparative Immunology, 67: 202-212.

Awad E., Austin D., Lyndon AR. 2013. Effect of black cumin seed oil (*Nigella sativa*) and nettle extract (Quercetin) on enhancement of immunity in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). Aquaculture, 388:19-37

Awad E., Awaad A. 2017. Role of medicinal plants on growth performance and immune status in fish. Fish & Shellfish Immunology, 67: 40-54.

Azizi E., Firouzbakhsh F., Janikhalili K. 2016. Effects of dietary Supplemental thyme essence (*Thymus vulgaris* L.) on growth, hematological and serum biochemical parameters of Rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792). Journal of Applied Ichthyological Research, 4(2):45-61.

Baba E., Acar U., Yılmaz S., Zemheri F., Ergun S. 2018. Dietary olive leaf (*Olea europea* L.) extract alters some immune gene expression levels and disease resistance to *Yersinia ruckeri* infection in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Fish & Shellfish Immunology, 79: 28-33.

Brinchmann M.F. 2016. Immune relevant molecules identified in the skin mucus of fish using -omics technologies. Molecular BioSystems, 12:2056-2063.

Büyükçapar H.M., Yanar M., Yanar Y. 2007. Pigmentation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) with carotenoids from marigold flower (*Tagetes erecta*) and red pepper (*Capsicum annum*). Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences, 31(1):7-12.

Carda-Diéguez M., Ghai R., Rodríguez-Valera F., Amaro C. 2017. Wild eel microbiome reveals that skin mucus of fish could be a natural niche for aquatic mucosal pathogen evolution. Microbiome, 5: 16-20.

Celik Altunoglu Y., Bilen S., Ulu F., Biswas G. 2017. Immune responses to methanolic extract of black cumin (*Nigella sativa*) in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Fish & Shellfish Immunology, 67:103-109.

Cordero H., Brinchmann M.F., Cuesta A., Esteban M.A. 2017. Chronic wounds alter the proteome profile in skin mucus of farmed gilthead seabream. BMC Genomics, 18: 93-99.

Cordero H., Brinchmann M.F., Cuesta A., Meseguer J., Esteban M.A. 2015. Skin mucus proteome map of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Journal of Proteomics, 15: 4007-4020

Darvishi M., Shamsaie Mehrgan M., Khajehrahimi A.E. 2022. Effect of licorice (*Glycyrrhiza glabra*) extract as an immunostimulant on serum and skin mucus immune parameters, transcriptomic responses of immune-related gene, and disease resistance against Yersinia ruckeri in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Frontiers in Veterinary Science, 9:81-86.

Dewi N.R., Huang H.T., Wu Y.S., Liao Z.H., Lin Y.J., Lee P.T., Nan F.H. 2021. Guava (*Psidium guajava*) leaf extract enhances immunity, growth, and resistance against *Vibrio parahaemolyticus* in white shrimp Penaeus vannamei. Fish & Shellfish Immunology, 118: 1-10.

Fan C., Wang J., Zhang X., Song J. 2015. Functional C1q is present in the skin mucus ofSiberian sturgeon (*Acipenser baerii*). Integrative Zoology, 10: 102-110.

Fardh Elahi L., Sarvi Mughanlou K., Imani A., Azizi Basir M. 2019. The separate and combined effects of chicory (*Cichorium intybus*) and tea grass (*Hypericum perforatum*) extracts on growth indicators and digestive enzyme activity of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Animal physiology and development, 13: 29-40.

Fazio F., Naz S., Habib S.S., Hashmi M.A.H., Ali M., Saoca C., Ullah M. 2021. Effect of fortified feed with phyto-extract on the first physical barrier (Mucus) of *Labeo rohita*. Animals, 11:13-28.

Firouzbakhsh F., Haghparast S., Memarzadeh M.R. 2021. Study on the effects of red pepper (*Capsicum annuum*) extract on immune responses and resistance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles against *Yersinia ruckeri*. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 20:1573-1588.

Ghafarifarsani H., Hoseinifar S.H., Molayemraftar T., Raeeszadeh M., Van Doan H. 2023. Pot Marigold (*Calendula officinalis*) Powder in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Feed: Effects on Growth, Immunity, and *Yersinia ruckeri* Resistance. Aquaculture Nutrition, 49:2163-2174.

Ghafarifarsani H., Rashidian G., Sheikhlar A., Naderi Farsani M., Hoseinifar S.H., Van Doan H. 2021. The use of dietary oak acorn extract to improve haematological parameters, mucosal and serum immunity, skin mucus bactericidal activity, and disease resistance in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture Research, 52: 2518-2527.

Gholamhosseini A, Adel M., Dawood M.A.O., Banaee M. 2020. The Potential Benefits Ofmentha Longifoliaon Growth Performance and Innate Immunity Parameters in Caspian Kutum (*Rutilus frisii kutum*). Aquaculture Research, 51:5212-5227.

Gil M.I., Tomas-Barberan F.A., Hess-Pierce B., Kader A.A. 2002. Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids, and vitamin C contents of nectarine, peach, and plum cultivars from California. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 50: 4976-4982.

Gisbert E., Andree K.B., Quintela J.C., Calduch-Giner J.A., Ipharraguerre I.R., PérezSánchez J. 2017. Olive oil bioactive compounds increase body weight, and improve gut health and integrity in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). British Journal of Nutrition, 117: 351-363

Goli S.A.H, Mokhtari F., Rahimmalek M. 2012. Phenolic compounds and antioxidant activity from Saffron

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-16]

[DOI: 10.22034/jair.11.2.53]

(*Crocus sativus* L.) petal. Journal of Agriculture Science, 4:175-181.

Harikrishnan R., Kim M.C., Kim J.S., Balasundaram C., Heo M.S. 2011. Protective effect of herbal and probiotics enriched diet on haematological and immunity status of *Oplegnathus fasciatus* (Temminck & schegel) against *Edwardsiella tarda*. Fish & Shellfish Immunology, 30: 886-893.

Hoseinifar S.H., Sharifian M.J., Vesaghi Khalili M., Esteban M.Á. 2014. The effects of dietary xylooligosaccharide on mucosal parameters, intestinal microbiota and morphology and growth performance of Caspian white fish (*Rutilus frisii kutum*) fry. Fish & shellfish immunology, 39: 231-236

Hosseini Shekarabi S.P., Javarsiani L., Mehrgan M.S., Dawood M.A., Adel M. 2022. Growth performance, blood biochemistry profile, and immune response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed dietary Persian shallot (*Allium stipitatum*) powder. Aquaculture, 548:72-79.

Hosseini A., Razavi B.M., Hosseinzadeh H. 2018. Saffron (*Crocus sativus*) petal as a new pharmacological target: a review. Iranian Journal of Basic Medical Sciences, 21: 1091-1099

Huang H.T., Lee P.T., Liao Z.H., Chen H.Y., Nan F.H. 2020. Effects of *Phyllanthus amarus* extract on nonspecific immune responses, growth, and resistance to *Vibrio alginolyticus* in white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Fish & Shellfish Immunology, 107:.1-8.

Huang L., Bai L., Chen Y., Wang Q., Sha Z. 2019. Identification, expression profile and analysis of the antimicrobial activity of collectin 11 (CL-11, CL-K1), a novel complement-associated pattern recognition molecule, in half-smooth tongue sole (*Cynoglossus semilaevis*). Fish & Shellfish Immunology, 95: 679-687.

Irkin L.C., Yigit M., Yilmaz S., Maita M. 2014. Toxicological evaluation of dietary garlic (*Allium sativum*) powder in European sea bass *Dicentrarchus labrax* juveniles. Food and Nutrition Sciences, 5: 81-89.

Jafari-Sales A., Pashazadeh M. 2020. Antibacterial effect of methanolic extract of saffron petal (*Crocus sativus* L.) on some standard gram positive and gram negative pathogenic bacteria in vitro. Current Perspectives on Medicinal and Aromatic Plants, 3: 1-7.

Khoshbakht Fahim N., Janati F., Sadat S., Feizy J. 2012. Chemical composition of agriproduct saffron (*Crocus sativus* L.) petals and its considerations as animal feed. The Journal of Food, 37:197-201.

Lowry O.H., Rosebiough N.J., Farr A.L., Randall R.J. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. Journal of Biology & Chemistry, 193: 265-275.

Madalla N., Agbo N.W., Jauncey K. 2013. Evaluation of aqueous extracted moringa leaf meal as a protein source for Nile tilapia juveniles. Tanzania Journal of Agricultural Science, 12: 53-64

Mansouri Taei H., Hajimoradloo A., Hoseinifar S.H., Ahmadvand H. 2017. Dietary Myrtle (*Myrtus communis* L.) improved non-specific immune parameters and bactericidal activity of skin mucus in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fingerlings, Fish & Shellfish Immunology, 64: 320-324

Mirheidar H. 2005. Maaref giahi (Plant Knowledge). Tehran, Iran, Daftare Nashre Farhange Eslami, 11:172-173.

Mu L., Yin X., Liu J., Wu L., Bian X., Wang Y., Ye J. 2017. Identification and characterization of a mannose-binding lectin from Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Fish & Shellfish Immunology, 67: 244– 253.

Panase P., Tipdacho P. 2018. Preliminary use of *Polygonum minus* Linn. Leaf extract on growth performance, feed utilization, and some hematological indices of *Anabas testudineus* (Bloch, 1792). Comparative Clinical Pathology, 27: 147-153.

Pasnik D.J, Evans J.J, Panangala V.S, Klesius P.H, Shelby R.A, Shoemaker C.A. 2005. Antigenicity of *Streptococcus agalactiae* extracellular products and vaccine efficacy. Fish Disease, 28: 205-212.

Raissy M., Ahmadi Kabootarkhani M., Sanisales K., Mohammadi M., Rashidian G. 2022. The Synergistic Effects of Combined Use of *Mentha longifolia*, *Thymus carmanicus*, and *Trachyspermum copticum* on Growth Performance, Feed Utilization, and Expression of Key Immune Genes in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). Frontiers in Veterinary Science, 8:1596-1603.

Ren Y., Zhao H., Su B., Peatman E., Li C. 2015. Expression profiling analysis of immune-related genes in channel catfish (*Ictalurus punctatus*) skin mucus following Flavobacterium columnare challenge. Fish & Shellfish Immunology, 46: 537-542

Reyes-Cerpa S., Vallejos-Vidal E., José Gonzalez-Bown M., Morales-Reyes J., PérezStuardo D., Vargas D., Imarai M., Cifuentes V., Spencer E., María Sandino A., Reyes-López F.E. 2018. Effect of yeast (*Xanthophyllomyces dendrorhous*) and plant (Saint John's wort, lemon balm, and rosemary) extract based functional diets on antioxidant and immune status of Atlantic salmon (*Salmo salar*) subjected to crowding stress. Fish & Shellfish Immunology, 74: 250-259

Romero J., Feijoó C.G., Navarrete P. 2012. Antibiotics in aquaculture–use, abuse and alternatives. Health and environment in aquaculture, 159:159-198.

Rubeena A.S., Divya M., Vaseeharan B., Karthikeyan S., Ringø E., Preetham E. 2019. Antimicrobial and biochemical characterization of a C-type lectin isolated from pearl spot (*Etroplus suratensis*). Fish & Shellfish Immunology. 87: 202- 211.

Salomón R., Firmino J.P., Reyes-López F.E., Andree K.B., González-Silvera D., Esteban M.A., Tort L., Quintela J.C., Pinilla-Rosas J.M., Vallejos-Vidal E., Gisbert E. 2020. The growth promoting and immunomodulatory effects of a medicinal plant leaf extract obtained from *Salvia officinalis* and *Lippia citriodora* in gilthead seabream (*Sparus aurata*). Aquaculture, 524:735-741.

Sanahuja I., Fernández-Alacid L., Ordóñez-Grande B., Sánchez-Nuño S., Ramos A., Araujo R.M., Ibarz A. 2019. Comparison of several non-specific skin mucus immune defences in three piscine species of

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-16]

[DOI: 10.22034/jair.11.2.53]

aquaculture interest. Fish & Shellfish Immunology. 89: 428-436.

Sheikh G.G., Malik N.A., Sheikh A.A., Ganai A.M., Khan A.A., Haq Z., Farooq J., Rather A.M. 2023. Saffron petals (*Crocus sativus* L.) enhance productive performance and carcass quality in broiler birds by improving their immunity, antioxidant status and biochemical profile. Journal of Agriculture and Food Research, 12: https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100562.

Sheikhzadeh N., Karimi Pashaki A., Nofouzi K., Heidarieh M., Tayefi-Nasrabadi H. 2012. Effects of dietary Ergosan on cutaneous mucosal immune response in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Fish & Shellfish Immunology, 32: 407-410.

Sidiq S., Shrivastava P. 2020. Antimicrobial, antioxidant, and anticancer activities of saffron (*Crocus sativus*): a review. Journal of Emerging Technology and Innovative Research, 7:41-48

Soltani M., Sheikhzadeh N., Ebrahimzadeh-Mousavi H.A., Zargar A. 2010. Effects of *Zataria multiflora* essential oil on innate immune responses of common carp (*Cyprinus carpio*). Journal of Fisheries and Aquatic science, 5:191-199.

Srivastava R., Ahmed H., Dixit R.K., Saraf S.A. 2010. *Crocus sativus* L.: a comprehensive review. Pharmacognosy reviews, 4: 200-208

Stentiford G., Neil D., Peeler E., Shields J., Small H., Flegel T., Vlak J., Jones B., Morado F., Moss S. 2012. Disease will limit future food supply from the global crustacean fishery and aquaculture sectors. Journal of invertebrate pathology, 110: 141-157

Jung T.S., Del Castillo C.S., Javaregowda P.K., Dalvi R.S., Nho S.W., Park S.B., Jang H.B., Cha I.S., Sung H.W., Hikima J.I., Aoki T. 2012. Seasonal variation and comparative analysis of non-specific humoral immune substances in the skin mucus of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). Developmental & Comparative Immunology, 38:295-301.

Tapia-Paniagua S., Vidal S., Lobo C., Prieto-Álamo M., Jurado J., Cordero H., Cerezuela R., de la Banda I.G., Esteban M., Balebona M. 2014. The treatment with the probiotic *Shewanella putrefaciens* Pdp11 of specimens of *Solea senegalensis* exposed to high stocking densities to enhance their resistance to disease. Fish & shellfish immunology, 42: 209-221

Van Doan H., Hoseinifar S.H., Jaturasitha S., Dawood M.A., Harikrishnan R. 2020. The effects of berberine powder supplementation on growth performance, skin mucus immune response, serum immunity, and disease resistance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. Aquaculture, 520(30): DOI:10.1016/j.aquaculture.2020.734927.

Wrobel A., Leo J.C., Linke D. 2019. Overcoming fish defences: the virulence factors of *Yersinia ruckeri*. Genes. 10:700.

Xia H., Liu W., Wu K., Wang W., Zhang X. 2016. SIgZ exhibited materinal transmission in embryonic development and played a prominent role in mucosal immune response of *Megalabrama amblycephala*. Fish & shellfish immunology, 54: 107-117.

Yılmaz S., Ergün S. 2018. Trans-cinnamic acid application for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): I. Effects on haematological, serum biochemical, non-specific immune and head kidney gene expression responses. Fish & Shellfish Immunology, 78: 140-157.

Yousefi M., Adineh H., Reverter M., Hamidi M.K., Vatnikov Y.A., Kulikov E.V., Hoseinifar S.H., Van Doan H. 2021. Protective effects of black seed (*Nigella sativa*) diet supplementation in common carp (*Cyprinus carpio*) against immune depression, oxidative stress and metabolism dysfunction induced by glyphosate. Fish & shellfish immunology, 109:12-19.

نحوه استناد به این مقاله:

طلا م.، پورمظفر س. تأثیر پودر گلبرگ زعفران (*Crocus Sativus*) بر عملکرد رشد و برخی فاکتورهای ایمنی موکوس پوست ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*). نشریه پژوهش‌های ماهی‌شناسی کاربردی دانشگاه گنبدکاووس. ۱۴۰۲، ۶۴-۵۴ :(۲)۱۱ .

Tala M., Pormozaffar S. Effect of saffron (*Crocus Sativus*) petal powder on growth performance and some epidermal mucus immune parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Journal of Applied Ichthyological Research, University of Gonbad Kavous. 2023, 11(2): 54-64.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-16]

[DOI: 10.22034/jair.11.2.53]

Effect of saffron (*Crocus Sativus*) petal powder on growth performance and some epidermal mucus immune parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Tala M[1*]., Pormozaffar S[2].

[1] Assistant Prof., Dept. of Fisheries, Islamic Azad University, Qeshm Branch, Qeshm, Iran.

[2] Assistant Prof., of Persian Gulf Normatnan Research Station, Persian Gulf and Sea of Oman Ecology Research Institute, Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization. Bandarlange, Iran.

Type:

Original Research Paper

https://doi.org/10.22034/jair.11.2.53

Paper History:

Received: 27-08-2023
Accepted: 11-10- 2023

Corresponding author:

Tala M. Assistant Prof., Dept. of Fisheries, Islamic Azad University, Qeshm Branch, Qeshm, Iran.

Email: talaazad29@gmail.com

Abstract

The aim of this study was to investigate the potential of using saffron petal powder on the growth performance and innate immune parameters of the skin mucus of rainbow trout. For this purpose, 600 rainbow trout juvenile (6.6 ± 0.19 g) were randomly divided into four experimental groups and fed with diets containing 0, 0.5, 1 and 2% raw powder of saffron petals for 8 weeks. The results showed that feeding juvenile with a diet containing 0.5% saffron petal powder led to a significant improvement in growth indicators including gain weight, specific growth rate and factor condition compared to the control group. The results showed that the juvenile fed with a diet containing 0.5% saffron petal powder led to a significant improvement in growth indicators incliding weight gain, specific growth rate and condition factore feed conversion ratio compared to the control group, while, higher concentrations (1.5 and 2%) had no significant effect on the growth performance. The analysis of the innate immune parameters of the skin mucus also showed lysozyme enzyme had a dose-dependent increase, so that its highest level was observed in the treatments fed with ration containing 2% saffron petal powder. The analysis of the innate immune parameters of the skin mucus also showed that the lysozyme enzyme had a dose-dependent increase, so that its highest level was observed in the treatments fed with a diet containing 2% saffron petal powder. Also, the highest level of hemagglutination activity and antibacterial activity against two common pathogenic bacteria in aquaculture, including *Yersinia rookeri* and *Aeromonas hydrophila*, was related to the treatment fed with a diet containing 2% saffron petal powder. Therefore, saffron petal powder, especially at a concentration of 0.5%, has the potential to be used as a growth and immune stimulant with natural origin, cost-effective, efficient, and eco-friendly immunostimulant in rainbow trout farms to improve the level of aquatic health and increase resistance to common bacterial infections, including enteric redmouth disease and bacterial hemorrhagic septicemia.

Keywords: immune, growth, rainbow trout, saffron petals, mucus.

[Downloaded from jair.gonbad.ac.ir on 2026-10-16]

[DOI: 10.22034/jair.11.2.53]