شیلات، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۶، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۲
صفحات ۵۷۷-۵۶۵

بررسی عملکرد رشد و شاخص‌های خون‌شناسی و بیوشیمیایی سرم بچه تاسماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) تغذیه شده با پودر قارچ سفید دکمه‌ای (*Agaricus bisporus*)

مریم منصف‌شکری[1*]، سهیل یوسفی[2]، ایوب یوسفی‌جوردهی[1]، سمیرا ناظم‌رعایا[3]، سیدحسین حسینی‌فر[4]، میرحامد سیدحسنی[5]

۱. استادیار انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

۲. دانشجوی دکتری گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

۳. استادیار پژوهشکده آبزی پروری آب‌های جنوب کشور، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

۴. دانشیار گروه شیلات، دانشکده شیلات و محیط زیست، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

۵. پژوهشگر انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری، موسسه تحقیقات علوم شیلاتی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۷

چکیده

هدف این مطالعه بررسی تأثیر مکمل‌سازی جیره با پودر قارچ سفید دکمه‌ای بر عملکرد رشد و برخی شاخص‌های خون‌شناسی و بیوشیمیایی در تاسماهی ایرانی جوان (*Acipenser persicus*) بود. بدین‌منظور، تعداد ۱۵۳ قطعه تاس‌ماهی ایرانی جوان با وزن ۰/۳۹±۴۷/۷۸ گرم در ۹ مخزن با حجم کلی ۵۰۰ لیتر و حجم آبگیری ۳۰۰ لیتر در ۳ تیمار با ۳ تکرار به‌صورت تصادفی توزیع شدند و با جیرهٔ پایه، حاوی ۰/۵ درصد پودر قارچ سفید دکمه‌ای (تیمار ۱)، ۱ درصد پودر قارچ سفید دکمه‌ای (تیمار ۲) و جیرهٔ فاقد پودر قارچ (تیمار شاهد) طی هشت هفته تغذیه شدند. پس از پایان تغذیه، اختلاف معنی‌داری بین شاخص‌های رشد و تغذیه ماهیان در بین تیمارها مشاهده نگردید ($P>0/05$). بررسی شاخص‌های خون‌شناسی نشان داد که تعداد گلبول‌های سفید در ماهیان تغذیه شده با جیرهٔ حاوی یک درصد مکمل پودر قارچ به‌طور معنی‌داری پایین‌تر از گروه شاهد بود ($P<0/05$). تعداد نوتروفیل‌ها در تیمار ۱ حاوی ۰/۵ درصد پودر قارچ به‌طور معنی‌داری بالاتر از گروه شاهد بود ($P<0/05$). تفاوت معنی‌داری بین شاخص‌های حجم متوسط گلبول قرمز، میانگین هموگلوبین در سلول و تعداد گلبول قرمز، هموگلوبین، هماتوکریت، میانگین غلظت هموگلوبین در سلول، لنفوسیت و مونوسیت‌ها بین تیمارهای مکمل‌سازی شده و گروه شاهد مشاهده نشد ($P>0/05$). سطح گلوکز در تیمار ۲ و کورتیزول سرم در تیمار ۱ و ۲ بالاتر از گروه شاهد بود ($P<0/05$). نتایج این تحقیق نشان داد که افزودن ۰/۵ و ۱ درصد پودر قارچ سفید دکمه‌ای به جیره، موجب اثرات منفی در برخی از شاخص‌های خونی و استرس در تاسماهی ایرانی جوان می‌گردد. بنابراین، به‌نظر می‌رسد که برای تعیین نقش پودر قارچ سفید دکمه‌ای در سلامت و تغذیه ماهیان خاویاری مطالعات بیشتری مورد نیاز است.

واژگان کلیدی: ماهیان خاویاری، آبزی‌پروری، قارچ سفید دکمه‌ای، مکمل‌سازی، استرس

* نویسنده مسئول: مریم منصف‌شکری
Email: monsef_shokri@yahoo.com

Journal of Fisheries
Vol. 76, No. 4, Winter 2024
pp. 565-577

Growth performance, hematological and serum biochemical parameters of juvenile Persian sturgeon (*Acipenser percicus*) fed with white button mushroom (*Agaricus bisporus*) powder

Maryam Monsef Shokri[1*], Soheil Yousefi[2], Ayoub Yousefi Jourdehi[1], Samira Nazemroaya[3], Seyed Hossein Hossenifar[4], Mirhamed Sayed Hassani[5]

1. Assistant Professor, International Sturgeon Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran
2. Ph. D student, Fisheries Department, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, Guilan, Iran
3. Assistant Professor, South of Iran Aquaculture Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ahvaz, Iran
4.Associate Professor, Department of Fisheries, Faculty of Fisheries and Environmental Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
5. Researcher, International Sturgeon Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran

Received: 06-Jan-2023 **Accepted: 07-Dec-2023**

Abstract

This study aimed to evaluate the effect of diets containing the white-button mushroom powder (WBMP) on growth performance and some hematological and biochemical indices of juvenile Persian sturgeon (*Acipenser persicus*). For this purpose, one hundred fifty-three juvenile of Persian sturgeon (47.78 ± 0.39 g) were distributed into nine experimental fish culture tanks with a total volume of 500 liters, filled with 300 liters of water. The fish were fed with diets containing 0.5% white-button mushroom powder (T1), 1% white-button mushroom powder (T2) and 0% white-button mushroom powder (control) as experimental diets for eight weeks. At the end of the experimental period, no significant differences were observed in growth and feed utilization parameters between treatment and compare to the control diet ($p>0.05$). Hematological parameter such as number of white blood cells was significantly lower in the fish fed with the diet containing 1% WBMP compared to the control diet ($p<0.05$). The neutrophil percentage was significantly higher in the fish fed with the diet containing 0.5 % WBMP compared to the control diet ($p<0.05$) as well. MCV, MCH, RBC, Hb, Hct, MCHC, lymphocyte, and monocytes were not different among the treatments ($p>0.05$). WBMP supplementation significantly increased serum glucose and cortisol in T1 and T2 ($p<0.05$). The current study results reveal that supplementation of diet with 0.5 and 1% WBMP causes negative effects on some blood and stress indices in juvenile Persian sturgeon. It seems that more studies are needed to determine the role of WBMP in sturgeon health and nutrition.

Keywords: Sturgeon, Aquaculture, white-button mushroom, Supplementation, Stress

∗ Corresponding author: Maryam Monsef Shokri Email: monsef_shokri@yahoo.com

۱. مقدمه

تاسماهیان، گونه‌هایی ارزشمند از دیدگاه اقتصادی برای آبزی‌پروری هستند (Hung, 2017). یکی از گونه‌های مورد توجه در زمینهٔ پرورش و بازسازی ذخایر، خاویار تاسماهی ایرانی (*Acipenser persicus*) است که به‌عنوان برند خاویار ایران مطرح می‌باشد (Poorbagher *et al.*, 2017). میزان پرورش تاسماهی ایرانی در ایران نسبت به سایر تاسماهیان نظیر فیل‌ماهی (*Huso huso*) و تاسماهی سیبری (*Acipenser baerii*) بسیار کمتر است. مهمترین دلیل این امر، عادت‌پذیری پایین لارو این ماهی به جیرهٔ مصنوعی و در نتیجه رشد و زنده‌مانی کمتر آن در مراحل اولیهٔ پرورش است (Shakouri, 2016; Efatpanah *et al.*, 2021). همچنین باید توجه داشت که آبزی‌پروری تاسماهیان نیز با موانع و مشکلاتی از قبیل عدم کیفیت جیره و مواد مغذی، ورود عوامل مهاجم در پی بروز استرس‌های محیطی به محیط آبی و بروز تلفات بالا روبه‌رو است. هرچند، مدیریت صحیح مزارع بهترین روش برای جلوگیری از عوامل بیماری‌زا محسوب می شود، ولی این امر همیشه محقق نمی‌گردد. یکی از سریع‌ترین روش‌ها در زمینهٔ کنترل این موارد، استفاده از درمان‌های شیمیایی است. این درمان‌ها دربرگیرندهٔ انواع آنتی‌بیوتیک‌ها، واکسن‌ها و مواد ضدعفونی‌کننده بوده که در صورت فقدان آگاهی و علم به استفاده از آن‌ها و مصرف بی‌رویه، سبب بروز خسارات جبران‌ناپذیری به محیطی آبی و گونه‌های پرورشی خواهند شد (Ringo andStrom, 1994; FAO, 2006). در نتیجه برای داشتن تولیدی پایدار و سالم، استفاده از روش‌های کنترل زیستی در مواجهه با عوامل مهاجم و کاستی‌ها طی دورهٔ پرورشی ضروری است. از این‌رو، کسب نتایج امیدوارکننده از طریق افزودن مواد غذایی محرک سیستم ایمنی مانند پروبیوتیک‌ها، پری‌بیوتیک‌ها و دیگر مکمل‌های غذایی به‌عنوان روش‌های جایگزین مواد شیمیایی مورد نیاز است. در میان ترکیبات عملکردی، قارچ‌ها و ترکیبات جداشده از آن‌ها از لحاظ علمی و تجاری در آبزی‌پروری اهمیت پیدا کرده‌اند (Hoseinifar *et al.*, 2019). در سال‌های اخیر، مطالعات زیادی نشان داده است که قارچ‌های خوراکی فواید زیادی برای سلامتی دارند که از جمله آن‌ها می‌توان به اثرات ضد ویروسی، ضد سرطانی، ضد التهابی، ضد چاقی، تقویت سیستم ایمنی، حفاظت کبدی و تقویت سیستم آنتی‌اکسیدانی اشاره نمود (Rathore *et al.*, 2017; Feng *et al.*, 2020). خواص تغذیه‌ای بسیاری از آن‌ها را می‌توان به‌طور عمده به مولکول‌های زیست‌فعالی چون بتاگلوکان‌ها، تری‌ترپنوئیدها[1] و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی آن‌ها نسبت داد (Rathore *et al.*, 2017). در سال‌های اخیر، قارچ‌ها و ترکیبات آن‌ها برای بهبود عملکرد رشد، تقویت سیستم ایمنی و مقاومت در برابر بیماری‌ها در پرورش برخی گونه‌های آبزیان گزارش شده‌اند (Baba *et al.*, 2015; Bilen *et al.*, 2016; Uluköy *et al.*, 2016; Hoseinifar *et al.*, 2019). در میان قارچ‌ها، قارچ سفید دکمه‌ای (WBM)[2]، *Agaricus bisporus* یکی از رایج‌ترین قارچ‌های خوراکی در جهان است که در بسیاری از کشورها کشت می‌شود و از لحاظ اقتصادی اهمیت پیدا کرده است. علاوه براین، در حوزهٔ گیاهان دارویی به‌دلیل ترکیبات زیست‌فعال زیستی همچون پلی‌فنول‌ها، ارگوتیونئین[3]، ویتامین‌ها، مواد معدنی و پلی‌ساکاریدها مورد توجه قرار گرفته است (Dubost *et al.*, 2007; Tian *et al.*, 2012). تاکنون چندین مطالعه تأثیر قارچ سفید دکمه‌ای (*Agaricus bisporus*) را در آبزی‌پروری مورد مطالعه قرار داده‌اند (Zou *et al.*, 2016; Dawood *et al.*, 2020).

در گربه‌ماهی تیزدندان آفریقایی (*Clarias gariepinus*) اثرات افزودن پودر قارچ سفید دکمه‌ای بر شاخص‌های رشد و خون‌شناسی توسط Harikrishnan و همکاران (۲۰۱۸) مطالعه شد. همچنین، در مطالعهٔ Hoseinifar و همکاران (۲۰۱۹) به اثرات پودر قارچ سفید دکمه‌ای بر ایمنی موکوسی و آنتی‌اکسیدانی و رشد کپور معمولی

[1] Triterpenoids
[2] White button mushroom
[3] Ergothioneine

(*Cyprinus carpio*) پرداخته شد. همین‌طور، Habib و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی اثر پودر قارچ سفید دکمه‌ای بر ایمنی و شاخص‌های خونی تیلاپیای نیل (*Oreochromis niloticus*) پرداختند. درکنار عملکرد رشد، بررسی شاخص‌های خونی و استرس در بررسی وضعیت سلامت ماهیان حائز اهمیت است (Ellis *et al.*, 2012; Esmaeili, 2021). Esmaeili (۲۰۲۱)، بررسی شاخص‌های خونی را در سلامت ماهی مهمتر از هر شاخصی عنوان نمودند.

با توجه به موارد اشاره شده و عدم وجود مطالعه‌ای در زمینهٔ اثرات قارچ سفید دکمه‌ای در آبزی‌پروری تاسماهیان، در مطالعهٔ حاضر، تأثیر قارچ سفید دکمه‌ای بر عملکرد رشد و شاخص‌های خونی و استرس در بچه تاسماهیان ایرانی جوان مورد بررسی قرار گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

۱.۲. طراحی آزمایش و شرایط پرورشی

این مطالعه در بخش آبزی‌پروری انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری واقع در جوار سد سنگر شهرستان رشت (گیلان، ایران) در طول هشت هفته انجام شد. ماهیان جوان مورد استفاده در این مطالعه از طریق تکثیر یک جفت مولد پرورشی به‌دست آمد. این ماهیان (۱۵۳ عدد) با میانگین وزنی ۰/۳۹±۴۷/۷۸ گرم پس از دو هفته سازگاری با شرایط پرورشی و تغذیه با جیرهٔ استاندارد شرکت بیومار (فرانسه) با قطر سه میلی‌متر، پروتئین ۴۷ درصد، چربی ۱۴ درصد، خاکستر ۸/۷ درصد، سلولز ۳/۸ و انرژی خام ۲۰/۸ مگاژول برکیلوگرم، به‌صورت کاملاً تصادفی در سه تیمار و سه تکرار در ۹ مخزن فایبرگلاس ۵۰۰ لیتری (با قطر و ارتفاع یک متر و حجم آبگیری ۳۰۰ لیتر) و با تراکم ۱۷ قطعه ماهی در هر مخزن توزیع شدند. تیمارهای آزمایشی شامل: تیمار شاهد: تغذیه با جیرهٔ پایهٔ بیومار در طول دوره، تیمار۱: تغذیه با جیرهٔ پایه با افزودن پودر قارچ به میزان ۰/۵ درصد و تیمار۲: تغذیه با جیرهٔ پایه با افزودن پودر قارچ به میزان ۱ درصد بود. غذادهی سه وعده در هر روز در فواصل زمانی منظم در ساعات (۸:۰۰، ۱۲:۰۰و ۱۶:۰۰) و تا حد سیری انجام شد (Darafsh *et al.*, 2020). آب مورد نیاز مخازن از آب چاه با دبی ۳/۸ لیتر در دقیقه تأمین و در هر مخزن دو سنگ هوا جهت تزریق اکسیژن قرار داده شد. کنترل شاخص‌های کیفی آب شامل دما (با استفاده از دماسنج جیوه‌ای)، اکسیژن محلول (با استفاده از اکسیژن‌متر) و اسیدیته (با استفاده از پی-اچ سنج) به‌صورت روزانه در طی دورهٔ پرورشی ثبت گردید. در طول هشت هفته، میانگین دمای آب پرورش ۱°C± ۱۷درجه سانتیگراد، اکسیژن محلول ۰/۲۰±۷/۳۰ میلی گرم در لیتر و میانگین پی‌اچ برابر با ۰/۲۲±۸/۴۲ بود.

۲.۲. ساخت جیرهٔ آزمایشی

در این مطالعه از پودر قارچ سفید (Şevik *et al.*, 2013) استفاده شد. بدین‌منظور قارچ مورد نظر پس از خریداری از بازار، تمیز شد و سپس از وسط به‌صورت طولی به قطعات نازک برش داده شدند، نمونه‌های مذکور در دمای ۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت توسط دستگاه خشک و سپس پودر شدند. پودر قارچ در سطوح ۰/۵ و یک درصد روی پلت‌های غذایی به‌صورت یکنواخت توزیع شد. در مرحلهٔ بعد هر سه جیره به‌وسیلهٔ روغن کانولا (۵۰ میلی‌لیتر به‌ازای یک کیلوگرم جیره) پوشش‌دهی شد و پس از توزین و بسته‌بندی تا زمان آزمایش در دمای ۴°C نگهداری شدند (Merrifield *et al.*, 2011).

۳.۲. سنجش شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای

پس از توزین اولیه، در طول دورهٔ آزمایش، زیست‌سنجی ماهیان در فواصل چهار هفته‌ای انجام شد. برای خالی نگه‌داشتن دستگاه گوارش، غذادهی یک روز پیش از زیست‌سنجی متوقف گردید و عملیات زیست‌سنجی به‌منظور ارزیابی تغییرات شاخص‌های وزنی و رشد شامل وزن کسب شده، افزایش وزن بدن، نرخ رشد ویژه، فاکتور وضعیت، ضریب تبدیل غذایی، بازدهی تغذیه‌ای و نرخ کارایی پروتئین توسط ترازوی دیجیتال و

تخته زیست‌سنجی به‌ترتیب با دقت ۰/۰۱ گرم و یک میلی‌متر انجام و با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند (Falahatkar, 2012):

(گرم) وزن ابتدایی – (گرم) وزن نهایی =(گرم) وزن کسب شده

=(درصد) افزایش وزن بدن
۱۰۰ × (گرم) وزن ابتدایی / (گرم) وزن کسب شده

=(روز/درصد) نرخ رشد ویژه
۱۰۰ × تعداد روزها / (وزن ابتداییLn – وزن نهاییLn)

۱۰۰ × (سانتی‌متر) طول کل / (گرم) وزن =فاکتور وضعیت

=ضریب تبدیل غذایی
(گرم) وزن کسب شده / (گرم) غذای خشک مصرفی

=نرخ کارایی پروتئین
(گرم) مقدار پروتئین مصرفی/ (گرم) وزن تر اضافه شده

۴.۲. سنجش شاخص‌های خون‌شناسی و بیوشیمیایی

در پایان دوره به‌منظور اندازه‌گیری شاخص‌های خونی از هر تیمار سه قطعه ماهی به‌صورت تصادفی انتخاب و سپس توسط پودر گل میخک با دوز ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر بیهوش شدند (Mohammadi Arani, 2006). خون‌گیری نیز از ساقهٔ دمی انجام شد.

در این مرحله بخشی از خون به‌دست آمده به میکروتیوب‌های هپارینه استریل انتقال یافت و شمارش گلبول‌های قرمز و سفید توسط لام هموسیتومتر، شمارش افتراقی گلبول‌های سفید نیز پس از تهیهٔ گسترش خونی و با استفاده از رنگ‌آمیزی با محلول گیمسا (Ghiasi *et al.*, 2010)، میزان هموگلوبین توسط روش اسپکتروفتومتری (Drabkin and Austin, 1935)، درصد هماتوکریت از روش میکروهماتوکریت و محاسبهٔ مقادیر سایر شاخص‌های مورد نظر از قبیل حجم متوسط گلبول قرمز، میانگین هموگلوبین در سلول و میانگین غلظت هموگلوبین در سلول با استفاده از فرمول‌های زیر انجام شد (Kumari and Sahoo, 2006; Hoseinifar *et al.*, 2011):

= (MCV) حجم متوسط گلبول قرمز
۱۰ × [(RBC)(×mm3106) تعداد گلبول‌های قرمز / (Hct)(٪) هماتوکریت]

= (MCH) میانگین هموگلوبین در گلبول
۱۰ × [(RBC)(×mm3106) تعداد گلبول‌های قرمز / (Hb)(g/dl) هموگلوبین]

=(MCHC) میانگین غلظت هموگلوبین در گلبول
۱۰۰ × [(Hct)(٪) هماتوکریت / (Hb)(g/dl) هموگلوبین]

قسمت دیگری از خون گرفته شده از ماهیان به میکروتیوب‌های استریل غیرهپارینه انتقال یافت و سپس با دور ۳۰۰۰ rpm به‌مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ (مدل Labofuge ساخت شرکت Heraeus Sepatch، آلمان) گردید. سپس سرم جداسازی شد و برای سنجش شاخص‌های بیوشیمیایی خون شامل گلوکز و کورتیزول در دمای ۸۰°C- نگهداری شد (Siwicki *et al.*, 1994). سطوح گلوکز سرم از طریق دستورالعمل کیت تشخیص کمی گلوکز شرکت پارس آزمون (ایران) و با استفاده از روش آنزیمی فتومتریک، انجام شد. همچنین اندازه‌گیری کورتیزول سرم به روش الایزا براساس دستورالعمل کیت شرکت مونوبایند (آمریکا) انجام شد (Olsen *et al.*, 1995).

۵.۲. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

برای بررسی سطوح معنی‌داری داده‌ها از آزمون تجزیه واریانس یک‌طرفه (One way ANOVA) به‌همراه تست توکی در سطح ۵ ٪ و به‌منظور بررسی نرمال بودن داده‌ها از آزمون کولموگروفاسمیرنوف و برای بررسی همگنی واریانس‌ها از آزمون Levene استفاده شد. کلیهٔ تجزیه و تحلیل‌های آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخهٔ ۱۶ و رسم نمودار توسط نرم‌افزار Excel نسخهٔ ۲۰۱۶ انجام شد.

۳. نتایج

۱.۳. شاخص‌های رشد و تغذیه

نتایج زیست‌سنجی ماهیان در پایان دوره پرورشی

(هشت هفته) در جدول ۱ ارائه شده است. براساس نتایج، در هیچ یک از شاخص‌های رشد تاسماهیان ایرانی جوان از قبیل ضریب تبدیل غذایی، فاکتور وضعیت و نرخ کارایی پروتئین پس از تغذیه به مدت هشت هفته با سطوح مختلف جیرهٔ حاوی پودر قارچ سفید دکمه‌ای تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای آزمایشی و گروه شاهد مشاهده نشد ($P>۰/۰۵$).

جدول ۱. مقایسهٔ میانگین (± SD) شاخص‌های رشد و تغذیه تاسماهیان ایرانی (*A. persicus*) جوان تغذیه شده با جیرهٔ حاوی دو سطح مختلف پودر قارچ سفید دکمه‌ای طی هشت هفته.

شاخص‌های رشد و تغذیه	جیره‌های آزمایشی		
	شاهد	تیمار ۱	تیمار ۲
وزن اولیه (گرم)	۴۶/۵۶±۰/۴۴	۴۸/۹۲±۰/۹۲	۴۷/۳۶±۰/۱۰
وزن نهایی(گرم)	۱۳۸/۵۱±۳/۵۸	۱۴۵/۹۰±۲/۰۵	۱۴۱/۹۸±۴/۸۰
وزن کسب شده (گرم)	۹۱/۹۴±۳/۴۳	۹۶/۹۷±۳/۰۰	۹۴/۶۱±۴/۸۱
افزایش وزن بدن (درصد)	۱۹۷/۴۳±۷/۰۸	۱۹۸/۶۱±۹/۸۸	۱۹۹/۷۶±۱۰/۲۲
نرخ رشد ویژه (درصد در روز)	۱/۹۴±۰/۰۴	۱/۹۵±۰/۰۵	۱/۹۵±۰/۰۶
فاکتور وضعیت	۰/۳۸±۰/۰۱	۰/۳۸±۰/۰۰۳	۰/۳۶±۰/۰۰۶
ضریب تبدیل غذایی	۰/۹۰±۰/۰۳	۰/۹۰±۰/۰۳	۰/۹۰±۰/۰۳
نرخ کارایی پروتئین (درصد)	۲/۷۸±۰/۰۹	۲/۷۶±۰/۱۱	۲/۷۷±۰/۱۱

تیمار ۱، جیرهٔ غذایی حاوی پنج گرم پودر قارچ دکمه‌ای سفید به‌ازای هر کیلوگرم غذا. تیمار ۲، حاوی ۱۰ گرم پودر قارچ دکمه‌ای سفید به‌ازای هر کیلوگرم غذا. اختلاف معنی‌دار آماری بین تیمارها مشاهده نشد ($P<۰/۰۵$).

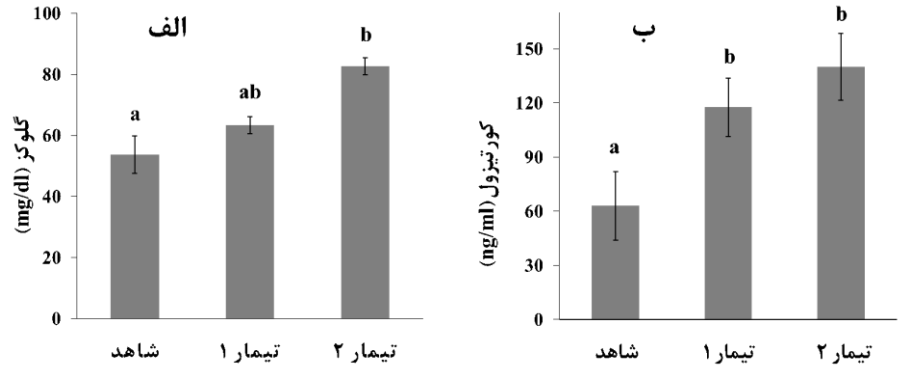
۲.۳. شاخص‌های خون‌شناسی و بیوشیمیایی

نتایج بررسی شاخص‌های خون‌شناسی و بیوشیمیایی تاسماهیان ایرانی جوان به‌ترتیب در جدول ۲ و شکل ۱ ارائه شده‌اند. این نتایج نشان داد که تعداد گلبول‌های سفید خون در تیمار ۲ در مقایسه با دیگر تیمارها کاهش معنی‌داری داشت ($P<۰/۰۵$). همچنین نتایج نشان داد که تعداد گلبول‌های قرمز در تیمار ۲ در مقایسه با تیمار آزمایشی ۱ کاهش معنی‌داری دارد ($P<۰/۰۵$)، اما تیمار ۲ با تیمار شاهد، علی‌رغم کاهش عددی، تفاوت معنی‌داری را در خصوص شاخص ذکر شده نشان نداد ($P>۰/۰۵$). به‌علاوه، افزایش معنی‌دار در تعداد سلول‌های نوتروفیل در تیمار ۱ در مقایسه با بقیهٔ تیمارها مشاهده گردید ($P<۰/۰۵$). لازم به ذکر است که در سایر شاخص‌های خونی شامل حجم متوسط گلبول قرمز، میانگین هموگلوبین در سلول، میانگین غلظت هموگلوبین در سلول، میزان هموگلوبین، درصد هماتوکریت و تعداد سلول‌های لنفوسیت و مونوسیت در خون اختلاف معنی‌دار آماری بین تیمارهای مختلف مشاهده نگردید ($P>۰/۰۵$). در نتیجه افزودن پودر قارچ سفید دکمه‌ای به جیرهٔ تاسماهی‌ایرانی میزان سطح گلوکز خون در تیمار ۲ در مقایسه با تیمار شاهد افزایش معنی‌داری نشان داد ($P<۰/۰۵$). بیشترین میزان کورتیزول سرم به‌ترتیب در تیمارهای ۲، ۱ و شاهد اندازه‌گیری شد که علی‌رغم افزایش در میزان کورتیزول در تمامی تیمارها نسبت به گروه شاهد این اختلاف‌ها از لحاظ آماری معنی‌دار نبود ($P>۰/۰۵$).

جدول ۲. مقایسهٔ میانگین (SD±میانگین) شاخص‌های خون‌شناسی تاسماهیان ایرانی (*A. persicus*) جوان تغذیه شده با جیرهٔ حاوی دو سطح مختلف پودر قارچ سفید دکمه‌ای طی هشت هفته.

شاخص‌های خون‌شناسی	جیره‌های آزمایشی		
	شاهد	تیمار ۱	تیمار ۲
گلبول سفید (تعداد ضربدر 10^3 برمیلی‌متر مکعب)	۸/۳۳±۰/۳۷۸^{a}	۸/۶۶±۱/۱۱^{a}	۵/۹۶±۰/۹۰^{b}
گلبول قرمز (تعداد ضربدر 10^5 بر میلی‌متر مکعب)	۵/۰۱±۰/۱۷^{ab}	۵/۶۰±۰/۳۶^{a}	۴/۶۳±۰/۲۲^{b}
هموگلوبین (گرم بر دسی‌لیتر)	۴/۸۳±۰/۲۵^{a}	۴/۵±۰/۳۶^{a}	۴/۴۶±۰/۲۵^{a}
هماتوکریت (درصد)	۲۵/۳۳±۲/۵۱^{a}	۲۶/۶۶±۲/۰۸^{a}	۲۳/۳۳±۱/۵۲^{a}
حجم متوسط گلبول قرمز (فمتولیتر)	۵۰۴±۳۲/۱۸^{a}	۵۰۶±۵/۲۹^{a}	۵۰۳±۱۰/۸۱^{a}
میانگین هموگلوبین در سلول (پیکوگرم در سلول)	۹۶/۲۶±۱/۶۱^{a}	۹۴/۹۳±۰/۸۷^{a}	۹۶/۳۳±۰/۸۱^{a}
میانگین غلظت هموگلوبین در سلول (گرم بردسی‌لیتر)	۰/۹۰±۱۹/۱۳^{a}	۰/۱۱±۱۸/۷۳^{a}	۰/۹۲±۱۸/۳۶^{a}
نوتروفیل (درصد)	۱۵/۶۶±۲/۸۸^{b}	۲۱/۶۶±۱/۵۲^{a}	۱۵/۶۶±۲/۰۸^{b}
لنفوسیت (درصد)	۷۸/۶۶±۳/۲۱^{a}	۷۲/۳۳±۴/۵۵^{a}	۷۹/۳۳±۱/۵۲^{a}
مونوسیت (درصد)	۴/۶۶±۰/۵۷^{a}	۵/۳۳±۲/۰۸^{a}	۴/۳۳±۰/۵۷^{a}

تیمار ۱، جیرهٔ غذایی حاوی پنج گرم پودر قارچ دکمه‌ای سفید به‌ازای هر کیلوگرم غذا. تیمار ۲، حاوی ۱۰ گرم پودر قارچ دکمه‌ای سفید به‌ازای هر کیلوگرم غذا. (حروف کوچک لاتین متفاوت در هر ردیف نشان‌دهندهٔ تفاوت معنی‌دار آماری بین تیمارها می‌باشد (P<۰/۰۵).



شکل ۱. نمودارهای الف و ب مقایسهٔ میانگین (SD±میانگین) گلوکز و کورتیزول تاسماهیان ایرانی (*A. persicus*) در بین تیمارهای مورد آزمایش حروف کوچک لاتین متفاوت در بالای ستون‌ها نشان‌دهندهٔ تفاوت معنی‌دار آماری بین تیمارها است (P<۰/۰۵).

۴. بحث

در بررسی تأثیر افزودن پودر قارچ به‌عنوان پری‌بیوتیک طبیعی اختلاف معنی‌دار آماری در شاخص‌های رشد و تغذیه‌ای بین تیمارهای آزمایشی و گروه شاهد مشاهده نگردید. در همین راستا Amiri و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که غنی‌سازی جیرهٔ ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان طی هشت هفته با سطوح ۰/۵، ۱ و ۲ درصد پودر قارچ تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های رشد تیمارها در مقایسه با گروه شاهد نداشته است. با این وجود، چندین مطالعه تأثیرات مثبت افزودن پودر قارچ سفید دکمه‌ای در جیرهٔ ماهیان را گزارش کرده‌اند. به‌عنوان مثال Hoseinifar و همکاران (۲۰۱۹) تأثیر غنی‌سازی جیرهٔ کپور معمولی با سطوح ۰/۵، یک و دو

درصد از پودر قارچ دکمه‌ای سفید را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج مطالعهٔ آن‌ها نشان داد که در گروه‌های غنی‌سازی شده وزن نهایی، وزن کسب شده و شاخص رشد ویژه به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرده است، همچنین کاهش معنی‌دار ضریب تبدیل غذایی در همهٔ تیمارها در مقایسه با گروه شاهد قابل مشاهده بود. مکانیسم اثرگذاری ترکیبات حاوی پری‌بیوتیک‌ها بر عملکرد رشد ماهیان به‌درستی مشخص نشده است، اما برخی محققان بهبود فعالیت آنزیم‌های گوارشی و ریختی روده را در بهبود شاخص‌های رشد مؤثر می‌دانند (Guerreiro *et al.*, 2018). با وجود گزارش متعددی که در مورد تأثیر مثبت ترکیبات حاوی پری‌بیوتیک بر شاخص‌های رشد و تغذیه گزارش شده است ولی در این مطالعه تغییری در شاخص‌های ذکر شده مشاهده نگردید. برخی از محققان بر این باورند که تفاوت در نتایج مطالعات می‌تواند به عوامل متعددی از جمله تفاوت در جیرهٔ پایه، نوع گونه، مدت زمان آزمایش، دوز مصرفی، نوع پری‌بیوتیک مصرفی، میزان جذب غذایی و تفاوت‌های مورفولوژیک روده و جمعیت‌های باکتریایی روده میزبان مربوط باشد (Dalmo and Bøgwald, 2008; Hoseinifar *et al.*, 2015; Dawood andKoshio, 2016).

نتایج مطالعات خون‌شناسی نشان داد که تعداد گلبول‌های سفید در تیمار ۲ در مقایسه با تیمار آزمایشی ۱ و گروه شاهد کاهش معنی‌داری داشته است. در همین راستا، Hoseinifar و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کرده‌اند که تعداد لوکوسیت و لنفوسیت در فیل ماهی که جیرهٔ حاوی سه درصد از الیگوفروکتوز را مصرف کرده است، با کاهش همراه بوده است. بسیاری از مطالعات کاهش گلبول‌های سفید در خون برخی از ماهیان از جمله قزل‌آلای رنگین‌کمان(*Oncorhynchus mykiss*)، تیلاپیای نیل و کپور علفخوار (*Ctenopharyngodon idella*) را در موارد استرس‌زا گزارش کرده‌اند (Esmaeili, 2021). از طرفی، بیشتر مطالعاتی که در مورد تأثیر پری‌بیوتیک‌ها بر ماهی‌های مختلف گزارش شده است، در اغلب ماهیان از جمله فیل‌ماهی عدم تغییر در تعداد گلبول‌های سفید را گزارش کرده‌اند (Ta'Ati *et al.*, 2011; Razeghi Mansour *et al.*, 2012)، در عین حال، تعدادی از مطالعات افزایش تعداد گلبول‌های سفید را گزارش نموده‌اند (Akbary and Jahanbakhshi, 2018; Morshedi *et al.*, 2018). برخی از محققان افزایش تعداد گلبول‌های سفید در اثر مصرف پری‌بیوتیک را به افزایش سطح ایمنی موجود نسبت داده‌اند، در حالی‌که Ebrahimi (۲۰۱۲) افزایش مقدار گلبول‌های سفید در ماهی را به استرس ناشی از غنی‌سازی جیره با ایمنوژن نسبت دادند. همچنین نتایج نشان دادند که اگرچه تعداد گلبول‌های قرمز در تیمار ۱ در مقایسه با گروه شاهد از لحاظ عددی افزایش پیدا کرده است ولی این افزایش معنی‌دار نبوده است، در عین حال بین تیمار ۱ و ۲ یعنی در سطح ۰/ ۵ و یک درصد از پودر قارچ اختلاف معنی‌دار وجود دارد. برخی گزارش‌ها افزایش گلبول قرمز و هموگلوبین را در اثر مصرف پری‌بیوتیک با افزایش رهاسازی اریتروسیت‌ها از طریق بافت‌های خونساز و یا جذب بهتر کاتیون‌های دو ظرفیتی مرتبط می‌دانند (Yar Ahmadi et al., 2014). از طرفی، مطالعات دیگر افزایش و کاهش تعداد گلبول‌های قرمز را در موارد استرس‌زا در ماهی‌ها گزارش کرده‌اند (Fazio *et al.*, 2015). همچنین، Esmaeili (۲۰۲۱) با تحلیل داده‌های تعداد زیادی از مقالات پژوهشی در مورد شاخص‌های خونی نشان داد که ماهیانی که در معرض استرس قرار گرفته‌اند در اکثر مواقع پاسخ‌های متفاوتی از قبیل کاهش، افزایش و عدم تغییر را نشان می‌دهند. با این وجود، پیشنهاد نمودند که برای فهم پاسخ گلبول‌های قرمز در شرایط استرس مطالعات بیشتری لازم است. همچنین تعداد نوتروفیل‌ها در تیمار آزمایشی ۱ در مقایسه با گروه شاهد و تیمار ۲ افزایش معنی‌داری را نشان داد. با توجه به اینکه عموماً، افزایش تعداد نوتروفیل در استرس حاد و کاهش تعداد گلبول‌های سفید در استرس مزمن گزارش می‌شود (Grzelak *et al.*, 2017).

تحقیقات تأثیر مثبت پری‌بیوتیک‌ها را در کاهش کلسترول، تری‌گلیسرید و گلوکز خون در پستانداران به‌خوبی اثبات نموده‌اند (Delzenne, 2003; Roberfroid

et al., 2010). با این وجود، گزارش‌ها در مورد تأثیر پری‌بیوتیک‌ها روی عوامل ذکر شده در ماهیان ضد و نقیض است (Guerreiro *et al.*, 2018). نتایج این تحقیق نشان داد که میزان گلوکز خون در تیمار آزمایشی ۲ به‌طور معنی‌داری بالاتر از گروه شاهد است. Guerriro و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که غنی‌سازی جیرهٔ ماهی سیم سرطلایی (*Sparus aurata*) با سطوح ۰/۱ درصد از پری‌بیوتیک فروکتوالیگوساکارید کوچک زنجیره (scFOS) در دمای ۱۸ درجهٔ سانتی‌گراد آب محیط پرورش منجر به افزایش گلوکز سرم خون خواهد گردید، در حالی‌که در دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد تغییر معنی‌داری مشاهده نگردید. در عین حال، بیشتر پژوهش‌ها درمورد تأثیر پری‌بیوتیک‌ها بر گلوکز خون، عدم تغییر و در مواردی کاهش سطح گلوکز خون را گزارش کرده‌اند. به‌طور مثال در ماهی سیم سفید (*Diplodus sargus*) و ماهی توربوت (*Scophthalmus maximus*) عدم تغییر گلوکز خون در اثر مصرف پری‌بیوتیک گزارش شده است (Guerreiro *et al.*, 2015; Guerreiro *et al.*, 2018). از طرف دیگر، میزان کورتیزول درتیمارها نسبت به گروه شاهد افزایش معنی‌دار داشته است. اثرات مثبت یک مکمل بر ماهی به عوامل مختلفی همچون گونهٔ ماهی، سن، دوز مصرفی، شرایط محیطی بستگی دارد، در غیر این‌صورت، مصرف یک مکمل، ممکن است اثرات نامطلوبی روی ماهیان داشته باشد (Guerreiro *et al.*, 2018). نتایج این مطالعه برخلاف گزارش‌ها روی کپور معمولی (Zou *et al.*, 2016)، قزل‌آلای رنگین‌کمان (Amiri *et al.*, 2018) و تیلاپیای نیل (Dawood *et al.*, 2020) بوده است. تاکنون در رابطه با اثرات مصرف پودر قارچ، در مورد ماهیان خاویاری گزارشی موجود نیست و هنوز سازوکار دقیق پودر قارچ سفید در ماهی‌ها مشخص نشده است، ولی مطالعات در مورد موجودات دیگر در این ارتباط، نشان داده است که قارچ سفید با تغییر جمعیت میکروب‌های روده می‌تواند به‌عنوان پری‌بیوتیک عمل نماید (Giannenas *et al.*, 2011; Varshney *et al.*, 2013; Hess *et al.*, 2018; Tian *et al.*, 2018). از طرفی، ارتباط بین استرس و اختلال در جمعیت میکروبی روده در ماهی‌ها گزارش شده است (Uren Webster *et al.*, 2020). با توجه به مطالب ذکر شده، شاید بتوان افزایش کورتیزول و گلوکز در مطالعهٔ حاضر را به اختلال در جمعیت میکروبی روده در اثر مصرف پودر قارچ نسبت داد. البته شناخت دقیق سازوکار آن به مطالعات بیشتری نیاز دارد. همچنین، مطالعات نشان داده‌اند که میان افزایش گلوکز خون و کورتیزول ارتباط وجود دارد (Martínez-Porchas *et al.*, 2009). که این مسئله با مطالعهٔ حاضر همسویی دارد. بنابراین شاید بتوان با توجه به نتایج خون‌شناسی در مورد تیمارهای آزمایشی ۱ و ۲، چنین استنباط نمود که پودر قارچ در سطوح ۰/۵ و یک درصد موجب استرس تغذیه‌ای در تاسماهیان ایرانی جوان شده است و سطح کوزتیزول با افزایش سطح پودر قارچ افزایش یافته است. البته شایان ذکر است که اکثر مطالعات صورت گرفته، اثرات ناشی از استرس‌های حاد را در خون‌شناسی ماهی مورد بررسی قرار داده‌اند و مطالعاتی که تأثیر استرس‌های مزمن و خفیف را در ماهی مورد بررسی قرار دهد اندک است (Grzelak *et al.*, 2017). همچنین باید خاطر نشان نمود که متأسفانه در مورد اثرات منفی مکمل تغذیه‌ای گزارش‌ها اندک است، ولی این اثرات منفی را نباید نادیده گرفت چراکه بسیاری از عوامل همچون سن، نوع گونه، شرایط محیطی، دوز مورد استفاده و غیره در ایجاد این شرایط ممکن است تأثیرگذار باشند.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این تحقیق نشان داد اگرچه اطلاعاتی مبنی بر اثرات مثبت پودر قارچ در چند گونه گزارش شده است، ولی مصرف آن در تاسماهی ایرانی جوان در طی یک دورهٔ ۸ هفته‌ای تغییرات نامطلوبی در برخی شاخص‌های خون‌شناسی و استرس ایجاد خواهد کرد. بنابراین مصرف و بهینه‌سازی دوز پودر قارچ سفید دکمه‌ای برای هر گونه با توجه نوع گونه، سن، شرایط محیطی و... متفاوت خواهد بود و تأیید اثرات مثبت آن برای هر گونه به تحقیقات دقیقی نیاز دارد. با توجه به موارد فوق، استفاده از دوزهای

۰/۵ و ۱٪ پودر قارچ سفید دکمه‌ای در تغذیه بچه تاسماهیان ایرانی توصیه نمی‌گردد.

۵. منابع

References

Akbary, P., Jahanbakhshi, A., 2018. Growth yield, survival, carcass quality, haematological, biochemical parameters and innate immune responses in the grey mullet (*Mugil cephalus* Linneaus, 1758) fingerling induced by Immunogen® prebiotic. *Journal of Applied Animal Research* 46(1), 10-16. DOI:10.1080/09712119.2016.1251927

Amiri, O., Miandare, H.K., Hoseinifar, S.H., Shabni, A., Safari, R., 2018. Skin mucus protein profile, immune parameters, immune-related gene expression, and growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed white button mushroom (*Agaricus bisporus*) powder. *International journal of medicinal mushrooms* 20(4), 337-347, DOI: 10.1615/intjmedmushrooms.2018025825

Baba, E., Uluköy, G., Öntaş, C., 2015. Effects of feed supplemented with Lentinula edodes mushroom extract on the immune response of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, and disease resistance against *Lactococcus garvieae*. *Aquaculture* 448, 476-482. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2015.04.031

Bilen, S., Ünal, S., Güvensoy, H., 2016. Effects of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) and nettle (*Urtica dioica*) methanolic extracts on immune responses and resistance to *Aeromonas hydrophila* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 454, 90-94. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2015.12.010

Dalmo, R.A., Bøgwald, J., 2008. ß-glucans as conductors of immune symphonies. *Fish & Shellfish Immunology* 25, 384-396. DOI: 10.1016/j.fsi.2008.04.008

Darafsh, F., Soltani, M., Abdolhay, H.A ,.Shamsaei Mehrejan, M., 2020. Improvement of growth performance, digestive enzymes and body composition of Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) following feeding on probiotics: *Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis* and *Saccharomyces cerevisiae*. *Aquaculture Research* 51(3), 957-964. DOI: 10.1111/are.14440

Dawood, M.A., Eweedah, N.M., El-Sharawy, M.E., Awad, S.S., Van Doan, H., Paray, B.A., 2020. Dietary white button mushroom improved the growth, immunity, antioxidative status and resistance against heat stress in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture* 523, 735229. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2020.735229

Dawood, M.A.O., Koshio, S., 2016. Recent advances in the role of probiotics and prebiotics in carp aquaculture: A review. *Aquaculture* 454, 243-251. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2015.12.033

Delzenne, N.M., 2003. Oligosaccharides: state of the art. Proceedings of the nutrition Society 62, 177-182. DOI: 10.1079/PNS2002225

Drabkin, D.L., Austin, J.H., 1935. Spectrophotometrics studies. II. preparations from washed blood cells, niric oxide hemoglobin and sulfhemoglobin. *Journal of Biological Chemistry* 112(1), 51-65. DOI: 10.1016/S0021-9258(18)74965-X

Dubost, N.J., Ou, B., Beelman, R.B., 2007. Quantification of polyphenols and ergothioneine in cultivated mushrooms and correlation to total antioxidant capacity. *Food Chemistry* 105(2), 727-735. DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.01.030

Ebrahimi, G., Ouraji, H., Khalesi, M., Sudagar, M., Barari, A., Zarei Dangesaraki, M., Jani Khalili, K., 2012. Effects of a prebiotic, Immunogen®, on feed utilization, body composition, immunity and resistance to *Aeromonas hydrophila* infection in the common carp *Cyprinus carpio* (Linnaeus) fingerlings. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 96(4), 591-599. DOI: 10.1111/j.1439-0396.2011.01182.x

Efatpanah, I., Falahatkar, B., Sajjadi, M.M., Monsef Shokri, M., 2021. Initial feeding of Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) with various live foods on growth parameters, survival, carcass analysis and fatty acids profile in adaptation to artificial feed using chironomide. *Journal of Fisheries* 74(1), 119-137. DOI: 10.22059/jfisheries.2021.315468.1215

Ellis, T., Yildiz, H.Y., López-Olmeda, J., Spedicato, M.T., Tort, L., Øverli, Ø., Martins, C.I.M., 2012. Cortisol and finfish welfare. *Fish Physiology and Biochemistry* 38(1), 163-188. DOI: 10.1007/s10695-011-9568-y

Esmaeili, M., 2021. Blood performance: a new formula for fish growth and health. *Biology* 10(12), 1236. DOI: 10.3390/biology10121236

Falahatkar, B., 2012. The metabolic effects of feeding and fasting in beluga *Huso huso*. *Marine environmental research* 82, 69-75. DOI: 10.1016/j.marenvres.2012.09.003

FAO, 2006. Report of a joint FAO/OIE/WHO Expert Consultation on antimicrobial use in aquaculture and antimicrobial resistance, Seoul, Republic of Korea, 13-16 June 2006.

Fazio, F., Ferrantelli, V., Fortino, G., Arfuso, F., Giangrosso, G., Faggio, C., 2015. The influence of acute handling stress on some blood parameters in cultured sea bream (*Sparus aurata* Linnaeus, 1758). *Italian journal of Food Safety* 4(1). DOI: 10.4081/ijfs.2015.4174

Feng, Y., Zhang, J., Wen, C., Dzah, C.S., Juliet, I.C., Duan, Y., Zhang, H., 2020. Recent advances in Agaricus bisporus polysaccharides: Extraction, purification, physicochemical characterization and bioactivities. *Process Biochemistry* 94, 39-50. DOI:10.1016/j.procbio.2020.04.010

Ghiasi, F., Mirzargar, S., Badakhshan, H., Shamsi, S., 2010. Effects of low concentration of cadmium on the level of Lysozyme in Serum, Leukocyte Count and Phagocytic Index in *Cyprinus carpio* under the Wintering Conditions. *Journal of fisheries and Aquatic Science* 5(2), 113-119. DOI: 10.3923/jfas.2010.113.119

Giannenas, I., Tsalie, E., Chronis, E., Mavridis, S., Tontis, D., Kyriazakis, I., 2011. Consumption of *Agaricus bisporus* mushroom affects the performance, intestinal microbiota composition and morphology, and antioxidant status of turkey poults. *Animal Feed Science and Technology* 165(3-4), 218-22. DOI: 10.1016/j.anifeedsci.2011.03.002

Grzelak, A.K., Davis, D.J., Caraker, S.M., Crim, M.J., Spitsbergen, J.M., Wiedmeyer, C.E., 2017. Stress leukogram induced by acute and chronic stress in zebrafish (*Danio rerio*). Comparative Medicine 67(3), 263-269.

Guerreiro, I., Enes, P., Merrifield, D., Davies, S., Oliva-Teles, A., 2015. Effects of short-chain fructooligosaccharides on growth performance and hepatic intermediary metabolism in turbot (*Scophthalmus maximus*) reared at winter and summer temperatures. *Aquaculture Nutrition* 21, 433-443. DOI: 10.1111/anu.12175

Guerreiro, I., Enes, P., Oliva-Teles, A., 2015. Effects of short-chain fructooligosaccharides (scFOS) and rearing temperature on growth performance and hepatic intermediary metabolism in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) juveniles. *Fish physiology and biochemistry* 41(5), 1333-1344. DOI: 10.1007/s10695-015-0089-y

Guerreiro, I., Oliva-Teles, A., Enes, P., 2018. Prebiotics as functional ingredients: focus on Mediterranean fish aquaculture. *Reviews in Aquaculture* 10(4), 800-832. DOI: 10.1111/raq.12201

Guerreiro, I., Serra, C., Pousão-Ferreira, P., Oliva-Teles, A., Enes, P., 2018. Prebiotics effect on growth performance, hepatic intermediary metabolism, gut microbiota and digestive enzymes of white sea bream (*Diplodus sargus*). *Aquaculture Nutrition* 24(1), 153-163. DOI: 10.1111/anu.12543

Habib, S.S., Naz, S., Khalid, S., Kanwal, R., Ameer, I., Khan, S.N.A., Rehman, A.U., Kousar, M., Khan, S.U., Nazir, N., 2021. Effect of white button mushroom (*Agaricus bisporus*) on immunity and haematological parameters of *Oreochromis niloticus*. *Pakistan Journal of Zoology* 54(2), 785-790. DOI: 10.17582/journal.pjz/20201020051009

Harikrishnan, R., Naafar, A., Musthafa, M.S., Ahamed, A., Arif, I.A., Balasundaram, C., 2018. Effect of *Agaricus bisporus* enriched diet on growth, hematology, and immune protection in *Clarias gariepinus* against *Flavobacterium columnare*. *Fish & Shellfish Immunology* 73, 245-251. DOI: 10.1016/j.fsi.2017.12.024

Hess, J., Wang, Q., Gould, T., Slavin, J., 2018. Impact of *Agaricus bisporus* Mushroom Consumption on Gut Health Markers in Healthy Adults. *Nutrients* 10(10). DOI: 10.3390/nu10101402

Hoseinifar, S.H., Esteban, M.Á., Cuesta, A., Sun, Y.-Z., 2015. Prebiotics and Fish Immune Response: A Review of Current Knowledge and Future Perspectives. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture* 23, 315-328. DOI: 10.1080/23308249.2015.1052365

Hoseinifar, S.H., Mirvaghefi, A., Merrifield, D.L., Amiri, B.M., Yelghi, S., Bastami, K.D., 2011. The study of some haematological and serum biochemical parameters of juvenile beluga (*Huso huso*) fed oligofructose. *Fish physiology and biochemistry* 37, 91-96. DOI: 10.1007/s10695-010-9420-9

Hoseinifar, S.H., Zou, H.K., Paknejad, H., Hajimoradloo, A., Van Doan, H., 2019. Effects of dietary white-button mushroom powder on mucosal immunity, antioxidant defence, and growth of common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture* 501, 448-454. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2018.12.007

Hung, S.S ,.2017. Recent advances in sturgeon nutrition. *Animal Nutrition* 3(3), 191-204. DOI: 10.1016/j.aninu.2017.05.005

Kumari, J., Sahoo, P., 2006. Dietary β-1, 3 glucan potentiates innate immunity and disease resistance of Asian catfish, *Clarias batrachus* (L.). *Journal of Fish Diseases* 29(2), 95-101. DOI: 10.1111/j.1365-2761.2006.00691.x

Martínez-Porchas, M., Martínez-Córdova, L.R., Ramos-Enriquez, R., 2009. Cortisol and glucose: reliable indicators of fish stress? Pan-*American Journal of Aquatic Sciences* 4(2), 158-178.

Merrifield, D., Bradley, G., Harper, G., Baker, R., Munn, C., Davies, S., 2011. Assessment of the effects of vegetative and lyophilized *Pediococcus acidilactici* on growth, feed utilization, intestinal colonization and health parameters of rainbow trout (O*ncorhynchus mykiss* Walbaum). *Aquaculture Nutrition* 17(1), 73-79, DOI: 10.1111/j.1365-2095.2009.00712.x

Mohammadi Arani, M., 2006. Study on Anesthetization of Persian Sturgeon (*Acipenser persicus*) Fingerlings Using Clove (*Eugenia caryophyllata*) Oil. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Researc*h 22(3), 188-192.

Morshedi, V., Agh, N., Noori, F., Jafari, F ,.Tukmechi, A., Marammazi, J., Pagheh, E., 2018. Effects of dietary xylooligosaccharide on growth and feeding performance, body composition and physiological responses of sobaity seabream (*Sparidentex hasta*) juvenile. *Aquaculture Nutrition* 24(6), 1796-1803, DOI: 10.1111/anu.12818

Olsen, Y.A., Einarsdottir, I.E., Nilssen, K.J., 1995. Metomidate anaesthesia in Atlantic salmon, Salmo salar, prevents plasma cortisol increase during stress. *Aquaculture* 134(1-2), 155-168. DOI: 10.1016/0044-8486(95)00008-P

Poorbagher, H., Hosseini, S.V., Hosseini, S.M., Aflaki, F., Regenstein, J.M., 2017. Metal accumulation in Caspian sturgeons with different feeding niches, condition factor, body size and age. *Microchemical Journal* 132, 43-48. DOI: 10.1016/j.microc.2017.01.003

Rathore, H., Prasad, S., Sharma, S., 2017. Mushroom nutraceuticals for improved nutrition and better human health: *A review*. *PharmaNutrition* 5(2), 35-46. DOI: 10.1016/j.phanu.2017.02.001

Razeghi Mansour, M., Akrami, R., Ghobadi, S., Amani Denji, K., Ezatrahimi, N., Gharaei, A., 2012. Effect of dietary mannan oligosaccharide (MOS) on growth performance, survival, body composition, and some hematological parameters in giant sturgeon juvenile (*Huso huso* Linnaeus, 1754). *Fish Physiology and Biochemistry* 38(3), 829-835. DOI: 10.1007/s10695-011-9570-4

Ringo, E., Strom, E., 1994. Microflora of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.): gastrointestinal microflora of free-living fish and effect of diet and salinity on intestinal microflora. *Aquaculture and Fisheries Management* (United Kingdom) 25(6), 623-629. DOI: 10.1111/j.1365-2109.1994.tb00726.x

Roberfroid, M., Gibson, G.R., Hoyles, L., McCartney, A.L., Rastall, R., Rowland, I., Wolvers, D., Watzl, B., Szajewska, H ,.Stahl, B., 2010. Prebiotic effects: metabolic and health benefits. *British Journal of Nutrition* 104(S2), S1-S63. DOI: 10.1017/s0007114510003363

Şevik, S., Aktaş, M., Doğan, H., Koçak, S., 2013. Mushroom drying with solar assisted heat pump system. *Energy Conversion and Management* 72, 171-178, DOI: 10.1016/j.enconman.2012.09.035

Shakouri, M., 2016. Annual report on sturgeon trade in Iran. Iran's CITES Sturgeon Management Authority. IFO, Iran, 5 p.

Siwicki, A.K., Anderson, D.P., Rumsey, G.L., 1994. Dietary intake of immunostimulants by rainbow trout affects non-specific immunity and protection against furunculosis. *Veterinary immunology and immunopathology* 41(1-2), 125-139. DOI: 10.1016/0165-2427(94)90062-0

Ta'Ati, R., Soltani, M., Bahmani, M., Zamini, A., 2011. Effects of the prebiotics Immunoster and Immunowall on growth performance of juvenile beluga (*Huso huso*). *Journal of Applied Ichthyology* 27(2), 796-798. DOI: 10.1111/j.1439-0426.2010.01664.x

Tian, Y., Nichols, R.G., Roy, P., Gui, W., Smith, P.B., Zhang, J., Lin, Y., Weaver, V., Cai, J., Patterson, A.D., Cantorna, M.T., 2018. Prebiotic effects of white button mushroom (*Agaricus bisporus*) feeding on succinate and intestinal gluconeogenesis in C57BL/6 mice. *Journal of Functional Foods* 45, 223-232. DOI: 10.1016/j.jff.2018.04.008

Tian, Y., Zeng, H., Xu, Z., Zheng, B., Lin, Y., Gan, C., Lo, Y.M., 2012. Ultrasonic-assisted extraction and antioxidant activity of polysaccharides recovered from white button mushroom (*Agaricus bisporus*). *Carbohydrate Polymers* 88(2), 522-529. DOI: 10.1016/j.carbpol.2011.12.042

Uluköy, G., Baba, E., Öntaş, C., 2016. Effect of oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*, extract on hemato-immunological parameters of Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of the World Aquaculture Society* 47(5), 676-684. DOI: 10.1111/jwas.12318

Uren Webster, T.M., Rodriguez-Barreto, D., Consuegra, S., Garcia de Leaniz, C., 2020. Cortisol-Related Signatures of Stress in the Fish Microbiome. *Frontiers in Microbiology* 11, 1621. DOI: 10.3389/fmicb.2020.01621

Varshney, J ,.Ooi, J.H., Jayarao, B.M., Albert, I., Fisher, J., Smith, R.L., Patterson, A.D., Cantorna, M.T., 2013. White Button Mushrooms Increase Microbial Diversity and Accelerate the Resolution of Citrobacter rodentium Infection in Mice. *The Journal of Nutrition* 143(4), 526-532. DOI: 10.3945/jn.112.171355

Yar Ahmadi, P., Farahmand, H., Kolangi Miandare, H., Mirvaghefi, A., Hoseinifar, S.H., 2014. The effects of dietary Immunogen® on innate immune response, immune related genes expression and disease resistance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish & Shellfish Immunology* 37(2), 209-214. DOI: 10.1016/j.fsi.2014.02.006

Zou, H.K., Hoseinifar, S.H., Miandare, H.K., Hajimoradloo, A., 2016. *Agaricus bisporus* powder improved cutaneous mucosal and serum immune parameters and up-regulated intestinal cytokines gene expression in common carp (*Cyprinus carpio*) fingerlings. *Fish & Shellfish Immunology* 58, 380-386. DOI: 10.1016/j.fsi.2016.09.050