

مقاله پژوهشی

بررسی اثرات عصاره ارگوسان پرتوتابی شده بر عملکرد رشد، شاخص‌های
بیوشیمیایی سرم و پاسخ‌های ایمنی مخاطی پوست در ماهی کاراس معمولی
(*Carassius carassius*)

حسین طایفی نصرآبادی^{۱*}، مرضیه حیدریه^۲، نجمه شیخ‌زاده^۳، صبا نیک‌صفت زنده‌دل^۴،
پروین کریمی^۵

تاریخ دریافت: مرداد ۹۹

تاریخ پذیرش: آذر ۹۹

چکیده

مطالعه حاضر به بررسی اثرات عصاره ارگوسان پرتوتابی شده و نشده بر عملکرد رشد، برخی شاخص‌های بیوشیمیایی سرم و پاسخ‌های ایمنی مخاطی پوست در ماهی کاراس معمولی (*Carassius carassius*) پرداخته است. ماهی‌ها با میانگین وزنی $9/16 \pm 0/36$ گرم در ۹ آکوارיום در سه تکرار توزیع و با جیره‌های حاوی ارگوسان پرتوتابی شده به میزان ۳۰ کیلوگرمی (۱ گرم در کیلوگرم)، ارگوسان پرتوتابی نشده (۱ گرم در کیلوگرم) و جیره فاقد هرگونه افزودنی (شاهد) به مدت ۴۰ روز تغذیه شدند. نتایج نشان داد که ماهیان تغذیه شده با جیره‌های دارای ارگوسان پرتوتابی شده و نشده عملکرد رشد بالاتری در مقایسه با شاهد داشتند ($P < 0/05$). شاخص‌های بیوشیمیایی سرم شامل پروتئین، گلوکز، کلسترول و تری‌گلیسرید با مصرف جیره‌های تیمار در مقایسه با شاهد تغییر نکرد ($P > 0/05$). فعالیت آنزیم‌های گوارشی شامل آلکالین فسفاتاز و پروتئاز در روده با مصرف جیره‌های تیمار در مقایسه با گروه شاهد به ویژه در گروه ارگوسان پرتوتابی شده افزایش یافت ($P < 0/05$). فعالیت لیزوزیم، آلکالین فسفاتاز و پروتئاز در مخاط بافت پوست نیز با مصرف ارگوسان پرتوتابی شده و نشده در مقایسه با گروه شاهد بهبود یافت. این مطالعه پیشنهاد می‌کند که مصرف ارگوسان، به ویژه نوع پرتوتابی شده، سبب بهبود کارایی رشد، فعالیت برخی آنزیم‌های گوارشی و پاسخ‌های مخاطی پوست در ماهی کاراس معمولی می‌شود.

واژگان کلیدی: کاراس معمولی، ارگوسان پرتوتابی شده، شاخص‌های بیوشیمیایی، پاسخ‌های ایمنی مخاطی پوست.

۱- دانشیار گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۲- دانشیار گروه دامپزشکی و علوم دامی، پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، کرج، ایران.

۳- دانشیار گروه بهداشت مواد غذایی و آبزیان، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۴- کارشناس ارشد شرکت آبزیان نیل پارس، تهران، ایران.

۵- دانشجوی دکترای تخصصی، گروه علوم پایه، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

* نویسنده مسئول: tayefi@tabrizu.ac.ir

مقدمه

رشد روزافزون و فزاینده جمعیت جهان، تامین غذا و دستیابی به منابع جدید غذایی را به یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های دولت‌ها مبدل ساخته است. در سال‌های گذشته، صنعت آبزی‌پروری، در مقایسه با دیگر بخش‌های تولید منابع جانوری، پیشرفت زیاد و سریع‌تری داشته است؛ از سوی دیگر، با متراکم شدن این صنعت، انواع بیماری‌های به ویژه بیماری‌های باکتریایی در آن بروز و شیوع یافته است که در درمان آن‌ها، از ترکیبات شیمیایی ضد میکروبی استفاده می‌شود. به دنبال آن، مصرف آنتی‌بیوتیک‌ها و مواد شیمیایی مشکلاتی مانند انتشار عوامل بیماری‌زای مقاوم به درمان، سرکوب دستگاه ایمنی موجودات آبزی و مشکلات زیست‌محیطی به وجود آورده است. از میان روش‌های جایگزین در مقابله با بیماری‌های آبزیان، کاربرد مواد محرک ایمنی روشی پیشگیرانه و سالم است که بر اساس آن، دستگاه ایمنی اختصاصی و غیراختصاصی این جانوران تقویت می‌شود. از انواع مواد محرک ایمنی می‌توان به ترکیبات طبیعی و صنایع مشتعل بر پروبیوتیک‌ها، سین‌بیوتیک‌ها، ترکیبات میکروبی، جلبک‌های دریایی، گیاهان دارویی و اسیدهای آلی اشاره کرد (Dawood et al., 2018).

ارگوسان (Ergosan) محصولی مشتق شده از دو نوع جلبک قهوه‌ای *Laminaria digitata* و *Ascophyllum nodosum* است و به عنوان مکمل غذایی در آبزیان مورد استفاده قرار می‌گیرد. ماده موثره ارگوسان پلیمر طبیعی آلژنیک اسید به میزان ۱ درصد است. آلژنیک اسید پلی‌ساکاریدی است که از دیواره سلولی و همچنین از ماتریکس خارج سلولی برخی از جلبک‌ها و برخی از باکتری‌ها نیز جدا می‌شود (Stokke et al., 2000). مطالعات گذشته نشان داده است که مصرف این ترکیب طبیعی سبب بهبود عملکرد رشد، سیستم تولیدمثل، فعالیت گوارشی، سیستم ایمنی عمومی و مخاطی و مقاومت در برابر بیماری‌ها در گونه‌های مختلف ماهی می‌شود (Bagni et al., 2005; Jalali et al., 2009; Sheikhzadeh et al., 2010; Heidarieh et al., 2012b; Sheikhzadeh et al., 2012). اثرات کمکی این ترکیب طبیعی در واکسن‌های ماهی نیز نشان داده شده است (Soltani et al., 2019). پرتوتابی با پرتو گاما روش موثر، ساده و دوست‌دار محیط زیست است (Byun et al., 2008; Pasanphan et al., 2010; Kulkarni et al., 2012). پرتو گاما به طور وسیع برای تولید فلزات در مقیاس نانو و همچنین

نانوکامپوزیت‌ها در دمای اتاق و فشار طبیعی به کار می‌رود (Karim et al., 2007). استفاده از

روش‌های پاک مانند استفاده از پرتو گاما و باریکه الکترون به منظور ایجاد شکست در پیوندهای کووالانسی و غیرکووالانسی در پلیمرها طبیعی مانند آلژینات، کیتین/کیتوزان، کربوکسیل متیل سلولز مورد توجه قرار گرفته‌اند. این پلیمرهای پرتوتابی شده در حوزه‌های مختلف مانند کشاورزی، محیطی و دارویی به کار می‌روند (Haji-Saeid et al., 2010; Kulkarni et al., 2012). نتایج مطالعه‌ای نشان داد که پرتوتابی آلژینک اسید (ماده موثره ارگوسان) در گستره ۳ تا ۲۰ کیلوگری منجر به کاهش وزن مولکولی آن می‌شود (Song et al., 2007). مطالعه قبلی نشان داد که به دنبال پرتوتابی ارگوسان به میزان ۳۰ کیلوگری، افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در شرایط برون‌تنی (In vitro) رخ می‌دهد (Heidarieh et al., 2012a). تنها در یک مطالعه درون‌تنی (In vivo) بهبود عملکرد رشد و تقویت سیستم ایمنی مخاطی پس از مصرف ارگوسان پرتوتابی شده به میزان ۳۰ کیلوگری در مقایسه با ارگوسان پرتوتابی نشده در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان

(*Oncorhynchus mykiss*) دیده شد (Sheikhzadeh et al., 2016). ماهی کاراس معمولی با نام علمی *Carassius carassius* (Linnaeus, 1758) جزء خانواده کپورماهیان و یکی از شش گونه اصلی پرورشی ماهیان آب شیرین در سیستم توام ماهیان گرمابی در برخی از کشورها مانند چین است. مقاومت و سازگاری بالای ماهی کاراس معمولی در شرایط استرس‌زا مانند کمبود اکسیژن و دمای بالا مورد توجه است. علاوه بر ارزش شیلاتی این گونه، استفاده از آن در صید ورزشی و صنعت آکواریوم نیز مد نظر است (Imbrogno et al., 2019; Suljevic et al., 2016). با توجه به مقاومت بالای کاراس معمولی، استفاده از این گونه به عنوان مدل آزمایشگاهی برای مطالعه بر روی ماهی‌های آکواریومی در نظر گرفته شد.

در مطالعه حاضر، با توجه به کاربرد مفید ارگوسان در صنعت آبی‌پروری و ایجاد تاثیر مثبت پرتوتابی در این ماده، به ارزیابی اثر ارگوسان پرتوتابی شده به میزان ۳۰ کیلوگری در مقایسه با ارگوسان پرتوتابی نشده بر برخی شاخص‌های زیستی و فعالیت‌های آنزیمی مخاط پوست، سرم خون و بافت روده در ماهی کاراس

طراحی آزمایش

۱۰۸ قطعه ماهی سالم کاراس معمولی (*Carassius carassius*) با میانگین وزنی $9/16 \pm 0/36$ گرم از یک مرکز تکثیر و پرورش ماهیان زینتی در گرگان خریداری شد. ماهی‌ها در ۹ آکواریوم شیشه‌ای با ابعاد $40 \times 35 \times 90$ سانتی‌متر و حجم ۱۰۸ لیتر در سه تکرار (۱۲) ماهی در هر آکواریوم) توزیع شدند. درجه حرارت آب ۲۶-۲۸ درجه سانتی‌گراد، سختی آب $320-360$ ppm، $7/3-7/8$ pH و اکسیژن محلول $6/9-7/5$ ppm بود. ماهی‌ها به مدت ۱۵ روز با جیره پایه (Biomar، فرانسه) دارای ۱۱ درصد رطوبت، ۳۶ درصد پروتئین خام، ۱۴ درصد چربی کل، ۱۰ درصد خاکستر و ۴ درصد فیبر، سازگاری یافتند.

در این مطالعه، خوراک‌های گروه تیمار با افزودن ارگوسان پرتوتابی شده و ارگوسان پرتوتابی نشده به میزان ۱ گرم در کیلوگرم جیره تهیه شد (Chiu et al., 2008). مقدار ارگوسان مصرفی نیز بر اساس گزارش Chiu و همکاران (۲۰۰۸) به جیره پایه اضافه شد. به این ترتیب که پلت‌های تجاری ابتدا خرد شده و سپس ارگوسان پرتوتابی شده، ارگوسان پرتوتابی نشده به همراه مقداری آب به پلت‌ها اضافه شد و دوباره پلت‌سازی انجام شد (Ahmadifar et

به عنوان یک مدل آزمایشگاهی در ماهی‌های آکواریومی پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

پرتودهی ارگوسان

برای تهیه ارگوسان پرتوتابی شده، ابتدا ارگوسان تجاری (Schering-Plough، انگلستان) با بافر فسفات (PBS) با $7/2$ pH مخلوط شد. سپس نمونه به مدت ۳۰ دقیقه در دستگاه سونیکاتور (Hiescher، UP200H، آلمان) کاملاً سونیکه شد و بعد در ۵۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه سانتریفیوژ (Hettich، ROTOFIX 32A، آلمان) شد (Peddie et al., 2002). نمونه‌ها پس از رسوب، در اتانول ۹۶ درصد، در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد خشک شده، سپس آسیاب شدند تا اندازه ذرات به ۵۳-۱۲۵ میکرومتر برسد. پودر ایجاد شده توسط چشمه کبالت-۶۰ (PX-30، Issledovapel، روسیه) در یک محدوده ۰/۲۲ گرمی در ثانیه به میزان ۳۰ کیلوگرمی پرتو گاما، پرتودهی شد (Heidarieh et al., 2012a). پس از انجام پرتودهی، نمونه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد برای آزمایش‌های بعدی نگه‌داری شد. میزان نهایی ارگوسان پرتودهی شده از ۵ گرم ارگوسان تجاری، ۰/۳۳ گرم بود.

al., 2020). به منظور یکسان‌سازی، خوراک مربوط به گروه شاهد نیز به همین روش آماده شد. خوراک‌های آماده شده به صورت جداگانه درون کیسه‌های پلاستیکی و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد تا زمان مصرف نگهداری شدند. در دوره آزمایش نیز ماهی‌ها در گروه‌های تیمار و شاهد به مدت ۴۰ روز با جیره حاوی ارگوسان پرتوتابی شده، ارگوسان پرتوتابی نشده و جیره پایه فاقد هرگونه افزودنی تغذیه شدند.

کارایی رشد

پس از اتمام دوره ۴۰ روزه، همه ماهی‌های موجود در هر آکواریوم به صورت جداگانه در عصاره گل میخک (۵۰ میکرولیتر در لیتر) (Keene and Noakes, 1998)، بیهوش شدند و پس از اندازه‌گیری طول و وزن، شاخص‌های رشد شامل وزن نهایی، طول نهایی، ضریب چاقی (CF) و نرخ رشد ویژه (SGR) ماهیان مورد بررسی قرار گرفت. شاخص‌های CF و SGR به ترتیب از رابطه‌های ۱ (Ojolic et al., 1995) و ۲ (Hevroy et al., 2005) محاسبه شدند.

رابطه ۱:

$$CF = (W/L^3) \times 100$$

W: میانگین وزن نهایی (گرم)؛ L: میانگین طول نهایی (سانتی‌متر).

رابطه ۲:

$$SGR (\%/day) = [(LnW_f - LnW_i) / t] \times 100$$

W_i: وزن اولیه (گرم)؛ W_f: وزن نهایی (گرم)؛ t: طول دوره پرورش (روز).

جمع‌آوری و آماده‌سازی نمونه‌ها

در روز ۴۰، سه قطعه ماهی از هر آکواریوم به صورت تصادفی برداشت شد و پس از بیهوشی در عصاره گل میخک (۵۰ میکرولیتر در لیتر) خون‌گیری با سرنگ از سیاهرگ ساقه دم به روش قطع ساقه دم ماهی‌ها انجام شد. سرم‌ها به مدت ۳ ساعت در دمای اتاق نگهداری و سپس به مدت ۵ دقیقه و ۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. سرم‌ها در میکروتیوب‌های جداگانه و در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد تا زمان اندازه‌گیری شاخص‌ها نگهداری شدند.

به منظور بررسی شاخص‌های ایمنی موجود در مخاط پوست ماهی‌ها، ۶ قطعه ماهی از هر آکواریوم در عصاره گل میخک (۵۰ میکرولیتر در لیتر) بیهوش شدند و مخاط جلدی ماهی‌ها به آرامی با استفاده از کاردک پلاستیکی نرم جمع‌آوری شد. به منظور بررسی تمام شاخص‌های ایمنی، مجموع نمونه‌های مخاط هر ۶ ماهی در هر آکواریوم به عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد. نمونه‌ها با چهار برابر حجم بافر تریس (۸ میلی‌لیتر Tris-HCl با pH ۵ و ۱۵۰

1974)، گلوکز (Lott and Turner, 1975) و پروتئین (Lowry et al., 1951) در سرم ماهی به روش آنزیمی رنگ‌سنجی مورد سنجش قرار گرفتند.

بررسی آنزیم‌های گوارشی در بافت روده

به منظور تهیه هموژن بافتی، بافت روده به صورت دستی توسط نیتروژن مایع خرد شد، سپس به ازای هر گرم بافت خرد شده ۱۰ میلی‌لیتر بافر فسفات ۰/۱ مولار (با pH ۷/۲) اضافه و توسط ورتکس (Labnet، انگلستان) کاملاً مخلوط شد. سوسپانسیون به دست آمده به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۴۰۰۰ در دقیقه و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد و پس از آن محلول رویی برای بررسی‌های آتی در فریز ۸۰- درجه سانتی‌گراد قرار گرفت.

فعالیت پروتئازی روده، طبق روش توصیف شده توسط Hummel (۱۹۵۹) اندازه‌گیری شد. به این ترتیب که ۲۵۰ میکرولیتر مایع روئی از هر نمونه با ۰/۷۵ میلی‌لیتر محلول بافر فسفات (۰/۱ مولار با pH برابر ۷/۴ حاوی سوبسترای آزوکازئین ۲ درصد) مخلوط و سریعاً داخل بن ماری با دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۶۰ دقیقه قرار داده شد. پس از ۶۰ دقیقه به منظور متوقف کردن واکنش به هر لوله ۲۵۰ میکرولیتر

میلی‌مولار NaCl هموژن شده، در ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند و مایع رویی لیوفیلیزه شد. به ۳۰۰ میلی‌گرم پودر لیوفیلیزه ۱ میلی‌لیتر بافر تریس اضافه شد و بخش حل نشده با سانتریفیوژ (۴۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۳۰ دقیقه) جدا شد. در ادامه، مایع رویی با استفاده از جریان ملایم گاز نیتروژن غلیظ شد و پس از عبور از فیلتر با قطر منافذ ۰/۲۲ میکرومتر (Millipore، آمریکا) به عنوان عصاره مخاطی تا زمان استفاده در فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد (Vestfrost، VTS258، دانمارک) قرار داده شد (Sheikhzadeh et al., 2012).

به منظور بررسی آنزیم‌های گوارشی روده، سه قطعه ماهی از هر آکواریوم به صورت تصادفی برداشت شد. پس از بیهوشی با عصاره گل میخک (۵۰ میکرولیتر در لیتر)، ضدعفونی سطح شکمی ماهی‌ها و جداسازی روده‌ها به صورت جداگانه انجام شد. نمونه‌های روده به صورت فریز شده به آزمایشگاه آبزیان پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای انتقال داده شد.

اندازه‌گیری شاخص‌های بیوشیمیایی در سرم ماهی

سطح تری‌گلیسیرید (Fossati and Allain et al., 1982)، کلسترول (Allain et al., 1982)

توسط الایزا ریدر (Hiperion, MR4, آلمان) اندازه‌گیری شد.

بررسی آلكالین فسفاتاز مخاط پوست ماهی با روش ارائه شده توسط Palaksha و همکاران (۲۰۰۸) انجام شد. نمونه‌های مخاط با میزان هم حجم از پی‌نیتروفنل فسفات ۴ میلی‌مولار، تهیه شده در آمونیوم بی‌کربنات (NH_4HCO_3 ۱۰۰ میلی‌مولار حاوی کلرید منیزیم با pH ۷/۸) انکوبه شد. تغییرات در میزان جذب نوری در ۴۰۵ نانومتر در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت به صورت پیوسته اندازه‌گیری شد.

فعالیت آنزیمی پروتئاز در مخاط پوست ماهی بر اساس هیدرولیز آزوکازئین به عنوان سوبسترا اندازه‌گیری شد. در این روش حجم برابری از نمونه مخاط به همراه بافر آمونیوم بی‌کربنات ۱۰۰ میلی‌مولار به مدت ۱۹ ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد انکوبه شد. واکنش آنزیمی با اضافه کردن ۰/۶ میلی‌لیتر از تری‌کلرواستیک اسید ۴/۶ درصد (وزنی/حجمی) متوقف و در دمای ۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۰,۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. برای سنجش آنزیم میزان جذب قسمت رویی به همراه سود ۰/۵ مولار (نسبت

تری‌کلرواستیک اسید (۲۰ درصد) اضافه شد. پس از سرد شدن نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه با دور ۴۰۰۰ در دقیقه سانتریفیوژ شدند. در نهایت جذب مایع رویی در طول موج ۴۴۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر (PC2100, UNICO, چین) اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری آنزیم آلكالین فسفاتاز روده نیز با اندازه‌گیری میزان هیدرولیز پارانیتروفنیل فسفات به پارانیتروفنل در شرایط قلیایی و در طول موج ۴۱۰ نانومتر انجام شد (Harpaz and Uni, 1999).

بررسی شاخص‌های ایمنی موجود در مخاط پوست ماهی‌ها

برای بررسی میزان فعالیت لیزوزیم عصاره موکوس از روش ارائه شده توسط Sheikhzadeh و همکاران (۲۰۱۲) استفاده شد. به این منظور، پس از تهیه کردن ۰/۷۵ میلی‌گرم باکتری *Micrococcus lysodeikticus* (Sigma, آمریکا) در ۱۰ میلی‌لیتر بافر سیترات فسفات ۰/۱ مولار با pH ۸/۵، ۲۵ میکرولیتر عصاره موکوس با ۱۷۵ میکرولیتر بافر سیترات فسفات در میکروپلیت‌های الایزا مخلوط شد. جذب نوری در ۴۵۰ نانومتر برای ۳۰ دقیقه به طور پیوسته

۱:۱) در طول موج ۴۰۵ نانومتر خوانده شد (Palaksha et al., 2008).

تجزیه و تحلیل آماری

ابتدا نرمال بودن داده‌ها با آزمون Kolmogorov-Smirnov مورد بررسی قرار گرفت. داده‌های با توزیع نرمال با استفاده از آزمون تحلیل واریانس یک طرفه و پس‌آزمون دانکن تجزیه و تحلیل شدند. برای تجزیه و تحلیل داده‌های غیرنرمال نیز از آزمون K Independent Sample استفاده شد. اختلاف میانگین داده‌ها نیز در سطح ۵ درصد ($P < 0.05$) معنی‌دار در نظر گرفته شد.

نتایج

در این بررسی هیچ‌گونه مرگ و میری در گروه‌ها مشاهده نشد. نتایج مربوط به اثر

جدول ۱: شاخص‌های رشد در ماهی‌های کاراس معمولی پس از تغذیه با ارگوسان پرتوتابی نشده و پرتوتابی شده به مدت ۴۰ روز (میانگین \pm انحراف معیار)

گروه‌های آزمایش	شاخص‌های رشد			
	وزن نهایی (g)	طول نهایی (cm)	ضریب چاقی	نرخ رشد ویژه
شاهد	۶۶/۲ \pm ۷۶/۱۵ ^a	۸۵/۱ \pm ۲۱/۶ ^a	۸۷/۰ \pm ۹۰/۴ ^a	۳۲۱/۰ \pm ۰۲۸/۰ ^a
ارگوسان پرتوتابی نشده	۵۰/۲ \pm ۹۸/۱۹ ^{ab}	۴۷/۱ \pm ۳۰/۶ ^a	۱۹/۱ \pm ۰۸/۷ ^b	۳۹۸/۰ \pm ۰۳۳/۰ ^b
ارگوسان پرتوتابی شده	۳۴/۱ \pm ۸۷/۲۰ ^b	۵۰/۱ \pm ۰۲/۶ ^a	۴۰/۱ \pm ۱۲/۷ ^b	۴۱۰/۰ \pm ۰۳۰/۰ ^b

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار است ($P < 0.05$).

مقادیر سرمی پروتئین، گلوکز، کلسترول و تری‌گلیسیرید نیز در گروه ارگوسان پرتوتابی شده و ارگوسان پرتوتابی نشده نسبت به گروه شاهد تغییر معنی‌داری نداشتند ($P > 0.05$)؛ جدول ۲).

جدول ۲: شاخص‌های بیوشیمیایی سرم در ماهی‌های کاراس معمولی پس از تغذیه با ارگوسان پرتوتابی نشده و پرتوتابی شده به مدت ۴۰ روز (میانگین \pm انحراف معیار)

گروه‌های آزمایش	شاخص‌های بیوشیمیایی سرم			
	پروتئین (g/dL)	گلوکز (mg/dL)	کلسترول (mg/dL)	تری‌گلیسرید (mg/dL)
شاهد	۳/۸۵ \pm ۰/۲۸	۹۲/۵۸ \pm ۱۶/۳۷	۱۰۱/۹۷ \pm ۶/۲۰	۳۵۷/۸۱ \pm ۲۱/۳۵
ارگوسان پرتوتابی نشده	۳/۵۰ \pm ۰/۳۹	۷۱/۶۹ \pm ۱۲/۴۲	۸۵/۷۲ \pm ۱۲/۴۵	۳۴۱/۷۰ \pm ۲۱/۰۱
ارگوسان پرتوتابی شده	۳/۷۰ \pm ۰/۱۸	۱۰۹/۶۰ \pm ۹/۹۲	۱۰۸۷/۵۰ \pm ۱۶/۸۶	۳۵۳/۳۳ \pm ۱۴/۸۹

اختلاف معنی‌داری بین داده‌ها وجود نداشت ($P > 0.05$).

فعالیت آنزیمی پروتئاز روده با افزودن ارگوسان پرتوتابی شده و ارگوسان پرتوتابی نشده به جیره غذایی ماهی افزایش معنی‌داری یافت ($P < 0.05$). اما میزان فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز روده در گروه تغذیه شده با ارگوسان پرتوتابی شده در مقایسه با گروه ارگوسان پرتوتابی نشده و گروه شاهد افزایش معنی‌دار نشان داد ($P < 0.05$; جدول ۳).

نتایج مربوط به بررسی شاخص‌های ایمنی موجود در مخاط پوست ماهی‌ها نیز نشان داد که در میزان پروتئین موجود در مخاط پوست در گروه‌های مختلف تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. در مقابل، فعالیت لیزوزیم پوست در ماهیان تغذیه شده با ارگوسان پرتوتابی شده و ارگوسان پرتوتابی نشده نسبت به گروه شاهد افزایش معنی‌داری را نشان داد ($P < 0.05$).

جدول ۳: فعالیت شاخص‌های مختلف ایمنی در مخاط پوست و فعالیت آنزیم‌های گوارشی روده ماهی‌های کاراس معمولی پس از تغذیه با ارگوسان پرتوتابی نشده و پرتوتابی شده به مدت ۴۰ روز (میانگین \pm انحراف معیار)

گروه‌های آزمایش	شاخص‌های ایمنی و فعالیت آنزیمی در مخاط بافت پوست					
	پروتئین (g/dL)	لیزوزیم (U/mg)	آلکالین فسفاتاز (U/mg)	پروتئاز (U/mg)	آلکالین فسفاتاز (U/mg)	پروتئاز (U/mg)
شاهد	۱/۳۹ \pm ۰/۱۸ ^a	۳۲/۰۱ \pm ۱/۳۷ ^a	۲/۳۲ \pm ۰/۴۱ ^a	۴/۰۲ \pm ۰/۲۹ ^a	۱/۰۴ \pm ۰/۱۱ ^a	۰/۰۸ \pm ۰/۰۱ ^a
ارگوسان پرتوتابی نشده	۱/۴۸ \pm ۰/۱۷ ^a	۵۸/۸۱ \pm ۳/۱۸ ^b	۶/۸۹ \pm ۰/۳۶ ^b	۶/۳۹ \pm ۰/۳۵ ^b	۱/۱۸ \pm ۰/۱۶ ^a	۰/۱۶ \pm ۰/۰۲ ^b
ارگوسان پرتوتابی شده	۱/۵۰ \pm ۰/۱۱ ^a	۵۹/۴۰ \pm ۲/۲۰ ^b	۷/۰۳ \pm ۱/۰۸ ^b	۶/۷۵ \pm ۰/۵۷ ^b	۱/۵۲ \pm ۰/۰۸ ^b	۰/۲۰ \pm ۰/۰۱ ^b

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار است ($P < 0.05$).

مشابه فعالیت لیزوزیم، افزایش قابل ملاحظه‌ای نیز در میزان فعالیت آلکالین فسفاتاز و پروتئاز پوست در هر دو گروه تیمار در مقایسه با گروه شاهد مشاهده شد ($P < 0.05$; جدول ۳).

بحث

افزودنی‌های خوراکی با منشأ گیاهی به جیره غذایی ماهی‌ها ممکن است از طریق تنظیم سطح سنتز و فعالیت آنزیم‌های پانکراسی، ترشحات صفراوی و نیز تحریک حس بویایی ماهی‌ها، نه تنها کارایی سیستم گوارشی بلکه اشتهای ماهی‌ها را نیز افزایش دهد (Platel et al., 2002). در مطالعه حاضر بهبود عملکرد رشد در ماهیان کاراس معمولی تیمار شده با ارگوسان، به ویژه نوع پرتوتابی شده، مشاهده شد. با در نظر گرفتن اثرات بهتر ارگوسان پرتوتابی شده بر رشد ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان در مدت زمان برابر آزمایش در مقایسه با مطالعات دیگر، این چنین به نظر می‌رسد که اثرات ناشی از پرتو گاما سبب بهبود تاثیر ارگوسان پرتوتابی شده بر میکروفلور دستگاه گوارش ماهی شده است (Heidarieh et al., 2012b). ارگوسان به عنوان افزودنی خوراکی انتقال فعال اکسیژن را از غشای سلولی تحریک می‌کند که در نتیجه متابولیسم سلول‌ها

و ضریب تبدیل غذایی بهبود می‌یابند. نتایج این مطالعه (Jermy et al., 2005) در ارتباط با افزایش رشد با نتایج مطالعه حاضر مطابقت دارد. همچنین در مطالعه حاضر به نظر می‌رسد که تغییر ساختار ارگوسان (آلژنیک اسید) به نانوذرات پس از اعمال پرتو گاما می‌تواند عملکرد رشدی بهتری را در ماهی کاراس معمولی به دنبال داشته باشد، زیرا نانوذرات از قدرت جذب بالایی در دستگاه گوارش برخوردار هستند (Nematollahi et al., 2019). این نتیجه توسط Heidarieh و همکاران (۲۰۱۴) تایید شده است. آن‌ها نشان دادند که تغییر ذرات آلژنیک اسید به نانوذرات با استفاده از روش پرتوتابی گاما (۳۰ کیلوگری) منجر به بهبود ساختار مخاط روده و زوئی پیلوریک در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان می‌شود (Heidarieh et al., 2014). افزایش عملکرد رشد به دنبال مصرف نانوذرات در مطالعات قبل نیز تایید شده بود (Zhou et al., 2009; Wang and Li, 2012; Han et al., 2011). ارگوسان در تحریک پاسخ‌های سیستم ایمنی و رشد ماهی و افزایش مقاومت در برابر استرس‌های مختلف نقش دارد به صورتی که در مطالعات قبلی، Peddie و همکاران (۲۰۰۲) در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، Jalali و همکاران (۲۰۰۹) در

عوامل مهم هضم پروتئین در سیستم گوارش آبزیان به شمار می‌آیند (Wu et al., 2009). به دنبال تایید نتایج مطالعه حاضر، در مطالعات قبلی بیان شد که محرک‌های سیستم ایمنی سبب افزایش متابولیسم بدن و در نتیجه افزایش آنزیم‌های گوارشی می‌شوند (Nussler and Thompson, 1992). افزایش فعالیت پروتئاز در توسط ارگوسان در روده ماهی کاراس معمولی در این مطالعه می‌تواند منجر به افزایش جذب مواد مغذی به ویژه پروتئین‌ها از طریق روده و به دنبال آن کمک به افزایش رشد در ماهی شود. بنابراین به نظر می‌رسد که ارگوسان پرتوتابی شده توانایی تولید آنزیم‌های خارج سلولی پروتئاز و آلکالین فسفاتاز در روده، هضم و جذب پروتئین‌ها و یا تحریک دستگاه گوارش ماهی کاراس معمولی را نسبت به گروه شاهد و حتی گروه ارگوسان پرتوتابی نشده افزایش می‌دهد که این عمل ممکن است به دلیل بهبود جذب نانوذرات ارگوسان پرتوتابی شده از طریق سیستم گوارشی در ماهی باشد.

نتایج این مطالعه نشان داد که فعالیت آنزیم‌های مخاط پوست ماهی شامل لیزوزیم، آلکالین فسفاتاز و پروتئاز در هر دو تیمار نسبت به گروه شاهد افزایش یافت. نقش حفاظتی مخاط پوست ماهی به عنوان خط اول دفاعی

فیل‌ماهی و Heidarieh و همکاران (۲۰۱۰) در میگو اثر افزایش رشد و بازماندگی را به دنبال استفاده از ارگوسان گزارش کردند. Nematollahi و همکاران (۲۰۱۹) بیان کردند افزودن ۰/۵ گرم در کیلوگرم نانوآرگوسان (نانو آلژینیک اسید) تولید شده با روش پرتودهی (گاما، ۳۰ کیلوگری) به جیره ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان، اثرات معنی‌داری بر شاخص‌های رشد و پاسخ به استرس دارد.

رشد و کارایی تغذیه‌ای در ماهی وابسته به ظرفیت بیوشیمیایی و فیزیولوژیک ماهی برای هضم و انتقال مواد مغذی است که در این میان آنزیم‌ها مهم‌ترین نقش را در شکسته شدن و هضم و جذب غذا در دستگاه گوارش بر عهده دارند (Rungruangsak-Torrissen et al., 2006). در مطالعه حاضر نشان داده شد که استفاده از ارگوسان پرتوتابی شده و ارگوسان پرتوتابی نشده در جیره غذایی ماهی کاراس معمولی می‌تواند بر فعالیت آنزیم‌های گوارشی مانند آلکالین فسفاتاز و پروتئاز در روده تاثیر گذارد. Heidarieh و همکاران (۲۰۱۲b) نیز با به کارگیری ارگوسان پرتوتابی نشده در جیره ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان افزایش معنی‌داری را در فعالیت آنزیم گوارشی لیپاز محتویات روده نسبت به شاهد مشاهده کردند. پروتئازها، از

ماهی در برابر عوامل بیماری‌زا مختلف با ترشح بیش از حد مخاط و حذف عوامل بیماری‌زا از سطح بدن ماهی دارد (Aranishi et al., 1998). نتایج این مطالعه هم بیانگر تاثیر افزایش ارگوسان بر فعالیت آنزیم پروتئاز در مخاط پوست ماهی کاراس معمولی است. اطلاعات محدودی در رابطه با اثر محرک‌های ایمنی به ویژه ارگوسان بر فعالیت آنزیم پروتئازی موجود در مخاط ماهیان وجود دارد. به عنوان مثال، Sheikhzadeh و همکاران (۲۰۱۲) با به کارگیری ارگوسان پرتوتابی نشده در جیره ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان افزایش معنی‌داری را در فعالیت آنزیم پروتئاز نسبت به گروه شاهد در مخاط پوست ماهی مشاهده کردند.

بر اساس نتایج مطالعه حاضر به نظر می‌رسد که افزودن ارگوسان، به ویژه در شکل پرتوتابی شده، به جیره ماهی کاراس معمولی، می‌تواند سبب بهبود عملکرد رشد، فعالیت آنزیم‌های گوارشی روده و شاخص‌های ایمنی موجود در مخاط پوست شود.

ضدپاتوژن‌ها مشخص است. مخاط به طور مداوم در حال تولید و ترشح از سطح پوست است، بنابراین، به طور فیزیکی سبب گیر افتادن و ممانعت از اتصال پاتوژن‌های میکروبی به سطح اپیتلیوم و در نتیجه مانع ایجاد فرصتی برای تهاجم به بافت‌های ماهی خواهد بود. اثرات مثبت مواد محرک سیستم ایمنی مختلف مانند ارگوسان، سرکه سیب، مرزنجوش، عصاره خرما و مخمرها بر فعالیت ضدباکتریایی و افزایش تیتراهماگلوتیناسیون در مخاط پوست ماهی ثابت شده است (Sheikhzadeh et al., 2012; Hoseinifar et al., 2016; Nekoubin et al., 2020; Yousefi et al., 2020, 2021). بررسی فعالیت آنزیم آلکالین فسفاتاز در مطالعه حاضر نشان داد که همانند فعالیت لیزوزیم، فعالیت آلکالین فسفاتاز نیز در مخاط پوست ماهیان تغذیه شده با ارگوسان پرتوتابی شده و ارگوسان پرتوتابی نشده افزایش معنی‌داری داشت. آنزیم پروتئاز یا مهارکننده تریپسین پانکراسی به تنهایی یا همراه با دیگر عوامل ایمونولوژیک مخاط نقش مهمی را در حفاظت

منابع

- Ahmadifar E., Sadegh T.H., Dawood M.A.O., Dadar M. and Sheikhzadeh N. 2020.** The effects of dietary *Pediococcus pentosaceus* on growth performance, hemato-immunological parameters and digestive enzyme activities of common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture*, 516: 656–734.
- Allain C.C., Poon L.S., Chan C.S., Richmond W. and Fu P.C. 1974.** Enzymatic determination of total serum cholesterol. *Clinical Chemistry*, 20: 470–475.
- Aranishi F., Mano N., Nakane M. and Hirose H. 1998.** Epidermal response of the Japanese eel to environmental stress. *Fish Physiology and Biochemistry*, 19: 197–203.
- Bagni M., Romano N., Finoia M.G., Abelli L., Scapigliati G., Tiscar P.G., Sarti M. and Marino G. 2005.** Short- and long-term effects of a dietary yeast β -glucan (Macrogard) and alginic acid (Ergosan) preparation on immune response in sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Fish and Shellfish Immunology*, 18(4): 311–325.
- Byun E.H., Kim J.H., Sung N.Y., Choi J., Lim S.T. and Kim K.H. 2008.** Effects of gamma irradiation on the physical and structural properties of β -glucan. *Radiation Physics and Chemistry*, 77: 781–786.
- Chiu S.T., Tsai R.T., Hsu J.P., Liu C.H. and Cheng W. 2008.** Dietary sodium alginate administration to enhance the non-specific immune responses, and disease resistance of the juvenile grouper *Epinephelus fuscoguttatus*. *Aquaculture*, 277: 66–72.
- Dawood M.A.O., Koshio S. and Esteban M.A. 2018.** Beneficial roles of feed additives as immunostimulants in aquaculture: A review. *Reviews in Aquaculture*, 10: 950–974.
- Fossati P. and Prencipe L. 1982.** Serum triglycerides determined calorimetrically with an enzyme and produces hydrogen peroxide. *Clinical Chemistry*, 28: 2077–2080.
- Haji-Saeid M., Safrany A., Sampa M.H. and Ramamoorthy N. 2010.** Radiation processing of natural polymers: The IAEA contribution. *Radiation Physics and Chemistry*, 79: 255–260.
- Han X.Y., Du W.L., Huang Q.C., Xu Z.R. and Wang Y.Z. 2012.** Changes in small intestinal morphology and digestive enzyme activity with oral administration of copper-loaded chitosan nanoparticles in rats. *Biology of*

- Trace Elements Research, 145: 355–360.
- Harpaz S. and Uni Z. 1999.** Activity of intestinal mucosal brush border membrane enzymes in relation to the feeding habits of three aquaculture fish species. *Comparative Biochemistry and Physiology (A)*, 124: 155–160.
- Heidarieh M., Afsharnasab M., Soltani M., Dashtyannasab A., Rajabifar S., Sheikhzadeh N. and Tamimi A.H. 2010.** Effects of Ergosan and vibromax to prevent vibriosis and WSSV in *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 5: 120–125.
- Heidarieh M., Borzouei A., Rajabifar S., Ziaie F. and Shafiei S. 2012a.** Effects of gamma irradiation on antioxidant activity of Ergosan. *Iranian Journal of Radiation Research*, 9(4): 245–249.
- Heidarieh M., Daryalal F., Mirvaghefi A.R., Shahbazfar A.A., Moodi S. and Heidarieh H. 2014.** Histopathological alterations in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792), induced by irradiated alginic acid. *Journal of Applied Ichthyology*, 30(3): 543–545.
- Heidarieh M., Mirvaghefi A.R., Akbari M., Farahmand H., Sheikhzadeh N., Shahbazfar A.A. and Behgar M. 2012b.** Effect of dietary Ergosan on growth performance, digestive enzymes, intestinal histology, hematological parameters and body composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 38(4): 1169–1174.
- Hevroy E.M., Espe M., Waagbo R., Sandness K., Rund M. and Hemer G.I. 2005.** Nutrition utilization in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed increased level of fish protein hydrolysate during a period of fast growth. *Aquaculture Nutrition*, 11: 301–313.
- Hoseinifar S.H., Khalili M., Rufchaei R. and Raeisi M. 2016.** Investigating the effects of date palm extract on growth performance and mucus immune parameters in common carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) fingerlings. *Journal of Academia and Industrial Research*, 3(4): 89–100.
- Hummel B.C.W. 1959.** A modified spectrophotometric determination of chymotrypsin, trypsin, and thrombin. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37: 1393–1399.
- Imbrogno S., Aiello D. and Filice M. 2019.** MS-based proteomic analysis of cardiac response to hypoxia in the goldfish (*Carassius auratus*). *Scientific Reports*, 9: 1–11 (18953).

- Jalali M.A., Ahmadifar E., Sudagar M. and Azari Takami G. 2009.** Growth efficiency, body composition, survival and haematological changes in great sturgeon (*Huso huso* Linnaeus, 1758) juveniles fed diets supplemented with different levels of Ergosan. *Aquaculture Research*, 40(7): 804–809.
- Karim M.R., Lim K.T., Lee C.J., Islam Bhuiyan M.T., Kim H.J. and Park L.S. 2007.** Synthesis of core-shell silver-polyaniline nanocomposites by gamma radiolysis method. *Journal of Polymer Science Part*, 45: 5741–5747.
- Keene J.L. and Noakes D.L.G. 1998.** The efficacy of clove oil as an anaesthetic for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture Research*, 29(2): 89–101.
- Kulkarni V.S., Butte K.D. and Rathod S. 2012.** Natural polymers- A comprehensive review. *International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences*, 3: 1597–1613.
- Lott J.A. and Turner K. 1975.** Evaluation of trinder's glucose oxidase method for measuring glucose in serum and urine. *Clinical Chemistry*, 21: 1754–1760.
- Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr A.L. and Randall R.J. 1951.** Protein measurement with the folin phenol reagent. *Journal of Biology and Chemistry*, 193: 265–275.
- Nekoubin H., Hajimoradloo A. and Hoseinifar S.H. 2020.** Effects of apple cider vinegar on growth performance and non-specific immune parameters of skin mucus in common carp (*Cyprinus carpio*) fingerlings. *International Journal of Aquatic Biology*, 8(5): 311–316.
- Nematollahi M.A., Izadi M., Ziaie F., Mirvaghefi A.R., Heidarieh M. and Mahmoodi S. 2019.** Comparison between of effect of Ergosan particles and nano-particles as produced by using gamma rays and ultrasonic waves on the growth and stress parameters indices of rainbow trout. *Journal of Aquaculture Sciences*, 7(2): 123–131.
- Nussler A.K. and Thompson A.W. 1992.** Immunomodulatory agents in the laboratory and clinic. *Journal of Parasitology*, 105: 5–23.
- Ojolick E.J., Cusack R., Benfey T.J. and Kerr S.R. 1995.** Survival and growth of all female diploid Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared at chronic high temperature. *Aquaculture*, 131: 177–187.
- Palaksha K.J., Shin G.W., Kim Y.R. and Jung T.S. 2008.** Evaluation of non-specific immune components from the skin mucus of olive flounder (*Paralichthys olivaceus*).

- Fish and Shellfish Immunology, 24: 479–488.
- Pasanphan W., Rimdusit P., Choofong S., Piroonpan T. and Niluwankosit S. 2010.** Systematic fabrication of chitosan nanoparticle by gamma irradiation. Radiation Physics and Chemistry, 79: 1095–1102.
- Peddie S., Zou J. and Secombes C.J. 2002.** Immunostimulation in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) following intraperitoneal administration of Ergosan. Veterinary Immunology and Immunopathology, 86: 101–113.
- Platel K., Rao A., Saraswahi G. and Srinivasan K. 2002.** Digestive stimulant action of three Indian spices mixes in experimental rats. Die Nahrung, 46: 394–398.
- Rungruangsak-Torrissen K., Moss R., Andresen L.H., Berg A. and Waagbo R. 2006.** Different expressions of trypsin and chymotrypsin in relation to growth in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Fish Physiology and Biochemistry, 32: 7–23.
- Sheikhzadeh N., Asadpour R., Jafari Jozani R.A. and Tayefi-Nasrabadi H. 2010.** Effect of Ergosan on semen quality of male rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) broodstock. Animal Reproduction Science, 122: 183–188.
- Sheikhzadeh N., Chehrara F., Heidarieh M., Nofouzi K. and Baradaran B. 2016.** Irradiated Ergosan extract effects on the growth performance and mucus biological components of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 34(1): 13–18.
- Sheikhzadeh N., Karimi Pashaki A., Nofouzi K., Heidarieh M. and Tayefi-Nasrabadi H. 2012.** Effects of dietary Ergosan on cutaneous mucosal immune response in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Fish and Shellfish Immunology, 32: 407–410.
- Soltani M., Lymbery A., Song S.K. and Hosseini Shekarabi P. 2019.** Adjuvant effects of medicinal herbs and probiotics for fish vaccines. Reviews in Aquaculture, 11: 1325–1341.
- Song E.J., Lee S.Y., Kim K.B.W.R., Park J.G., Kim J.H., Lee J.W., Byun M.W. and Ahn D.H. 2007.** Effect of gamma irradiation on the physical properties of alginic acid and λ -carrageenan. Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition, 36(7): 902–907.
- Stokke B.T., Draget K.I., Smidsrod O., Yuguchi Y., Urakawa H. and Kajiwara K. 2000.** Small-angle x-ray scattering and rheological characterization of alginate gels. 1. Ca-alginate gels. Macromolecules, 33(5): 1853–1863.

- Suljevic D., Alijagic A., Mitrasinovic-Brulic M., Focak M. and Islamagic E. 2016.** Comparative physiological assessment of common carp (*Cyprinus carpio*) and crucian carp (*Carassius carassius*) based on electrolyte and hematological analysis. *Macedonian Journal of Animal Science*, 6(2): 95–100.
- Wang Y.B. and Li J.R. 2011.** Effects of chitosan nanoparticles on survival, growth and meat quality of tilapia, *Oreochromis nilotica*. *Nanotoxicology*, 5(3): 425–431.
- Wu T., Sun L.C., Du C.H., Cai Q.F., Zhang Q.B., Su W.J. and Cao M.J. 2009.** Identification of pepsinogens and pepsins from the stomach of European eel (*Anguilla anguilla*). *Food Chemistry*, 115: 137–42.
- Yousefi M., Ghafarifarsani H., Hoseinifar S.H., Rashidiand G. and Doan H.V. 2021.** Effects of dietary marjoram, *Origanum majorana* extract on growth performance, hematological, antioxidant, humoral and mucosal immune responses, and resistance of common carp, *Cyprinus carpio* against *Aeromonas hydrophila*. *Fish and Shellfish Immunity*, 108: 127–133.
- Yousefi S., Shokri M.M., Noveirian H.A. and Hoseinifar S.H. 2020.** Effects of dietary yeast cell wall on biochemical indices, serum and skin mucus immune responses, oxidative status and resistance against *Aeromonas hydrophila* in juvenile Persian sturgeon (*Acipenser persicus*). *Fish and Shellfish Immunology*, 106: 464–472.
- Zhou X.X., Wang Y.B., Gu Q. and Li W.F. 2009.** Effects of different dietary selenium sources (selenium nanoparticle and selenomethionine) on growth performance, muscle composition and glutathione peroxidase enzyme activity of crucian carp (*Carassius auratus gibelio*). *Aquaculture*, 291(1-2): 78–81.



Research Paper

Effects of irradiated Ergosan on growth performance, serum biochemical parameters and skin mucosal immune responses in crucian carp (*Carassius carassius*)

Hosein Tayefi Nasrabadi^{1*}, Marzieh Heidarieh², Najmeh Sheikhzadeh³,
Saba Niksefat Zendeheh⁴, Parvin Karimi⁵

Received: August 2020

Accepted: December 2020

Abstract

The present study was designed to evaluate the effects of irradiated and non-irradiated Ergosan on growth performance, serum biochemical parameters and skin mucosal immune responses in crucian carp (*Carassius carassius*). Fish with a mean weight of 9.16 ± 0.36 g were randomly distributed among nine aquaria in triplicates and fed diets containing irradiated Ergosan at 30 kGy (1g.kg^{-1}), non-irradiated Ergosan (1g.kg^{-1}), or diet without any additives (control) for 40 days. Results showed that fish fed with irradiated and non-irradiated Ergosan had higher growth performance than the control ($P < 0.05$). Mucosal biochemical parameters, including protein, glucose, cholesterol and triglyceride, were not altered by feeding treatment diets compared to the control ($P > 0.05$). Digestive enzyme activities, including intestinal alkaline phosphatase and protease, increased with both Ergosan-treated diets, especially with irradiated Ergosan to the control ($P < 0.05$). Skin mucosal lysozyme, alkaline phosphatase, and protease activities, also enhanced after administration of irradiated and non-irradiated Ergosan compared to the control ($P < 0.05$). This study suggests that the supplementation of Ergosan, especially in irradiated form, could improve the growth performance, some digestive enzyme activities, and skin mucosal responses in crucian carp.

Key words: *Crucian Carp, Irradiated Ergosan, Biochemical Parameters, Skin Mucosal Immune Responses.*

1- Associate Professor in Department of Basic Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

2- Associate Professor in Department of Veterinary and Animal Science, Nuclear Agriculture Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute, Karaj, Iran.

3- Associate Professor in Department of Food Hygiene and Aquatic Animals, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

4- M.Sc. in Abzian Nil Pars Co., Tehran, Iran.

5- Ph.D. Student in Department of Basic Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

*Corresponding Author: tayefi@tabrizu.ac.ir