مقاله علمی – پژوهشی:

عملکرد رشد، فراسنجه‌های خونی و پاسخ‌های ایمنی بچه تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii*) تغذیه شده با سطوح مختلف افزودنی فایتوژنیک بیوهربال

رضا طاعتی*[1]، ذبیح‌اله پژند[2]

*r.taati@gmail.com

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

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

تاریخ دریافت: بهمن ۱۴۰۲ تاریخ پذیرش: فروردین ۱۴۰۳

چکیده

این بررسی به منظور سنجش تأثیر یک افزودنی فایتوژنیک (مکمل گیاهی) در سطوح مختلف بر کارایی رشد، فراسنجه‌های خونی و واکنش‌های ایمنی تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii*) به مدت ۸ هفته انجام گرفت. بدین منظور، افزودنی فایتوژنیک بیوهربال®[1] در چهار سطح ۰، ۱، ۲ و ۳ گرم در کیلوگرم جیره در سه تکرار به جیره پایه افزوده شد. تعداد ۱۲۰ عدد تاس‌ماهی سیبری با میانگین وزنی ۰/۵۰±۵/۳۶ گرم در ۱۲ مخزن پلاستیکی گرد ۸۰ لیتری با تراکم ۱۰ ماهی در هر مخزن معرفی شدند. یافته‌ها نشان داد که وزن نهایی، طول کل نهایی، وزن کسب شده، نرخ رشد ویژه و درصد افزایش وزن بدن در ماهیان تغذیه شده با بیوهربال در سطح ۳ گرم به طور معنی‌داری بالاتر از سایر گروه‌های آزمایشی بود ($p<0/05$). در همین تیمار، ضریب تبدیل غذایی کمترین مقدار را به‌خود اختصاص داد که اختلاف معنی‌داری نشان داد ($p<0/05$). نرخ بازماندگی در همه گروه‌ها ۱۰۰ درصد بود. اختلاف معنی‌داری ($p<0/05$) در فراسنجه‌های خونی و ایمنی ثبت گردید. تعداد گلبول‌های قرمز، مقادیر هماتوکریت، هموگلوبین و متوسط حجم گلبول قرمز (MCV) در ماهیان تغذیه شده با مکمل بیوهربال در سطح ۲ گرم و تعداد گلبول‌های سفید، درصد لنفوسیت، مقادیر لیزوزیم و IgM در سطح ۳ گرم بیوهربال اختلاف معنی‌داری نشان دادند ($p<0/05$). به طور کلی، با توجه به داده‌های حاصل، می‌توان اذعان کرد که افزودنی فایتوژنیک بیوهربال در سطح ۳ گرم قادر است باعث ارتقاء کارایی تغذیه و بهبود فراسنجه‌های خونی و تقویت سیستم ایمنی در تاس‌ماهی سیبری شود.

لغات کلیدی: مکمل گیاهی، خون، رشد، تاس‌ماهی سیبری

*نویسنده مسئول

Copyright: © 2023 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

[1] Phytogenic Bioherbal

مقدمه

در میان ۲۷ گونه از ماهیان خاویاری، تاس‌ماهی سیبری یکی از بهترین گونه‌ها برای آبزی‌پروری به دلیل رشد سریع، سازگاری با شرایط پرورشی و مقاومت در برابر عوامل استرس‌زاست (Falahatkar *et al*., 2014). تاس‌ماهی سیبری را می‌توان به صورت تک‌گونه‌ای در کانال‌های دراز، مخازن دایره‌ای، حوضچه‌های مصنوعی، سیستم‌های بازچرخش آب، قفس‌ها و حوضچه‌های خاکی تحت شرایط اقلیم معتدل پرورش داد (Adamek *et al*., 2007; Williot *et al*., 2018). میانگین زمان لازم برای تولید گوشت ۳-۲ سال و برای استحصال خاویار ۵-۴ سال است (Falahatkar *et al*., 2014). ماده‌ها در شرایط رشد و نمو بهینه سال‌ها در استخرهای پرورشی باقی می‌مانند و نرها برای تولید گوشت پرورش می‌یابند. این ماهی به‌راحتی می‌تواند با رژیم‌های غذایی فرموله سازگار شود (Falahatkar, 2018).

پایش عملکرد رشد و کنترل انواع بیماری مهم‌ترین اولویت در آبزی‌پروری هستند. مشکلاتی نظیر افزایش استرس، کاهش اکسیژن محلول در آب و افزایش آمونیاک در پرورش متراکم آبزیان به‌چشم می‌خورد که احتمال مواجه‌شدن آن‌ها با عوامل بیماری‌زا را افزایش می‌دهد و این شرایط برای سلامت ماهیان مخاطره‌آمیز است (Talpur, 2014). با توجه به شیوع انواع بیماری‌ها در صنعت آبزی‌پروری، وخامت وضعیت محیط‌زیست ناشی از درمان‌های دارویی انجام شده و باقی ماندن داروها و آنتی‌بیوتیک در گوشت ماهیان سبب شده که دولت استفاده فزاینده از مواد شیمیایی و آنتی‌بیوتیک‌ها را محدود نموده است. از دهه ۱۹۹۰، نقش مکمل‌ها و داروهای گیاهی به عنوان افزودنی خوراک آبزیان برای پیشگیری و درمان بیماری‌ها توجه تحقیقاتی را به‌خود جلب کرده است (Krishnaveni *et al*., 2013; Valladao *et al*., 2015). فایتوژنیک ترکیب گیاهی است که از ریشه، برگ و میوه گیاهان به‌دست می‌آید و جهت بهبود تغذیه در موجودات پرورشی استفاده می‌شود. در بسیاری از آبزیان، فایتوژنیک‌ها سبب افزایش وزن، کارایی غذا و مقاومت در برابر طیف گسترده‌ای از بیماری‌ها و شرایط نامساعد محیطی شده‌اند (Yang *et al*., 2015; Vallejos-Vidal *et al*., 2016; Poolsawat *et al*., 2022). اشکال گوناگون اسانس، عصاره و پودر فایتوژنیک به دلیل دسترسی آسان، ارزان بودن، فقدان اثرات مخرب زیست‌محیطی و قابلیت تجزیه در محیط، بسیار مورد توجه قرار گرفته و این احتمال بسیار ضعیف است که منجر به مقاومت دارویی شوند. علاوه‌براین، برخی از ترکیبات مکمل‌های گیاهی دارای خاصیت طعم‌زایی، اشتهاآوری، حذف بو و طعم ناخوشایند هستند (Gabor *et al*., 2010; Van Hai, 2015) و اثرات ضد باکتریایی و ضد ویروسی دارند (Reverter *et al*., 2017). از سوی دیگر، اثرات تقویت‌کننده سیستم ایمنی می‌تواند به طور قابل‌توجهی مقاومت جانوران را به بیماری را افزایش دهند و واکنش‌های ایمنی را بهبود بخشند (Galina *et al*., 2009; Zhu, 2020; Poolsawat *et al*., 2022). مکمل‌های گیاهی حاوی مواد مؤثر مانند گلیکوزید، اسیدهای آلی، پلی‌ساکارید، آلکالوئید، تانن و فلاونوئید هستند (Pan *et al*., 2011). این مواد فعال ارتباط نزدیکی با عملکرد سیستم ایمنی و سوخت و ساز آبزیان دارند. از آن جایی‌که این مکمل‌ها محصولات طبیعی بوده، پذیرش آنها برای جانوران آسان است. بنابراین، افزودنی‌های گیاهی به‌تدریج جایگزین داروهای شیمیایی و هورمون‌ها شده و محصولات کشاورزی را برای مصرف انسان ایمن‌تر کرده‌اند (Zhu, 2020).

افزودنی فایتوژنیک بیوهربال ترکیب کاملاً گیاهی است که محرک رشد است و باعث هضم بهتر و جذب بیشتر غذا می‌شود، تولید را افزایش می‌دهد و کاهش تلفات را در زمان بیماری به‌دنبال دارد. این ماده حاوی ترکیبات اصلی شامل سیر، آویشن، دارچین و مقادیر کم گشنیز و زیره سبز است. اسانس‌های موجود در این مکمل گیاهی، دستگاه گوارش را ضد عفونی می‌کند و باعث افزایش ترشح آنزیم‌ها می‌گردند، در نتیجه بازده جذب و تجمع مواد مغذی را در بافت‌ها تقویت می‌کنند (Akbary and Negahdari Cherei *et al*., 2011; Jafareigi, 2016). گیاه سیر (*Allium sativum*) سرشار از اسید فولیک، ویتامین C، کلسیم، آهن، منیزیم، پتاسیم، روی و ویتامین‌های گروه B است. ترکیب اکسیددی‌آلیل‌دی‌سولفید در سیر خاصیت ضد باکتریایی و ضد قارچی بسیار قوی دارد. سیر حاوی ترکیبات

گوگردی است که دستگاه ایمنی بدن را تحریک می‌کند. همچنین حاوی آنتی‌بیوتیک طبیعی آلیسین است که نقش به‌سزایی در از بین بردن باکتری‌ها دارد (Talpur and Ikhwanuddin, 2012; Hussein *et al*., 2013). گیاه دارویی آویشن (*Thymus vulgaris*) از معروف‌ترین گیاهان تیره نعنا بوده که دارای مقادیر زیادی از ترکیبات فنولی نظیر تیمول (۴۰ درصد)، کارواکرول و ترکیبات غیرفنلی مثل پاراسیمن است. اثر ضد باکتریایی و ضد اکسیداسیون آن در جانوران مختلف گزارش شده است (Kostaki *et al*., 2009; Alcicek, 2011; Dorojan *et al*., 2015). گیاه دارچین (*Cinnammum zeylanicm*) از خانواده برگ بوها و بومی هند و سریلانکا بوده و حاوی کلسیم، قند، ویتامین‌های C و K و مواد معدنی آهن، روی و منگنز است. به علت داشتن ترکیبات اوژنول، کاریونیلن، سینئول و سینام آلدئید خاصیت آنتی‌اکسیدانی، ضد میکروبی و ضد قارچی دارد (Pandey *et al*., 2020). اثرات فایتوژنیک‌های حاوی ترکیبات مشابه تحقیق حاضر به صورت انفرادی و ترکیبی در ماهیانی نظیر باس دریایی (*Lates calcarifer*) (Talpur and Ikhwanuddin, 2012)، گرین‌ترور (*Andinocara rivulatus*) (Roozi *et al*., 2013)، کپور معمولی (*Cyprinus carpio*) (Sadeghian *et al*., 2016; Bertina and Chelehmal Dezfoolinezhad, 2017; Karimi Pashaki *et al*., 2018; Ahmadifar *et al*., 2018)، کفال خاکستری (*Mugil cephalus*) (Akbary and Negahdari Jafarbeigi, 2016, 2023)، تاس‌ماهی سیبری (Yegane Rastekenari *et al*., 2017)، فیل‌ماهی (*Huso huso*) (Chitsaz *et al*., 2018) و قزل‌آلای رنگین‌کمان (*Oncorhynchus mykiss*) (Azizi *et al*., 2016; Ramezani *et al*., 2019; Fattahi *et al*., 2021) گزارش شده است. در اکثر ماهیان مذکور ترکیبات گیاهی تأثیر مثبتی بر رشد و بهبود شاخص‌های خونی و ایمنی داشتند. با وجود این، اطلاعات درخصوص اثرات ترکیبی مکمل‌های گیاهی در مورد تاس‌ماهی سیبری محدود هستند. لذا، هدف از این مطالعه ارزیابی رشد، فراسنجه‌های خونی و واکنش‌های ایمنی اختصاصی و غیراختصاصی تاس‌ماهی سیبری تغذیه شده با سطوح مختلف افزودنی فایتوژنیک بیوهربال است.

مواد و روش کار

طراحی آزمایش

تعداد ۱۲۰ بچه تاس‌ماهی سیبری با میانگین وزنی ۵/۳۶±۰/۵۰ گرم و طول‌کل ۸/۲۲±۱/۳ سانتی‌متر انتخاب شده و با تراکم ۱۰ ماهی (Mohseni and Malekpour, 2018; Taati *et al*., 2022) در هر مخزن به ۱۲ مخزن گرد پلاستیکی ۸۰ لیتری تجهیز شده به سیستم هواده مرکزی با استفاده از آب چاه (پس از عبور از برج هواده) با دبی یک لیتر در دقیقه توزیع شدند. بچه‌ماهیان به مدت دو هفته با جیره پایه و محیط جدید پرورشی سازگار شدند. میانگین وزنی تیمارها در شروع تحقیق، تفاوت معنی‌داری نداشت. این تحقیق در قالب طرح کاملاً تصادفی و در چهار تیمار آزمایشی با سه تکرار در انستیتو تحقیقات بین‌المللی ماهیان خاویاری اجرا گردید. افزودنی بیوهربال (شرکت پارس ایمن دارو، تهران، ایران) در مقادیر صفر (شاهد- بدون مکمل)، ۱، ۲ و ۳ گرم در کیلوگرم به جیره پایه اضافه گردید. در طول دوره پرورش، میانگین دمای آب، اکسیژن محلول و pH به‌ترتیب برابر با ۲۵/۱۷±۱/۶۶ درجه سانتی‌گراد، ۶/۵۹±۰/۶۷ میلی‌گرم در لیتر و ۸/۰۴ ±۰/۲۳ بودند. تنظیم دوره نوری در ۱۴ ساعت روشنایی و ۱۰ ساعت تاریکی انجام گرفت. سطح مخازن برای جلوگیری از خروج ماهیان با توری پوشانده شد.

تهیه جیره‌های غذایی و غذادهی

جیره پایه طبق فرمولاسیون غذایی پیشنهادی Mohseni و Malekpour (۲۰۱۸) تنظیم گردید. ترکیبات و تجزیه تقریبی جیره پایه براساس استاندارد (AOAC, 2016) در جدول ۱ ارائه شده است. پس از توزین مواد خام پر حجم باهم و سپس ترکیب با مواد کم حجم جیره، ترکیب به‌وسیله همزن برقی به صورت همگن درآمد. سپس پودر مکمل گیاهی بیوهربال در مقادیر مذکور به جیره اضافه گردید. پس از افزودن آب به ترکیب و تشکیل خمیر، مخلوط از چرخ‌گوشت عبور داده شد تا غذا به پلت‌های استوانه‌ای

تبدیل گردد. پلت‌ها در خشک‌کن در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند. در نهایت، پلت‌ها در پلاستیک‌های زیپ‌کیپ غیر قابل نفوذ بسته‌بندی و در دمای ۱۸- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. غذا با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم توزین و در مخازن پخش گردید. ماهیان در چهار وعده (۸ صبح، ۱۲ ظهر، ۱۶ عصر و ۲۰ شب) طی مدت ۸ هفته و براساس میزان اشتها و در حد سیری ظاهری تغذیه شدند. جهت تخلیه غذاهای باقیمانده و مدفوع ماهیان سیفون کف مخازن روزانه انجام گرفت.

جدول ۱: ترکیبات و تجزیه تقریبی جیره غذایی مورد استفاده در تغذیه تاس‌ماهی سیبری

Table 1: Feed ingredients and proximate analysis of diets used in feeding of *A.baerii*

Ingredients	Values (%)
Kilka fishmeal	40
Hydrolyzed protein	16
Soybean meal	5
Wheat flour	5
Meat meal	8
Corn meal	2.5
Dry milk	10
Sunflower oil	10
Vitamin premix	1.5
Mineral premix	1.5
Salt	0.5
Proximate Analysis (% dry matter)	
Protein	43.65
Lipid	17.45
Ash	6.31
Fiber	1.52
Moisture	8.13
Gross Energy (MJ/Kg)	19.13

ارزیابی وضعیت رشد

اندازه‌گیری وزن و طول کل ماهیان با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت گرم و خط‌کش مدرج با دقت میلی‌متر در شروع و پایان دوره تغذیه، صورت گرفت. فراسنجه‌های رشد براساس روابط ذیل محاسبه شدند (Tacon, 1987):

$$\text{Weight gain (g)} = W_2 - W_1$$

$$\text{Body Weight Increase (\%)} = [WG/ W_1] \times 100$$

$$\text{Specific Growth Rate (\%/day)} = 100 \times [\text{Ln } W_2 - \text{Ln } W_1/t]$$

$$\text{Feed Conversion Ratio} = \text{Feed Consumption} / \text{Weight Gain}$$

$$\text{Condition Factor (\%)} = 100 \times (W_2/ L_2^3)$$

W_1: وزن اولیه (گرم)، W_2: وزن نهایی (گرم)، Ln: لگاریتم نپرین، L_2: طول‌کل نهایی (سانتی‌متر)، t: مدت زمان پرورش (روز)،Feed Consumption : غذای مصرفی (گرم)، Weight Gain: وزن کسب شده

روش خون‌گیری از ماهیان

در پایان دوره آزمایش، نمونه‌برداری از خون ماهیان به صورت تصادفی از هر تکرار یک ماهی (۳ عدد از هر تیمار) انجام شد. ماهیان یک روز قبل از خون‌گیری قطع غذا شدند. با استفاده از سرنگ هپارینه ۲ میلی‌لیتری از رگ ساقه دمی پشت باله مخرجی خون‌گیری انجام شد. مقادیر ۰/۵ و ۱ میلی‌لیتر از خون به‌ترتیب به اپندورف‌های هپارینه و غیرهپارینه ریخته شد تا متغیرهای خونی و ایمنی اندازه‌گیری شوند. مقادیر هماتوکریت با روش میکروهماتوکریت و غلظت هموگلوبین با روش سیان‌مت هموگلوبین تعیین شدند. شمارش گلبول‌های قرمز و سفید خون با استفاده از لام هموسیتومتر صورت گرفت. پس از تهیه گسترش خونی، شمارش افتراقی گلبول‌های سفید براساس درصد لنفوسیت، ائوزینوفیل، نوتروفیل و مونوسیت انجام شد (Klontz, 1994). پارامترهای متوسط حجم گلبول قرمز (MCV)، متوسط هموگلوبین گلبول قرمز (MCH) و متوسط غلظت هموگلوبین سلولی (MCHC) طبق فرمول‌های ذیل اندازه‌گیری شدند:

$$MCV\ (fL) = (\text{Hematocrit} \times 10) / RBC$$

$$MCH\ (pg) = (\text{Hemoglobin} \times 10) / RBC$$

$$MCHC\ (\%) = (\text{Hemoglobin} \times 100) / \text{Hematocrit}$$

مقادیر ایمونوگلوبولین M (IgM) مطابق با روش پیشنهادی Yamamoto و Yonemasu (۱۹۹۹) اندازه‌گیری شد. به طور خلاصه، IgM با آنتی‌بادی‌های پلی‌کلونال محلول تامپون واکنش داد و رنگ ترکیب کدر شد. بین کدورت و IgMرابطه مستقیم وجود داشت و شدت کدورت به‌وسیله اسپکتروفتومتر در طول موج ۳۴۰ نانومتر اندازه‌گیری گردید. برای سنجش لیزوزیم از روش کدورت سنجی استفاده شد (Ellis, 1990). در آغاز، ۱/۷۵ میلی‌لیتر سوسپانسیون *Micrococcus lysodeicticus* با غلظت ۰/۲ میلی‌گرم در میلی‌لیتر به بافر ۰/۰۲ مولار سیترات سدیم اضافه و متعاقب آن با ۲۵۰ میکرولیتر سرم مخلوط شد. در ادامه، میزان جذب نور نمونه‌ها در فواصل ۳۰ ثانیه‌ای در طول‌موج ۴۵۰ نانومتر به مدت زمان ۵ دقیقه به‌وسیله الایزا خوانده شد.

روش تجزیه‌وتحلیل آماری داده‌ها

با کاربرد آزمون‌های کولموگروف-اسمیرنوف و لِوِن داده‌ها نرمال و همگن بودند. از آزمون تجزیه واریانس یک طرفه برای یافتن اختلافات معنی‌دار در فراسنجه‌های رشد، خون و ایمنی استفاده شد. آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح اطمینان ۹۵ درصد جهت مقایسه میانگین داده‌ها بین تیمارهای تغذیه‌ای به کار رفت. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS نسخه ۲۶ انجام گرفت. نتایج به‌صورت میانگین± انحراف معیار ارائه شدند.

نتایج

پس از پایان ۸ هفته تغذیه، برای تعیین عملکرد رشد زیست‌سنجی ماهیان انجام گرفت (جدول ۲). پارامترهای وزن نهایی، طول کل نهایی، وزن کسب شده، درصد افزایش وزن بدن و نرخ رشد ویژه در ماهیان تغذیه شده با افزودنی گیاهی بیوهربال در سطح ۳ گرم به طور معنی‌داری بالاتر ($p<۰/۰۵$) از سایر گروه‌های آزمایشی بود. کمترین ($p<۰/۰۵$) ضریب تبدیل غذایی در همین تیمار ثبت گردید که اختلاف معنی‌داری را نشان داد. افزایش معنی‌داری در ضریب چاقی ماهیان تغذیه شده با مکمل بیوهربال در سطوح ۳ و ۱ گرم در مقایسه با تیمارهای شاهد و ۲ گرم بیوهربال مشاهده شد ($p<۰/۰۵$). نرخ بازماندگی در همه تیمارهای تغذیه‌ای ۱۰۰ درصد بود.

جدول ۲: مقایسه شاخص‌های رشد تاس‌ماهی سیبری در تیمارهای تغذیه‌ای طی مدت ۸ هفته (میانگین ± انحراف معیار؛ n=۳)

Table 2: Comparison of growth indices of *A.baerii* in dietary treatments during 8 weeks (Mean ± SD; n=3)

Parameters	Bioherbal Levels (g/kg)			
	0	1	2	3
Initial weight (g)	5.27±0.25	5.06±0.36	5.98±0.16	5.15±0.35
Final weight (g)	18.56±2.26^{a}	19.50±0.08^{a}	19.84±0.45^{a}	25.26±0.66^{b}
Final length (cm)	19.00±0.73^{a}	18.54±0.43^{a}	18.38±0.24^{a}	21.22±0.52^{b}
WG (g)	13.29±2.01^{a}	14.44±0.44^{a}	13.85±0.28^{a}	20.11±0.31^{b}
BWI (%)	250.94±26.23^{ab}	287.45±29.15^{b}	231.54±1.62^{a}	391.89±20.61^{c}
SGR (% /day)	2.16±0.13^{ab}	2.33±0.13^{b}	2.06±0.00^{a}	2.75±0.07^{c}
FCR	1.63±0.17^{bc}	1.42±0.14^{b}	1.75±0.01^{c}	1.03±0.05^{a}
CF (%)	0.27±0.00^{a}	0.31±0.02^{b}	0.27±0.01^{a}	0.32±0.00^{b}

Means in the same row with different superscripts are significantly different ($p<0.05$).

در جدول ۳ نتایج فراسنجه‌های خونی تاس‌ماهی سیبری در پایان هفته هشتم تغذیه ارائه شده است. مقادیر هماتوکریت، هموگلوبین، تعداد گلبول‌های قرمز و متوسط حجم گلبول قرمز (MCV) در ماهیان تغذیه شده با مکمل بیوهربال در سطح ۲ گرم به طور معنی‌داری بالاتر از سایر گروه‌های تغذیه‌ای بود ($p<۰/۰۵$). از سوی دیگر، ماهیان تغذیه شده با بیوهربال در سطح ۳ گرم ($p<۰/۰۵$) تعداد گلبول‌های سفید بیشتر و درصد لنفوسیت بالاتری را نسبت به سایر تیمارها به‌خود اختصاص دادند. کمترین تعداد مونوسیت در تیمار ۳ گرم بیوهربال ثبت گردید ($p<۰/۰۵$). اختلاف معنی‌داری در تعداد ائوزینوفیل بین تیمارها مشاهده نشد ($p>۰/۰۵$).

جدول ۳: مقایسه فراسنجه‌های خونی تاس‌ماهی سیبری در تیمارهای تغذیه‌ای طی مدت ۸ هفته (میانگین ± انحراف معیار؛ n=۳)

Table 3: Comparison of hematological parameters of *A.baerii* in dietary treatments during 8 weeks (Mean ± SD; n=3)

Parameters	Bioherbal Levels (g/kg)			
	0	1	2	3
Hb (g/dL)	5.00±0.10^{b}	4.76±0.05^{a}	5.83± 0.05^{d}	5.63±0.15^{c}
Hct (%)	24.33±0.58^{a}	23.33±0.57^{a}	29.33±0.58^{c}	27.67±0.59^{b}
RBC ($\times10^{6}$ mm^{3})	0.58±0.009^{a}	0.56±0.01^{a}	0.66±0.007^{c}	0.63±0.002^{b}
WBC ($\times10^{3}$ mm^{3})	9.35±0.15^{b}	9.00±0.10^{a}	9.63±0.05^{b}	11.16±0.25^{c}
MCV (fL)	418.33±5.03^{a}	414.00±4.00^{a}	442.67±4.04^{b}	437.00±7.81^{b}
MCH (pg)	85.65±0.58^{ab}	84.67±2.08^{a}	87.69±0.60^{bc}	88.62±2.11^{c}
MCHC (%)	20.53±0.23^{b}	20.40±0.40^{ab}	19.86±0.23^{a}	20.37±0.40^{ab}
Lymphocyte (%)	71.67±1.52^{a}	76.33±2.08^{b}	77.00±3.00^{b}	82.33±1.53^{c}
Neutrophil (%)	22.66±2.08^{c}	15.00±1.00^{a}	17.66±0.58^{b}	15.00±1.00^{a}
Monocyte (%)	5.00±1.00^{b}	4.33±0.57^{b}	4.33±1.52^{b}	2.33±0.57^{a}
Eosinophil (%)	0.66±0.57^{a}	1.00±0.00^{a}	1.00±1.00^{a}	0.33±0.57^{a}

Means in the same row with different superscripts are significantly different (p<0.05).

در جدول ۴، نتایج واکنش‌های ایمنی اختصاصی و غیراختصاصی تاس‌ماهی سیبری پس از تغذیه با جیره‌های مختلف ارائه شده است. در ماهیان تغذیه شده با افزودنی بیوهربال در سطوح ۲ و ۳ گرم مقادیر لیزوزیم اختلاف معنی‌داری را نسبت به سایر گروه‌های آزمایشی نشان دادند (p<۰/۰۵) که در این میان، میزان لیزوزیم در سطح ۳ گرم بیوهربال بیشترین بود (p<۰/۰۵). همچنین غلظت IgM در سطوح ۳ و ۲ به‌ترتیب بالاترین مقدار را ثبت نمود که با سطوح ۱ گرم بیوهربال و شاهد تفاوت معنی‌داری داشت (p<۰/۰۵).

جدول ۴: مقایسه شاخص‌های ایمنی تاس‌ماهی سیبری در تیمارهای تغذیه‌ای طی مدت ۸ هفته (میانگین ± انحراف معیار؛ n=۳)

Table 4: Comparison of immune indices of *A.baerii* in dietary treatments during 8 weeks (Mean ± SD; n=3)

Parameters	Bioherbal Levels (g/kg)			
	0	1	2	3
Lysozyme (mL/µg)	18.00±3.00^{a}	17.00±1.00^{a}	24.33±0.58^{b}	35.66±1.52^{c}
IgM (dL/mg)	23.00±1.00^{a}	22.33±0.57^{a}	37.00±1.00^{b}	39.66±2.51^{b}

Means in the same row with different superscripts are significantly different (p<0.05).

بحث

میزان بار مواد آلی در پرورش متراکم و فوق‌متراکم بیشتر بوده و خطر احتمال بروز انواع بیماری بسیار زیاد است. با توجه به ممنوعیت کاربرد آنتی‌بیوتیک‌ها در آبزی‌پروری، اهمیت افزودنی‌های غذایی و مکمل‌های ایمنی با منشاء گیاهی روزبه‌روز مورد تأکید بیشتری قرار گرفته است. پژوهش‌های اجرا شده مؤید این مطلب است که محرک‌های گیاهی نقش تأثیرگذاری بر رشد، شاخص‌های خونی و ایمنی آبزیان دارند (Yang *et al*., 2015; Zhu, 2020).

در مطالعه حاضر، رفتار غیرعادی، علائمی از بیماری و تلفات در تیمارهای غذایی رؤیت نشد. عملکرد رشد در ماهیانی که سطح ۳ گرم بیوهربال را دریافت نمودند، بهتر از سایر تیمارهای تغذیه‌ای بود (p<۰/۰۵). Akbary و Negahdari Jafarbeigi (۲۰۱۶) با افزودن بیوهربال در سطوح ۰، ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ گرم به جیره ماهی کفال به این نتیجه رسیدند که بالاترین وزن نهایی، میزان رشد روزانه، بازده مصرف و تولید پروتئین، میزان غذای دریافتی، میزان پروتئین لاشه و بازده مصرف چربی در تیمار ۱۵ گرم بیوهربال مشاهده شد که با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری داشت که با نتایج تحقیق حاضر، هم‌خوانی داشت. در همین راستا، تاس‌ماهی سیبری تغذیه شده با مقادیر ۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ درصد پودر سیر، افزایشی را در عملکرد رشد در

سطوح ۰/۵ و ۱ درصد نشان داد. مطلوب‌ترین ضریب تبدیل غذایی در سطح ۱ درصد پودر سیر ثبت شد (Yegane Rastekenari *et al*., 2017). در مطالعه Sadeghian و همکاران (۲۰۱۶) با افزودن آویشن و ویتامین E (انفرادی و ترکیبی) به جیره‌غذایی ماهی کپور معمولی، گزارش گردید که بالاترین نرخ رشد ویژه، کارایی تغذیه، کارایی پروتئین و بهترین ضریب تبدیل غذایی در تیمار آویشن مشاهده شد. از سوی دیگر، اثر پودر دارچین در سطوح ۱، ۳، ۶ و ۱۲ گرم شاخص‌های رشد را در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان ارتقاء داد و باعث کاهش معنی‌دار ضریب تبدیل غذایی نسبت به گروه شاهد شد (Fattahi *et al*., 2021). در تضاد با مطالعه حاضر، تفاوت معنی‌داری در پارامترهای رشد ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان و کپور معمولی تغذیه شده با سطوح متفاوت آویشن و سیر گزارش نگردید (Azizi *et al*., 2016; Karimi Pashaki *et al*., 2018). ترکیبات گیاهی در افزایش ترشح آنزیم‌های گوارشی و بهبود هضم مؤثرند، سطح جذب مواد مغذی را بالا می‌برند، از واکنش‌های اکسیداسیون جلوگیری می‌کنند، جمعیت میکروفلور روده را تثبت می‌کنند، مانع از رشد عوامل بیماری‌زا در دستگاه گوارش شده و موجب افزایش ایمنی می‌شوند (Zeng *et al*., 2015). در مطالعه Chitsaz و همکاران (۲۰۱۸) سیر عامل اشتهاآور و محرک آنزیم‌های گوارشی بوده و سبب بهبود عملکرد رشد فیل‌ماهی شده است. افزودن ترکیبات گیاهی به جیره غذایی باعث کاهش آمین‌های زیستی می‌شود. حضور آمین‌های زیستی در روده نامطلوب بوده، چون برای موجود سمی هستند. از سوی دیگر، این ترکیبات تولیدی از دکربوکسیلاسیون اسیدهای‌آمینه لیزینن و تریپتوفان هستند که در نهایت کمبود این اسیدهای‌آمینه تشدید می‌شود (Ganguly, 2013). در دستگاه گوارش، ترکیبات گیاهی با کاهش تخمیر میکروبی باعث دسترسی بیشتر به موادمغذی می‌شود و با تغییر جمعیت میکروبی، ریخت‌شناسی بافت نظیر طول پرزها و عمق آنها بهبود می‌یابد (Cho *et al*., 2014).

در تغییر مقادیر فراسنجه‌های خونی نوع تغذیه، مکمل‌های غذایی، آلودگی، فصل، نوسانات دمایی، سن، جنسیت، بیماری و استرس می‌توانند مؤثر واقع شوند (Sowunmi, 2003). در مطالعه حاضر، تعداد گلبول‌های سفید در ماهیان تغذیه شده با سطوح ۲ و ۳ گرم بیوهربال افزایشی نسبت به سایر گروه‌های آزمایشی داشت که این افزایش در سطح ۳ گرم معنی‌دار بود. گلبول‌های سفید قادرند، واکنش‌های ایمنی سلولی و غیراختصاصی (ذاتی) را در ماهیان تحریک کنند. در ماهیان ایمنی ذاتی مکانیسم دفاعی محسوب می‌شود و تعداد گلبول‌های سفید و ترکیب افتراقی آن می‌تواند نشانه‌ای از وجود یا فقدان عفونت و نوع واکنش بدن آبزی باشد (Harikrishnan *et al*., 2011). در مطالعه حاضر، ماهیان تغذیه شده با هر سه سطح بیوهربال، افزایش معنی‌داری در تعداد لنفوسیت در مقایسه با شاهد داشتند. لنفوسیت‌ها قادرند، پادتن و سلول‌های دفاع اختصاصی تولید کنند. همچنین قابلیت بیگانه‌خواری دارند و افزایش جمعیت آنها می‌تواند سبب تقویت سیستم ایمنی گردد (Roberts, 2012). در مطالعه Roozi و همکاران (۲۰۱۳) کاربرد سطوح ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳ و ۱ درصد پودر دارچین در جیره ماهی گرین‌ترور نشان داد که سطح ۱ درصد دارچین اختلاف معنی‌داری را در تعداد گلبول‌های سفید و درصد لنفوسیت با گروه شاهد داشت. اثر دارچین در بروز پاسخ‌های ایمنی نظیر بیگانه‌خواری به دلیل تحریک اندام تولیدکننده گلبول‌های سفید است (Ahmad *et al*., 2011). در همین راستا، افزایشی (p<۰/۰۵) در گلبول‌های سفید و درصد لنفوسیت به‌ترتیب در قزل‌آلای‌رنگین‌کمان (Azizi *et al*., 2016)، کپور معمولی (Karimi Pashaki *et al*., 2018) و قزل‌آلای‌رنگین‌کمان (Fattahi *et al*., 2021) تغذیه شده با آویشن، سیر و دارچین گزارش شد. در مغایرت با این داده‌ها، در مطالعه Ramezani و همکاران (۲۰۱۹) مخلوط گیاهان دارویی (شیرین بیان، یونجه، گل همیشه بهار، سنجد، آویشن و سیر) تأثیری بر گلبول‌های سفید و لنفوسیت ماهیان قزل‌آلای رنگین‌کمان نداشت. در مطالعه حاضر، بالاترین (p<۰/۰۵) مقادیر هموگلوبین، هماتوکریت و بیشترین تعداد گلبول‌های قرمز در ماهیان تغذیه شده با سطح ۲ گرم بیوهربال مشاهده شد که هم‌سو با نتایج به‌دست آمده از تأثیر دارچین بر ماهی گرین‌ترور است (Roozi *et al*., 2013). افزایشی در مقادیر هموگلوبین، هماتوکریت و تعداد گلبول‌های قرمز در ماهیان قزل‌آلای

تغذیه شده با مخلوط گیاهان دارویی حاوی آویشن و سیر ثبت گردید (Ramezani *et al*., 2019) که با نتایج مطالعه حاضر هم‌خوانی داشت. با این‌حال، در مطالعه Azizi و همکاران (۲۰۱۶) و Fattahi و همکاران (۲۰۲۱) سطوح آویشن و دارچین تأثیری بر گلبول‌های قرمز، هماتوکریت و هموگلوبین در ماهی قزل‌آلای رنگین‌کمان نداشتند. این سه شاخص به‌هم وابسته هستند و تورم گلبول قرمز، کم شدن حجم پلاسما و تولید بیشتر گلبول‌های قرمز سبب افزایش هماتوکریت می‌شوند (Benfey and Biron 2000).

بالاترین مقادیر لیزوزیم و IgM به‌ترتیب در ماهیانی که سطوح ۳ و ۲ گرم بیوهربال را دریافت نمودند، مشاهده شد که با سایر تیمارهای تغذیه‌ای اختلاف داشتند. نتایج مشابهی در قزل‌آلای رنگین‌کمان تغذیه شده با آویشن و مخلوط گیاهان دارویی (Azizi *et al*., 2016; Ramezani *et al*., 2019)، تاس‌ماهی سیبری (Yegane Rastekenari *et al*., 2017)، فیل‌ماهی (Chitsaz *et al*., 2018) و کپور معمولی (Karimi Pashaki *et al*., 2018) تغذیه شده با سیر به‌دست آمد. لیزوزیم به عنوان یک آنزیم ضد باکتریایی نقش مهمی در ایمنی غیراختصاصی دارد و قادر است با تخریب دیواره باکتری، باعث از بین رفتن آن شود. علاوه‌براین، فعالیت بیگانه‌خواری را تسهیل می‌سازد (Saurabh and Sahuoo, 2008). ایمنوگلوبولین‌ها نقش مهمی در مقابله با بیماری‌های عفونی باکتریایی دارند و افزایش سطح فعالیت آن‌ها با مواد محرک ایمنی مانند گیاهان دارویی می‌تواند منجر به تقویت سیستم ایمنی گردد (Reverter *et al*., 2017).

در ساختار ترکیبات فایتوژنیک، انتخاب ترکیباتی که اثر هم‌افزایی دارند، تعیین‌کننده است، زیرا اثری که از مجموع ترکیبات هم‌افزا ایجاد می‌شود، از مجموع تأثیر هر یک از ترکیبات به شکل انفرادی بیشتر خواهد بود (Citarasu, 2010). با توجه به این‌که ترکیب غالب مکمل بیوهربال را سیر، آویشن و دارچین تشکیل می‌دهد، لذا این ترکیبات اثرات مثبت یکدیگر را تشدید و تقویت می‌نمایند. عواملی نظیر نوع مکمل گیاهی، ترکیبات موجود در آن، میزان سطح مصرفی، مدت زمان مورد استفاده در تغذیه ماهی، گونه آبزی، خصوصیات فیزیولوژیک آنها و شرایط محیطی پرورش، موجب تفاوت در داده‌های مطالعات می‌شوند.

در مجموع، برای تحقق آبزی‌پروری پایدار و ارگانیک، استفاده از مکمل‌های گیاهی اجتناب‌ناپذیر است. با توجه به این‌که ایران از تنوع گیاهی مناسبی برخوردار بوده، تمرکز بر بهره‌برداری از ترکیبات فایتوژنیک در آینده مورد نیاز است. با توجه به یافته‌های حاصله، سطح ۳ گرم افزودنی فایتوژنیک بیوهربال برای پرورش تاس‌ماهی سیبری مناسب است، چون موجب افزایش عملکرد رشد، کارایی تغذیه، بهبود شاخص‌های خونی و تقویت سیستم ایمنی شده است.

منابع

Adamek, A., Prokes, M., Barus, V. and Sukop, I., 2007. Diet and growth of 1+ Siberian sturgeon, *Acipenser baerii* in alternative pond culture. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 7(2):153–160.

Ahmad, M.H., EL Mesallamy, A.M.D., Samir, F. and Zahran, F., 2011. Effect of Cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) on growth performance, feed utilization, whole-body composition, and resistance to *Aeromonas hydrophila* in Nile Tilapia. *Journal of Applied Aquaculture*, 23:289-298. DOI:10.1080/10454438.2011.626350

Ahmadifar, E., Enayat Gholampour, T., Shahriari Moghadam, M., Moghaddamfar, S. and Messaoudi, E., 2018. Study of herbal feed supplement (contains zataria and satureja powder) on growth performance, survival rate, biochemical blood characteristics and body composition in common carp (*Cyprinus carpio*). *Journal of Fisheries*, 70(4):424-434. DOI:10.22059/jfisheries.2018.243895.1000. (In Persian)

Akbary, P. and Negahdari Jafarbeigi, Y., 2016. Effect of different levels of bioherbal feed supplement (contains *Foeniculum vulgare* and *Zingiber officinale* powder) on growth, feed and carcass composition in *Mugil cephalus. Veterinary Research and Biological Products*, 29(3):10-18. DOI:10.22034/vj.2016.106292

Akbary, P. and Negahdari Jafarbeigi, Y., 2023. Effect of bioherbal feed supplement (contains *Foeniculum vulgare* and *Zingiber officinale* powder) on function of liver and digestive enzymes and chemical parameters in *Mugil cephalus*. ***Journal of Applied Ichthyological Research,*** 11(4):51-60. (In Persian)

Alcicek, Z., 2011. The effects of thyme (*Thymus vulgaris* L.) oil concentration on liquid smoked vacuum-packed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) fillets during chilled storage. *Food Chemistry*, 128(3):683-688. DOI: 0.1016/j.foodchem.2011.03.087

AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 2016. Official Methods of Analysis. 20th Edition, the Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, Maryland, USA.3172P.

Azizi, E, Yeganeh, S., Firouzbakhsh, F. and 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. (In Persian)

Benfey, T.G. and Biron, M., 2000. Acute stress response in triploid rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and book trout (*Salvelinus fontinalis*). *Aquaculture*, 184:167-176. DOI:10.1016/S0044-8486(99)00314-2

Bertina, S. and Chelehmal Dezfoolinezhad, M., 2017. Effect of *Cinnamomum zelanicum* powder on survival, growth indices and chemical composition of common carp muscle. *Journal of Renewable Natural Resources Research*, 8(1):79-91. (In Persian)

Chehrei, A., Nobakht, A. and Shahir, M., 2011. 'The effects of different levels of bioherbal® feed supplement (contains thymus and garlic extracts) on performance, egg traits and blood biochemical and immunity parameters of laying hens. *Veterinary Research and Biological Products*, 24(1):58-65. DOI:10.22092/vj.2011.101108. (In Persian)

Chitsaz, H., Ouraji, H., Keramat Amirkolaie, A. and Akrami, R., 2018. Effect of garlic peel on growth and non-specific immune response of juvenile great sturgeon *Huso huso* (Linnaeus, 1754). *Journal of Applied Ichthyological Research***,** 5(4):101-114. (In Persian)

Cho, J., Kim, H. and Kim, I., 2014. Effects of phytogenic feed additive on growth performance, digestibility, blood metabolites, intestinal microbiota, meat color and relative organ weight after oral challenge with *Clostridium perfringens* in broilers. *Livestock Science*, 160:82-88. DOI:10.1016/j.livsci.2013.11.006.

Citarasu, T., 2010. Herbal biomedicines: a new opportunity for aquaculture industry. *Aquaculture International*, 18:403-414. DOI:10.1007/s10499-009-9253-7

Dorojan, O.G., Cristea, V., Creţu, M., Dediu, L., Docan, A.I. and Coadă, M.T., 2015. The effect of thyme (*Thymus vulgaris*) and vitamin E on the *Acipenser stellatus* juvenile welfare, reared in a recirculating aquaculture system. *AACL Bioflux,* 8(2):150-158.

Ellis, A.E., 1990. Lysozyme assays. In: Stolen, J.S., Fletcher, D.P., Anderson, B.S. and Van Muiswinkel, W.B., (Eds). Techniques in Fish Immunology. SOS Publication, USA. pp. 101-103.

Falahatkar, B., Akhavan, S.R., Poursaeid, S. and Hasirbaf, I., 2014. Use of sex steroid profile and hematological indices to identify perinucleolus and migratory gonadal stages of captive Siberian sturgeon *Acipenser baerii* (Brandt, 1869) females. *Journal of Applied Ichthyology*, 30:1578–1584. DOI:10.1111/jai.12616

Falahatkar, B., 2018. Nutritional Requirements of the Siberian Sturgeon: An Updated Synthesis. In: Williot, P., Nonnotte, G., Vizziano-Cantonnet, D. and Chebanov, M. (Eds) The Siberian Sturgeon (*Acipenser baerii*, Brandt, 1869) Volume 1 - Biology. Springer, Cham, Switzerland. Pp. 207-228.

Fattahi, A.R., Faghani, H., Mohammadnejad, M. and Mousavi Sabet, S.H., 2021. The effects of adding cinnamon powder (*Cinnamomum verum*) on some blood and growth factors in the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juvenile. *Journal of Animal Biology*, 13(2):87-99. (In Persian)

Gabor, E.F., Sara, A. and Barbu, A., 2010. The effects of some phyto-additives on growth, health and meat quality on different species of fish. *Animal Sciences and biotechnologies*, 43:61-65.

Galina, J., Yin, G., Ardo, L. and Jeney, Z., 2009. The use of immunostimulating herbs in fish. An overview. *Fish physiology and Biochemistry*, 35(4):669-676. DOI:10.1007/s10695-009-9304-z

Ganguly, S., 2013. Phytogenic growth promoter as replacers for antibiotic growth promoter in poultry birds. Journal of Animal Genetic Research, 1(1):6-7. DOI:10.12966/jagr.05.02.2013

Harikrishnan, R., Balasundaram, C. and Heo, M.S., 2011. Impact of plant products on innate and adaptive immune system of cultured finfish and shellfish. *Aquaculture*, 317:1-15. DOI:10.1016/j.aquaculture.2011.03.039

Hussein, M.M.A., Hamdy, H.W. and Ibrahim, M.M., 2013. Potential use of allicin (garlic, *Allium sativum L*, essential oil) against fish pathogenic bacteria and its safety for monosex Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Food Agriculture and Environment*, 11(1):696-699. DOI:10.21608/jvmr.2020.77651

Karimi Pashaki, A., Zorriehzahra, S.J., Ghasemi, M., Sharif Rohani, M. and Hosseini, S., 2018. Effects of dietary garlic extract on some blood, immunity and growth parameters of common carp fingerlings

(*Cyprinus carpio*). *Sustainable Aquaculture and Health Management Journal*, 4(2):28-39. DOI:10.29252/ijaah.4.2.28

Klontz, G.W., 1994. Fish hematology. In: Stolen, J.S., Fletcher, T.C., Rowley, A.F., Kelikoff, T.C., Kaatari, S.L. and Smith, S.A. (Eds) Techniques in fish immunology. Vol.3. SOS Publications, Fair Haven, New Jersey, USA. pp. 121-132.

Kostaki, M., Giatrakou, V., Savvaidis, I.N. and Kontominas, M.G., 2009. Combined effect of MAP and thyme essential oil on the microbiological, chemical and sensory attributes of organically aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets. *Food Microbiology*, 26:475-482. DOI:10.1016/j.fm.2009.02.008

Krishnaveni, R., Palanivelu, K. and Velavan, S., 2013. Effects of probiotics and Spirulina supplementation on haemato-Immunological function of *Catla catla*. *International Journal of Research in Fisheries and Aquaculture*, 3(4):176-181.

Mohseni, M. and Malekpour, M., 2018. Replacement of fish meal with canola meal and its effects on growth performance, digestion, indices hematological and thyroid hormones level of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 27(5):135-148. DOI:10.22092/isfj.2019.118084 (In Persian).

Pan, S.Y., Chen, S.B., Dong, H.G., Yu, Z.L., Dong, J.C., Long, Z.X., Fong, W.F., Han, Y.F. and Ko, K.M., 2011. New perspectives on Chinese herbal medicine research and development. *Evid Based Complement Alternat Med*, 403709. DOI:10.1093/ecam/neq056.

Pandey, D.K., Chaudhary, R., Dey A., Nandy, S., Banik, R., Malik, T. and Dwivedi, P., 2020. Current Knowledge of *Cinnamomum* species: A Review on the bioactive components, pharmacological properties, analytical and biotechnological studies. In: Singh, J., Meshram, V. and Gupta, M. (Eds) Bioactive Natural products in Drug Discovery. Springer, Singapore. Pp. 127-164.

Poolsawat, L., Yu, Y., Li, X., Zhen, X., Yao, W., Wang, P., Luo, C. and Leng, X., 2022. Efficacy of phytogenic extracts on growth performance and health of tilapia (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*). *Aquaculture and Fisheries*, 7(4):411-419. DOI:10.1016/j.aaf.2020.08.009

Ramezani, H., Binaeii, M. and Fazli, H., 2019. The effect of different levels of dietary herbal on some of the hematological, biochemical and immune parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of Animal Environment*, 11(3):141-146. (In Persian)

Reverter, M., Tapissier-Bontemps, N., Sasal, P. and Saulnier, D., 2017. Use of medicinal plants in aquaculture. In: Austin, B. and Newaj-Fyzul, A. (Eds) Diagnosis and control of diseases of fish and shellfish. John Wiley and Sons Ltd, New Jersey, USA. pp .223-261.

Roberts, R.J., 2012. Fish pathology.4th Edition. Wiley-Blackwell publishing. New Jersey, USA. 592 P.

Roozi, Y., Moraki, N. and Zoriyehzahra, J., 2013. Effect of different levels of powdered

cinnamon (*Cinnamomum zeylanicm*) in the diet of fish green terror (*Andinocara rivulatus*) index, blood glucose and survival. *Breeding and Aquaculture Sciences Journal*, 1(3):41-52. (In Persian)

Sadeghian, M., Mohiseni, M., Nematdust Haghi, B. and Bagheri, D., 2016. Comparative effect of the oral prescription of Shirazi thyme (*Zataria multiflora* Boiss) and vitamin E on growth indices of juvenile common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Journal of Animal Research* (*Iranian Journal of Biology*), 29(2):195-204. (In Persian)

Saurabh, S. and Sahoo, P.K., 2008. Lysozyme: an important defence molecule of fish innate immune system. *Aquaculture Research*, 39:223–239. DOI: 10.1111/j.1365-2109.2007.01883.x

Sowunmi, A.A., 2003. Haematology of the African catfish (*Clarias gariepinus*) from Eleiyele Reservoir, Ibadan South -West, Nigeria. *The Zoologist*, 2(1):85-91.

Taati, R., Pajand, Z.O. and Mostafavi, H., 2022. Replacement of fish meal with corn protein concentrate and its effect on growth, survival and body composition of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). Journal of Veterinary Research, 77(1):11-18. DOI:10.22059/jvr.2021.317813.3130. (In Persian)

Tacon, A.G.J., 1987. The nutrition and feeding of farmed fish and shrimp—A training manual. 2. Nutrient sources and composition. FAO Field Document, Project GCP/RLA/075/ITA, Field Document No.2, Brasilia, Brazil.129 P.

Talpur, A.D., 2014. *Mentha piperita* **(**Peppermint) as feed additive enhanced growth performance, survival, immune response and disease resistance of Asian seabass, *Lates calcarifer* (Bloch) against *Vibrio harveyi* infection. *Aquaculture*, 420–421:71–78. DOI: 10.1016/j.aquaculture.2013-10.039

Talpur, A. and Ikhwanuddin, M.H.D., 2012. Dietary effects of garlic (*Allium sativum*) on haemato-immunological parameters, survival, growth, and disease resistance against *Vibrio harveyi* infection in Asian sea bass, *Lates calcarifer* (Bloch). *Aquaculture*, 364-365:6-12. DOI:10.1016/j.aquaculture.2012.07.035

Valladão, G.M., Gallani, S.U. and Pilarski, F., 2015. Phytotherapy as an alternative for treating fish disease. Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics, 38:417–428. DOI: 10.1111/jvp.12202

Vallejos-Vidal, E., Reyes-López, F., Teles, M. and MacKenzie, S., 2016. The response of fish to immunostimulant diets. *Fish and Shellfish Immunology*, 56:34–69. DOI: 10.1016/j.fsi.2016.06.028

Van Hai, N., 2015. The use of medicinal plants as immunostimulants in aquaculture: A review. *Aquaculture*, 446:88-96. DOI:10.1016/j.aquaculture.2015.03.014

Williot, P., Nonnotte, G. and Chebanov, M., 2018. The Siberian Sturgeon (*Acipenser baerii* brandt, 1869) Volume 2-Farming. 1st Edition. Springer International Publishing. *Cham, Switzerland*. 589P.

Yamamoto, T. and Yonemasu, K., 1999. Multiple molecular forms of serum immunoglobulin M in a patient with Waldenstrom's macroglobulinemia. *Clinica Chimica Acta*, 289:173–176. DOI:10.1016/s0009-8981(99)00162-x.

Yang, C.B., Chowdhury, M.A.K., Hou, Y.Q., and Gong, J.S., 2015. Phytogenic extract as alternatives to in-feed antibiotics: Potentials and challenges in application. *Pathogens*, 4(1):137–156. DOI:10.3390/pathogens4010137.

Yegane Rastekenari, H., Vahabzade Roudsari, H. and Yazdani Sadati, M.A., 2017. Improving effect of garlic (*Allium sativum*) powder as a supplement on growth performance and immune system of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) juveniles. *Aquatic Physiology and Biotechnology*, 5(1):107-125. DOI:10.22124/japb.2017.2346

Zeng, Z., Zhang, S., Wang, H. and Piao, X., 2015. Essential oil and aromatic plants as feed additives in non-ruminant nutrition: a review. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 6(7):1-10. DOI:10.1186/s40104-015-0004-5

Zhu, F., 2020. A review on the application of herbal medicines in the disease control of aquatic animals. *Aquaculture*, 526:735422. DOI:10.1016/j.aquaculture.2020.735422

Growth performance, blood parameters, and immune responses of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) fry fed with different levels of Bioherbal phytogenic additive

Taati R.[1*]; Pajand Z.O.[2]

*r.taati@gmail.com

1- Department of Fisheries, Talesh Branch, Islamic Azad University, Talesh, Iran
2- International Sturgeon Research Institute, Iranian Fisheries Science Research Institute (IFSRI), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran

Abstract

This study was performed to evaluate the effect of a phytogenic additive (herbal supplement) at different levels on growth performance, blood indices and immune responses of Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*) for 8 weeks. For this purpose, Bioherbal® phytogenic additive was added to the diet in four levels of 0, 1, 2 and 3 g/kg in diet in three replicates. A total of 120 Siberian sturgeons with a mean weight of 5.36±0.50 g were introduced into twelve 80-L round plastic tanks with a density of 10 fish per each tank. Results showed that final weight, total length, weight gain, specific growth rate, and body weight increase were significantly higher than in fish fed Bioherbal at 3 g (p<0.05). In this treatment, feed conversion ratio had the lowest value and showed significant difference (p<0.05). The survival rate in all groups was 100%. Significant differences (p<0.05) were recorded in hematological and immune parameters. The number of red blood cells, contents of hematocrit, hemoglobin and mean corpuscular volume (MCV) in fish fed Bioherbal at 2 g and the number of white blood cells, lymphocyte percentage, lysozyme and IgM values in Bioherbal 3 g showed significant differences (p<0.05). Generally, based on the obtained data, it can be concluded that Bioherbal as a phytogenic additive at 3 g can enhance feed efficiency as well as improve hematological indices and strengthen immune system in Siberian sturgeon.

Keywords: Herbal supplement, Blood, Growth, Siberian sturgeon

*Corresponding author