Journal of Marin Biology

JOMB
Journal of Marin Biology
J Marin Bio, 2024; 16(2): 59-75 Doi
https://jmb.ahvaz.iau.ir

Islamic Azad university Ahvaz Branch

Original Article

Determination on Growth, Blood biochemical indices and Liver enzymes of Siberian sturgeon fed with *Spirulina platensis*

Merdad Nasri Tajan[1*], Yashar Kohh alvandi[1], Mohaddeseh Alizadeh Piralidehi[2], Somayeh Haghighi Karseyedani[1]

1. Department of Fisheries, Bandar Anzali International Branch, Islamic Azad University, Bandar Anzali, Iran.
2. Department of Fisheries, Faculty of Natural Resources and Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran.

Article history:

Received: 11 July 2024
Revised: 13 August 2024
Accepted: 16 August 2024
ePublished: 16 August 2024

***Corresponding author:** Merdad Nasri Tajan, Department of Fisheries, Bandar Anzali International Branch, Islamic Azad University, Bandar Anzali, Iran.

E-mail: mehrdad.nasri@iau.ac.ir

Abstract

Spirulina is a popular edible blue-green algae that has attracted attention in aquatic feed formulations due to its high concentration of micronutrients, macronutrients and antioxidants. The present study was conducted to investigate the effect of different levels of *Spirulina platensis* on growth, blood biochemical indices and liver enzymes of Siberian sturgeon. For this purpose fish with mean weight (32.24 ± 1) and longitudinal mean (21.2 ± 0.51) cm were distributed in 12 fiberglass tanks with a density of 15 fish. During 56 days with three diets including with different levels of algae (*Spirulina platensis*) containing 0 (Sp 0), 2.5 (Sp 2.5), 5 (Sp 5) and 10 (Sp 10) percent as well, a diet done without any additives. Based on these results, the percentage of body weight gain, specific growth indices, average daily growth, feed conversion ratio, feed intake, obesity and protein efficiency coefficient (Sp 10) were significantly different from other treatments (P <0.05). Also, in the blood biochemical indices such as urea, total bilirubin, cholesterol and lipase no significant different were observed (P>0.05), but glucose and triglyceride significantly are showed (P <0.05).The highest glucose values and the lowest triglyceride levels were indicated in the (Sp10) treatment(P <0.05).Also no significant differences were observed in liver enzyme levels(ALT,AST,ALP) among the different studied(P>0.05).Overall, the impact of *Spirulina platensis* algae usage in aquatic nutrition is able to improve growth, nutrition, blood biochemical parameters and liver enzymes in a completely positive and meaningful.

Keywords: *Spirulina platensis*, Growth indices, Blood biochemical parameters, Liver enzymes and Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*)

Please cite this article as follows: Nasri Tajan M., Kohh Alvandi Y., Alizadeh Piralidehi M., Haghighi Karseyedani S. Determination on Growth, Blood Biochemical Indices and Liver Enzymes of Siberian Sturgeon Fed with *Spirulina platensis*. J Mar Bio, 2024; 16(2): 59–75. DOI:

Copyright © 2024 Journal of Marin Biology. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳، صفحات: ۵۹-۷۵
https://jmb.ahvaz.iau.ir

مقاله اصلی

تعیین شاخص‌های رشد، بیوشیمیایی خون و آنزیم‌های کبدی تاس‌ماهی سیبری (*Acipense baerii*) تغذیه شده با جلبک اسپیرولینا (*Spirulina platensis*)

مهرداد نصری‌تجن[1*]، یاشار کوه‌الوندی[1]، محدثه علیزاده‌پیرعلیدهی[2]، سمیه حقیقی‌کارسیدانی[1]

۱. گروه شیلات، واحد بین المللی بندرانزلی، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرانزلی، ایران.
۲. گروه شیلات، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران.

چکیده

اسپیرولینا یک جلبک سبز-آبیِ خوراکیِ محبوب است که به دلیل غلظت بالای ریزمغذی‌ها، درشت‌مغذی‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها، توجه فرمولاسیون‌های خوراک آبزیان را برانگیخته است. مطالعه حاضر به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد جلبک *Spirulina platensis* به‌عنوان مکمل غذایی بر برخی از شاخص‌های رشد، بیوشیمیایی خون و آنزیم‌های کبدی تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii*) صورت گرفت. برای این منظور ماهیان با میانگین وزنی (۱±۳۲/۲۴) و طولی (۰/۵۱±۲۱/۲) سانتی‌متر در ۱۲ مخزن فایبرگلاس با تراکم ۱۵ عدد ماهی، طی مدت ۵۶ روز با چهار جیره آزمایشی با سطوح مختلف جلبک *Spirulina platensis*: ۰٪ (Sp_0/ شاهد)، ۲/۵٪ ($Sp_{2.5}$)، ۵٪ (Sp_5) و ۱۰٪ (Sp_{10}) تغذیه شدند. نتایج آماری پارامترهای عملکرد رشد نشان داد که میانگین مقدار وزن نهایی، رشد ویژه (SGR)، رشد روزانه (ADG)، کارایی پروتئین (PER)، ضریب تبدیل غذایی (FCR)، میزان جذب غذا (FI)، میزان نرخ رشد ویژه (SGR)، درصد افزایش وزن (BWI)، نرخ رشد روزانه (ADG)، نسبت کارایی پروتئین (PER) در تیمار Sp_{10} نسبت به سایر تیمارهااختلاف معنی‌داری را نشان داد ($P<0.05$). نتایج آماری پارامترهای بیوشیمیایی خون شامل میزان اوره، بیلی‌روبین کل (Total Bilirubin)، کلسترول و لیپاز بین تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان نداد ($P> 0.05$). اما میزان گلوکز و تری‌گلیسیریدتحت‌تأثیر جیره‌ها قرار گرفتند ($P<0.05$) و بیشترین مقادیر گلوکز خون در تیمار Sp10 مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد داشت ($P<0.05$). اما افزودن سطوح مختلف جلبک *Spirulina platensis* به جیره موجب کاهش سطح تری‌گلیسیرید خون شد و کم‌ترین مقدار این پارامتر در تیمار Sp10 مشاهده شد ($P<0.05$). اختلاف معنی‌داری در مقادیر آنزیم‌های کبدی: AST، ALT و ALP نیز در بین تیمارهای مختلف مورد مطالعه مشاهده نشد ($P>0.05$).در مجموع، تأثیرجلبک *Spirulina platensis* برشاخص‌های رشد، تغذیه، بیوشیمیایی خون وآنزیم‌های کبدی کاملاً مثبت و معنی‌دار ارزیابی می‌شود.

واژگان کلیدی: جلبک *Spirulina platensis*، شاخص‌های رشد، پارامترهای بیوشیمیایی خون، آنزیم‌های کبدی و تاس ماهی سیبری (*Acipenser baerii*).

تاریخچه مقاله
تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۴/۲۱
تاریخ ویرایش مقاله: ۱۴۰۳/۵/۲۳
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۳/۵/۲۶
تاریخ انتشار مقاله: ۱۴۰۳/۵/۲۶

تمامی حقوق برای دانشگاه آزاد اهواز محفوظ است.

* نویسنده مسئول: مهرداد نصری‌تجن، گروه شیلات، واحد بین المللی بندرانزلی، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرانزلی، ایران.
ایمیل: mehrdad.nasri@iau.ac.ir

استناد: نصری‌تجن، مهرداد؛ کوه‌الوندی، یاشار؛ علیزاده‌پیرعلیدهی، محدثه؛ حقیقی‌کارسیدانی، سمیه. تعیین شاخص‌های رشد، بیوشیمیایی خون و آنزیم‌های کبدی تاس‌ماهی سیبری (*Acipenser baerii*) تغذیه‌شده با جلبک اسپیرولینا (*Spirulina platensis*). مجله زیست شناسی دریا، تابستان ۱۴۰۳؛ ۱۶(۲): ۵۹-۷۵

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳، صفحات: ۵۹-۷۵
https://jmb.ahvaz.iau.ir

مقدمه

ماهیان خاویاری به عنوان گونه‌های اصلی، به سلامت و پایداری اکوسیستم دریای خزر کمک می‌کنند (Haxton and Friday, 2019). اما در حال حاضر، تخریب و از بین رفتن زیستگاه به دلیل عواملی مانند سدسازی و آلودگی بر جمعیت ماهیان خاویاری تأثیر منفی می‌گذارد.یکی از چالش‌های کلیدی در پرورش مصنوعی ماهیان خاویاری، به ویژه در رابطه با تغذیه ماهیان خاویاری است. ماهیان خاویاری معمولاً برای رشد و نمو مطلوب به پروتئین، لیپیدها، ویتامین‌ها و مواد معدنی با کیفیت بالا نیاز دارند. در حالی که پودر ماهی یک منبع پروتئین سنتی و ارزشمند در آبزی پروری بوده است، استفاده از آن به ویژه در مراکز تکثیر ماهی دارای معایب و محدودیت‌های متعددی است.پودر ماهی جزء گران قیمت جیره است و قیمت آن می تواند بر اساس عواملی مانند بازده ماهی و تقاضای جهانی در نوسان باشد.تولید پودر ماهی اغلب به ماهی‌های صید شده وحشی مانند گونه‌های کوچک دریایی وابسته است.صید بی رویه این گونه‌ها می‌تواند نگرانی‌هایی را در مورد پایداری تولید پودر ماهی ایجاد کند، زیرا ممکن است به کاهش ذخایر ماهی کمک کند. در حالی که پودر ماهی منبع خوبی از پروتئین باکیفیت است، ممکن است مشخصات مواد مغذی متعادلی را ارائه نکند (Jannathulla *et al*., 2019). زیرابرخی از مواد مغذی ضروری مانند ویتامین‌ها و مواد معدنی ممکن است در پودر ماهی ناکافی باشند. این می تواند منجر به نیاز به مکمل‌های اضافی در رژیم غذایی ماهی شود (Hodar *et al*., 2020).

برای مقابله با این معضل، استفاده از رژیم غذایی مبتنی بر پروتئین گیاهی، شناسایی مواد غذایی جدید و دستکاری فرمول جیره باید به عنوان جایگزین‌های حیاتی برای حفظ تولید پایدار آبزی‌پروری در نظر گرفته شود (Ng and Romano, 2013; Rosas *et al*., 2019). پروتئین گیاهی از طریق جایگزینی جزئی یا کامل پودر ماهی در چندین گونه جانوری آبزی با درجات مختلف با موفقیت مورد مطالعه قرار گرفته است (Mandal*et al*., 2010; de Cruz *et al*., 2018; Khalila *et al*., 2018; Goda *et al*., 2019; Rosas *et al*., 2019 a; Allam *et al*., 2020). با این حال، اکثر منابع پروتئین گیاهی ممکن است فاقد اسیدهای آمینه ضروری و حاوی عوامل ضد تغذیه باشند که ممکن است بر مصرف خوراک، هضم و جذب مواد مغذی و سلامت عمومی ماهی تأثیر منفی بگذارد (AlMulhim *et al*. 2023). همچنین، استفاده از منابع پروتئین گیاهی باعث ایجاد تغییرات قابل توجهی در میکروبیوم روده می‌شود که می‌تواند به عملکرد منفی حیوانات و نتایج سلامت کمک کند (Jang *et al*., 2019). .بنابراین، استفاده از پروتئین گیاهی بدون منابع مکمل مواد مغذی ضروری نمی‌تواند به ارزش غذایی متعادل دست یابد و کارایی تبدیل و تولید (زمین و آب) را بهینه کند (Holman and Malau-Aduli, 2013; Cerqueira *et al*., 2020). به این دلایل، رژیم غذایی مبتنی بر گیاه می‌تواند مکمل برخی از مواد بسیار مفید برای بهبود ارزش غذایی و کارایی آن باشد. یکی از امیدوارکننده‌ترین منابع گیاهی در فرمولاسیون‌های جیره، آبزیان، ریز جلبک‌ها هستند (Mansour *et al*., 2021).

Spirulina platensis یکی از رایج‌ترین ریزجلبک‌های مورد استفاده در خوراک حیوانات آبزی به عنوان محرک رشد به دلیل محتوای بالای پروتئین (تا ۶۵٪)، ویتامین‌ها، اسیدهای آمینه ضروری، مواد معدنی و اسیدهای چرب ضروری است (Nakagawa *et al*., 2000). این گونه همچنین حاوی طیف وسیعی از مواد فعال زیستی از جمله استرول‌ها، پلی‌ساکاریدهای سولفاته، پلی‌پپتید فیکوسیانین، بتاکاروتن و آلوفیکوسیانین است (Wang *et al*., 2007). با توجه به مشخصات غذایی غنی و وجود ترکیب فعال زیستی، نشان داده شده است که تأثیر مثبتی را نیز بر خوش طعمی خوراک، قابلیت هضم غذا و عملکرد کلی رشد ماهی دارد (Mahmoud *et al*., 2018, Raji *et al*., 2018, Roohani *et al*., 2019, Al Mamun *et al*., 2023). گزارش شده است که بهترین منابع پروتئین گیاهی تنها حدود نصف مقدار پروتئین اسپیرولینا را دارا می‌باشند، به‌عنوان‌مثال پودر سویا حدود ۴۰-۳۵ درصد پروتئین دارد. از طرفی محتوای پروتئین *S. platensis* می تواند با منابع پروتئینی سنتی مانند پودر ماهی قابل مقایسه یا حتی بالاتر از آن باشد (Akhoundian *et al*., 2023). ویژگی بارز اسپرولینا این است که به واسطه عدم حضور سلولز در دیواره سلولی به‌سرعتقابل‌هضم بوده و پس از ۱۸ ساعت، بیش از ۸۵ درصد پروتئین آن هضم و جذب می‌شود (Beresto, 2001). از این رو، به نظر می‌رسد که اسپیرولینا مکمل کاملی برای رژیم های غذایی آبزی پروری به منظور افزایش رشد ماهی و استفاده از غذا باشد.بنابراین در بخش نوآوری خوراک آبزی پروری، پودر اسپیرولینا به عنوان یک مکمل پروتئینی و مواد افزودنی به سرعت محبوبیت پیدا کرده است (Altmann

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳، صفحات: ۵۹-۷۵
https://jmb.ahvaz.iau.ir

and Rosenau, 2021; Li *et al*., 2022; Ramírez-Carmona *etal*., 2022; Rahman *et al*., 2023). علاوه بر این، شناسایی سطوح مناسب غذای مکمل اسپیرولینا در رژیم غذایی ماهی برای تشویق تولید پایدار، رشد اقتصادی و مزایای سلامتی مورد نیاز است. بنابراین، مطالعه حاضر به بررسی شاخص‌های عملکرد رشد، پارامترهای بیوشیمیایی خون، آنزیم‌های کبدی در ماهی *Acipenser baerii* برای شناسایی سطوح بهینه مکمل اسپیرولینا درفرمولاسیون خوراک آبزی می‌پردازد.

مواد و روش‌ها

زمان، مکان و شرایط محیطی تحقیق

این تحقیق در بهار ۱۳۹۹ در مزرعه خصوصی خاویار طلایی دیلم رشت انجام شد. حوضچه‌های ونیرو مورد استفاده در این تحقیق ۲ متر، ارتفاع ۰/۵ متر و حجم آبگیری۱۰۰۰ لیتر انتخاب شدند. قبل از تحقیق، حوضچه‌ها به خوبی شستشو و ضدعفونی شده و سیستم ورودی و خروجی و همچنین سیستم هوادهی آن برای انجام مراحل تحقیق مورد بررسی قرار گرفت.

منبع ورودی آب حوضچه‌ها از آب چاه استفاده شد. ضدعفونی آب ورودی قبل از انتقال به حوضچه‌ها صورت گرفت. دبی آب برای هر حوضچه ۲۰ لیتر بر دقیقه بود. در طول تحقیق درجه‌حرارت، اکسیژن، pH، آمونیاک غیریونیزه و نیتریت اندازه‌گیری شدند که به ترتیب عبارت بودند از: ۱۸/۱±۱/۵°C، ۷/۰±۵/۵mg L^{-1}، ۷/۳۵±۰/۶۵، <۰/۰۵ mg L^{-1} و <۰/۱ mg l^{-1}.

مراحل آماده‌سازی جیره‌ها

۴ جیره آزمایشی با سطوح مختلف از جلبک *Spirulina platensis* حاوی ۰ (Sp 0)، ۲/۵ (Sp 2.5)، ۵ (Sp 5) و ۱۰ (Sp 10) درصد فراهم گردید. برای تهیه جیره‌های موردنظر، ابتداهریک ازاقلام غذایی به صورت جداگانه آنالیز شدند و پس ازمشخص شدن ترکیب شیمیایی هریک ازاجزا براساس نرم افزارجیره‌نویسی(Lindo (6.1, Chicago, USA، جیره مورد نظر بر اساس احتیاجات ماهی به دقت فرموله گردید (جدول ۱). پروتئین پایه جیره ۴۲ درصد و چربی پایه جیره ۱۵ درصد می‌باشد. ترکیب تقریبی حاصل از آنالیز در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول شماره ۱: ترکیب اجزا (٪)

فرمول جیره غذایی ٪	ترکیب اجزا٪			
	Sp0 (شاهد)	Sp 2/5	Sp 5	Sp 10
پودر ماهی کلیکا	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵
سویا	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳
آرد گندم	۴	۴	۴	۴
روغن سویا	۱۰	۱۰	۱۰	۱۰
روغن ماهی	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵
پرمیکس مواد معدنی	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵
پریمیکس مواد ویتامینه	۲/۵	۲/۵	۲/۵	۲/۵
آنتی‌اکسیدان	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۱
ضدقارچ (سرکه)	۰/۴	۰/۴	۰/۴	۰/۴
جلبک (*Spirulina platensis*)	۰	۲/۵	۵	۱۰
بنتونیت	۱۰	۷/۵	۵	۰

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳، صفحات: ۵۹-۷۵
https://jmb.ahvaz.iau.ir

جدول ۲: ترکیب شیمیای پودر خشک جلبک اسپرولینا (شرکت ریز جلبکی پارسیان)

پروتئین خام	چربی خام	خاکستر خام	رطوبت
۴۸/۳۳ ± ۱/۱۴	۶/۵۷ ± ۰/۱۹	۱۶/۲۱ ± ۰/۴۱	۶/۸۵ ± ۰/۰۴

در تهیه جیره‌ها، ابتدا اقلام خوراکی ریزتر که به مقدار کمی درجیره موردنیاز بود،توزین و با هم مخلوط شدند. سپس اقلام درشت‌تر نظیر پودرماهی(۷۰٪ پروتئین)، آردگندم (۱۱٪) وکنجالهٔ سویا (۴۵٪) پس ازتعیین میزان موردنیاز توسط دستگاه آسیاب مدل(Damicar Co., Tehran, Iran) آسیاب شده تا کاملاً شبیه پودر در آیند. پس از این مرحله اقلام آسیاب‌شده از توری ۵۰۰ میکرونی عبور داده شدند. اقلام مورد نظر به نسبت‌های مشخص بادستگاه مخلوط‌کن(PooyaNotash Machinery Co., Mashhad, Iran) با هم ترکیب شد تا اقلام غذایی به صورت یکنواخت درآیند. در مرحله بعد روغن ماهی به ترکیب اضافه شد و به مدت ۴۵ دقیقه با هم مخلوط شدند. در نهایت برای تولید ترکیب خمیری حدود ۲۰ درصد حجم جیره به آن آب اضافه می‌شود (Gatlin, 2010). ترکیب خمیری در داخل دستگاه غربال‌گر(Chega Co, Isfahan, Iran) ریخته و تحت فشار از سوراخ های ۴ میلی‌متری عبورمی‌نماید. رشته‌های تولیدشده به مدت ۴۸ ساعت در دمای 4°C درجه سانتی‌گراد نگهداری می‌شوند تا رطوبت غذای تولید شده به حدود ۱۰٪ گردد (Adel *et al*., 2016). غذای تهیه شده تا مرحلهٔ استفاده در دمای ۲۰- °C نگهداری می‌شوند.

شرایط پرورش تاس‌ماهی سیبری

تاس‌ماهیان سیبری به مدت ۲ هفته قبل از شروع تحقیق در تانک‌های فایبرگلاس سازگار شدند. ماهیان در مرحله سازگاری (عادت‌دهی) از جیره کنترل (جدول ۱) تغذیه شدند. همچنین تاس‌ماهیان سیبری در مرحلهٔ تغذیه با جیره‌های مختلف سطوح مختلف از جلبک *Spirulina platensis* حاوی ۰ (sP_0)، ۲/۵ ($sP_{2.5}$)، ۵ (sP_5) و ۱۰ (sP_{10}) سه بار در روز (۶صبح، ۲ بعد از ظهر، ۱۰ شب) به‌میزان ۳ درصد وزن بدن تغذیه شدند. ماهیان قبل از وزن شدن با پودر گل میخک (باریج اسانس، ایران) به مقدار ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر بیهوش‌شده تا استرس کمتری را تحمل کنند. تعداد ۱۸۰ ماهی با میانگین وزنی (۱ ± ۳۲/۲۴)گرم و میانگین طول (۲۱/۲±۰/۵۱) سانتی‌متر به صورت تصادفی در۱۲ تانک به ابعاد ۱۰۰۰لیتری توزیع (هر تانک ۱۵ ماهی) و به مدت ۵۶ روز پرورش یافتند. مدفوع و همچنین غذای مصرف نشده ماهیان بصورت روزانه از طریق سیفون‌کردن از حوضچه‌ها خارج شد.

زیست‌سنجی ماهیان

در ابتدای مطالعه و در طول مدت ۸ هفته پرورش، ۳ بار زیست‌سنجی انجام شد (اول دوره، وسط دوره، آخر دوره). به این ترتیب که ۲۴ ساعت قبل از زیست‌سنجی غذادهی قطع می‌شد تا دستگاه گوارش ماهیان تخلیه شود. سپس ماهیان موجود در هر تانک با احتیاط کامل توسط ساچوک صیدشده و زیست‌سنجی انجام می‌گرفت. برای اندازه‌گیری وزن و طول ماهی به ترتیب از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۱ گرم و تخته زیست‌سنجی با دقت یک میلی متر استفاده شد. داده پس از وارد نمودن داده‌ها به (Exel Microsoft Office 2016) روند شاخص‌های رشد مورد بررسی قرار گرفت.

اندازه‌گیری پارامترهای تغذیه‌ای و رشد

در انتهای تحقیق که برای مدت ۵۶ روز به طول انجامید طول و وزن ماهیان تعیین گردید و شاخص‌های رشد و بیولوژیکی بر اساس فرمول‌های زیر که بر اساس منابع موجود از معادلات ریاضی گردآوری شده است، محاسبه می‌شود (طاعتی و همکاران، ۱۳۹۳).

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳، صفحات: ۵۹-۷۵
https://jmb.ahvaz.iau.ir

درصد افزایش وزن بدن[1] {BWI%}:

$$BWI = \left[\frac{Wt-Wi}{Wi}\right] \times 100 \quad (۱)$$

W_i وزن اولیه W_t وزن نهایی

شاخص رشد ویژه[2] {SGR}:

$$SGR = \left[\frac{LnWt-LnWi}{T}\right] \times 100 \quad (۲)$$

میانگین رشد روزانه[3] {ADG%}:

$$ADG = \left[\frac{Wt-Wi}{Wi \times T}\right] \times 100 \quad (۳)$$

ضریب تبدیل غذایی[4] {FCR}:

$$FCR = \left[\frac{Feedfed}{Wt-Wi}\right] \quad (۴)$$

میزان جذب غذا[5] {FI}:

$$FI\ (g/day) = \left[\frac{\text{Total feed intake per fish}}{day}\right] \quad (۵)$$

ضریب‌چاقی[6] {CF}:

$$CF = \left[\frac{W}{L^3}\right] \times 100 \quad (۶)$$

ضریب کارایی پروتئین {PER} :

$$PER = \left[\frac{W_t-W_i}{\text{protein intake}}\right] \quad (۷)$$

درصد زنده‌مانی {SR}:

$$SR = \left[\frac{Nt}{N_0}\right] \times 100 \quad (۸)$$

اندازه‌گیری فاکتورهای خونی

در پایان دوره پرورش، غذادهی ماهیان به مدت ۲۴ ساعت به منظور دفع محتویات لوله گوارش ماهیان قطع و عملیات خونگیری از سیاهرگ دمی (Caudal vein) واقع در انتهای بالهٔ مخرجی تاس‌ماهی سیبری صورت گرفت. از هر حوضچه ونیرو سه ماهی به طور تصادفی (در مجموع نه عدد از هر تیمار) صید و پس از بیهوشی در عصارهٔ گل میخک، از ورید ساقه دمی خونگیری به عمل آمد. بخشی از خون در تیوب‌های هپارینه ریخته شد. جهت سنجش پارامترهای خونی،نمونه‌ها برای بررسی فاکتورهای هماتولوژی به آزمایشگاه تخصصی ویرومد واقع در استان گیلان- شهرستان رشت انتقال داده شدند.

بخشی در تیوب‌های غیرهپارینه ریخته شد و سپس سرم خون توسط دستگاه سانتریفیوژ (مدل Labofuge ساخت شرکت Heraeus sepatch آلمان) با ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه با سمپلر جدا شد و در اپندورف‌های ml ۱/۵ ریخته و در دمای ۸۰- درجه سانتی‌گراد

[1] Body Weight Increase
[2] Specific Growth Rate
[3] Average Daily Growth
[4] Feed Conversion Ratio
[5] Feed intake
[6] Condition Factor

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳، صفحات: ۵۹-۷۵
https://jmb.ahvaz.iau.ir

نگهداری شدند و بخشی از آن برای سنجش فاکتورهای بیوشیمیاییخون در مجاور یخ در فلاکس مخصوص قرار داده شد و به آزمایشگاه شیلات دانشگاه علوم تحقیقات منتقل شدند.

سنجش فاکتورهای بیوشیمیایی خون

اندازه‌گیری گلوکز، کلسترول، اوره،بیلی‌روبین کل،پروتئین کل، تری‌گلیسیرید و لیپاز

اندازه‌گیری فاکتورهای بیوشیمیایی خون شاخص‌های گلوکز ، کلسترول، اوره، توتال بیلی‌روبین، توتال پروتئین، تری گلیسیرید و لیپاز با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی (شرکت پارس آزمون، تهران) براساس دستورالعمل‌های شرکت سازنده و بااستفاده از دستگاه اتوآنالایزر) مدل Inc MedisysBoeki Tokyo، ژاپن (در آزمایشگاه ویرومد (رشت – گیلان – ایران) انجام شد(Hoseinifar *et al*., 2011).

اندازه‌گیری آنزیم‌های کبدی سرم خون

در این مطالعه سنجش آنزیم‌های کبدی: آلاتین آمینوترانسفراز[۷] (ALT)، آسپارتات آمینوترانسفراز[۸] (AST) و آلکالین فسفاتاز[۹] (ALP)، به‌وسیله دستگاه اتوآنالایزر (مدل Inc MedisysBoeki Tokyo، ژاپن) طبق دستورالعمل شرکت سازنده با استفاده از کیت‌های آزمایشگاهی (پارس آزمون، ایران) به روش آنزیمی، اندازه‌گیری شد (Hoseinifar *et al*., 2011).

آنالیز آماری

نتایج با استفاده از بسته آماری نرم‌افزار IBM SPSS Statistics 27 موردتجزیه‌وتحلیل آماری قرار گرفت. بعد از انجام تست نرمالیته تیمارها توسط آزمون Kolmogorov-smirnov از آزمون آماری One-way ANOVA جهت معنی‌داری اختلاف بین تیمارهای داده‌های کمی استفاده شد ($P<0.05$). درنهایت تفاوت معنی‌دار بین تیمارها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن[۱۰] تعیین گردید. برای رسم شکل‌ها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شده است.

نتایج

فاکتورهای رشد و زنده‌مانی

نتایج مربوط به فاکتورهای رشد و زنده‌مانی تیمارهای مختلف تغذیه شده با Sp0، Sp2.5، Sp5 و Sp10 در انتهای دوره در جدول ۳- آمده است. بر اساس این نتایج وزن نهایی، ضریب تبدیل غذایی (FCR)، میزان جذب غذا (FI)، میزان نرخ رشد ویژه (SGR)، فاکتور وضعیت (CF)، درصد افزایش وزن (BWI)، نرخ رشد روزانه (ADG) و نسبت کارایی پروتئین (PER) نسبت به گروه شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان داد($P<0.05$). نتایج این بررسی نشان داد که اختلاف معناداری در درصد زنده‌مانی بین تیمارهای مختلف آزمایشی وجود ندارد ($P>0.05$).

[7] Alanine Transminase
[8] Aspartat amino transferase
[9] Alkaline Phosphatase
[10] Duncan multi-rage test

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳، صفحات: ۵۹-۷۵
https://jmb.ahvaz.iau.ir

جدول ۳: میانگین شاخص‌های رشدو زنده‌مانی *Acipenser baerii* تغذیه شده با چهار جیره آزمایشی با سطوح مختلف جلبک *Spirulina platensis*

شاخص	جیره‌های آزمایشی			
	Sp0 (شاهد)	Sp2.5	Sp5	Sp10
وزن اولیه (گرم)	۳۲/۳۲ ± ۰/۱۷	۳۲/۴۰ ± ۰/۵۸	۳۲/۳۱ ± ۰/۲۵	۳۱/۹۱ ± ۰/۰۹
وزن نهایی (گرم)	۹۱/۵۹ ± ۱/۳۰^{b}	۹۲/۶۳ ± ۱/۶۲^{b}	۱۰۱/۵۸ ± ۱/۸۹^{a}	۱۰۵/۸۹ ± ۱/۴۱^{a}
طول اولیه (سانتی‌متر)	۲۱/۶۶ ± ۰/۴۸	۲۱/۸۵ ± ۰/۲۲	۲۱/۰۳ ± ۰/۲۲	۲۱/۱۱ ± ۰/۱۲
طول نهایی (سانتی‌متر)	۳۰/۸۹ ± ۰/۵۲^{c}	۳۱/۴۴ ± ۰/۷۲^{bc}	۳۲/۸۱ ± ۰/۲۳^{ab}	۳۳/۵۱ ± ۰/۰۸^{a}
ضریب تبدیل غذایی (FCR)	۱/۵۱ ± ۰/۰۲^{a}	۱/۵۲ ±۰/۰۰^{a}	۱/۴۰ ± ۰/۰۱^{b}	۱/۳۶ ±۰/۰۰^{b}
میزان جذب غذا (FI)	۱/۵۹ ± ۰/۰۱^{b}	۱/۶۳ ± ۰/۰۲^{b}	۱/۷۴ ± ۰/۰۲^{a}	۱/۸۰ ± ۰/۰۲^{a}
نرخ رشد ویژه (SGR)	۱/۸۵ ± ۰/۰۲^{c}	۱/۸۷ ±۰/۰۰^{c}	۲/۰۴± ۰/۰۲^{b}	۲/۱۴ ±۰/۰۰^{a}
ضریب چاقی (CF) یا فاکتور فربهی	۰/۳۱ ± ۰/۰۱^{a}	۰/۳۰ ± ۰/۰۲^{b}	۰/۲۹ ± ۰/۰۰^{b}	۰/۲۸ ± ۰/۰۰^{b}
درصد افزایش وزن بدن (BWI)	۱۸۳/۳۷ ± ۳/۵۳^{c}	۱۸۵/۸۶ ± ۰/۲۴	۲۱۴/۳۷ ± ۴/۱۵^{b}	۲۳۱/۸۳ ± ۱/۶۲^{a}
نرخ رشد روزانه ماهی (ADG)	۳/۲۷ ± ۰/۰۶^{c}	۳/۳۱ ±۰/۰۰^{c}	۳/۸۲ ± ۰/۰۷^{b}	۴/۱۳ ± ۰/۰۲^{a}
کارایی پروتئین (PER)	۱/۴۱ ± ۰/۰۲^{c}	۱/۴۳ ± ۰/۰۲^{c}	۱/۶۴ ± ۰/۰۷^{b}	۱/۷۶± ۰/۰۲^{a}
درصد بقاء (زنده‌مانی)	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

توجه: داده‌های جدول شامل میانگین± اشتباه معیار است.

حروف کوچک (a, b, c) متفاوت در هر ردیف بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین سه تیمار فوق است ($p<0.05$). ردیف‌هایی که فاقد حروف هستند دارای اختلاف معنی‌داری نیستند ($P> 0.05$).

فاکتورهای بیوشیمیایی سرم

پارامترهای بیوشیمیایی در جدول ۴ مشخص می‌باشد. میزانکلسترول، اوره، توتال بیلی‌روبین[11]ولیپازدر سرم تاس ماهی سیبری تغذیه شده با جلبک *Spirulina platensis* بین تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان نداد ($P>0.05$). اما میزان گلوکز، تری‌گلیسیرید تحت تاثیر جیره‌ها قرار گرفتند ($P<0.05$). در مطالعه حاضر بیشترین مقادیر گلوکز خون در تیمار Sp10 مشاهده شد که اختلاف معناداری با تیمار شاهد داشت داشت ($P<0.05$). در این پژوهش افزودن سطوح مختلف جلبک *Spirulina platensis* به جیره موجب کاهش سطح تری‌گلیسیرید خون شد و کمترین مقدار این پارامتر در تیمار Sp10 مشاهده شد ($P<0.05$).

[11] Total Bilirubin

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳، صفحات: ۵۹-۷۵
https://jmb.ahvaz.iau.ir

جدول ٤: میانگین شاخص های بیوشیمیایی خون *Acipenser baerii* تغذیه شده خوراک پایه (شاهد) و سه جیره آزمایشی با سطوح مختلف جلبک *Spirulina platensis* به مدت ٥٦ روز

پارامتر (میلی‌گرم/دسی‌لیتر)	جیره‌های آزمایشی			
	Sp0 (شاهد)	Sp2.5	Sp5	Sp10
گلوکز (Glucose)	۷۱ ± ۱/۱۵^{b}	۷۳/۳۳ ± ۲/۷۲^{b}	۷۸/۳۳ ± ۱/۴۵^{ab}	۸۳ ± ۴/۵۸^{a}
کلسترول (Cholestrol)	۱۱۲ ± ۱۹/۶۲	۱۵۱ ± ۴۰/۲۵	۱۶۹/۳۳ ± ۴۰/۱۲	۱۷۹/۶۶ ± ۲۶/۹۶
اوره (Urea)	۲/۶۶ ۱±/۲۰	۳/۶۶ ± ۰/۸۸	۳ ± ۱/۷۳	۲ ± ۱
بیلی‌روبین کل(Total Bilirubin)	۰/۰۴ ± ۰	۰/۰۲ ± ۰	۰/۰۲ ± ۰/۰۱	۰/۰۳ ± ۰
تری گلیسیرید (Triglyceride)	۶۰۳ ± ۳/۶۰^{a}	±۳۳/۶۰۴ ۴/۶۳^{a}	۵۷۴/۶۶ ± ۵/۱۷^{b}	۵۷۸ ± ۸/۱۴^{b}
لیپاز (Lipase)	۱۸/۳۳ ± ۱/۲۰	±۶۶/۱۸ ۲/۳۳	۱۸/۳۳ ± ۱/۸۵	۱۷/۶۶ ± ۲/۷۲

توجه: داده‌های جدول شامل میانگین± اشتباه معیار است.

حروف کوچک (a, b, c) متفاوت در هر ردیف بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین سه تیمارفوق است($p<0.05$). ردیف‌هایی که فاقد حروف هستند دارای اختلاف معنی‌داری نیستند ($P> 0.05$).

آنزیم‌های کبدی

نتایج حاصل از اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های کبدی تاس‌ماهی سیبری تغذیه شده با سطوح مختلف جلبک *Spirulina platensis* در پایان روز ۵۶ آزمایش در جدول ۵ آمده است. بر اساس نتایج به دست آمده، در انتهای روز ۵۶، اختلاف معنی‌داری در مقادیر آنزیم‌های کبدی AST، ALT و ALP در بین تیمارهای مختلف مورد مطالعه مشاهده نشد($P>0.05$) با این حال کم‌ترین میزان در تیمار Sp10 مشاهده شد.

جدول ٥: میانگین مقادیر آنزیم‌های کبدی *Acipenser baerii* تغذیه شده خوراک پایه (شاهد) و سه جیره آزمایشی با سطوح مختلف جلبک *Spirulina platensis*

پارامتر (U/I)	جیره‌های آزمایشی			
	Sp0 (شاهد)	Sp2.5	Sp5	Sp10
آسپارتاتآمینوترانسفراز (AST)	۳۱ ± ۱/۵۲	۲۹/۳۳ ± ۱/۲۰	۲۹/۶۶ ± ۱/۸۵	۲۹ ± ۲/۰۸
آلانینآمینوترانسفراز (ALT)	۵۲۹/۳۳ ± ۱۶/۵۷	۵۲۶ ± ۱۳/۰۵	۵۰۹/۳۳ ± ۷/۲۶	۵۰۱/۶۶ ± ۹/۷۶
آلکالاین فسفاتاز (ALP)	۷۱۳ ± ۷/۲۱	۷۰۸/۶۶ ± ۱۵/۱۰	۷۰۲/۶۶ ± ۱۹/۲۲	۶۹۲ ± ۱۴/۷۳

توجه: داده‌های جدول شامل میانگین± اشتباه معیار است.

حروف کوچک (a, b, c) متفاوت در هر ردیف بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین سه تیمار فوق است($p<0.05$). ردیف‌هایی که فاقد حروف هستند دارای اختلاف معنی‌داری نیستند ($P> 0.05$).

بحث

تأثیر سطوح مختلف جلبک *Spirulina platensis* برفاکتورهای رشد و زنده‌مانی

در بینماکرومولکول‌های موجود در مواد غذایی، پروتئین‌هامهم‌ترین فعالیت آنابولیک هستند که منجر به ساخت بافت جدید و رشد موجود می‌شوند و از طرف دیگر نقش اصلی چربی‌ها و کربوهیدرات‌هاتأمین انرژی برای نیازهای بدن است. اگر تقاضای انرژی فیزیولوژیکی بدن تأمین شود احتمالاً مصرف پروتئین برای تولید انرژی کاهش می‌یابد و پروتئین در مسیر بیوسنتز پروتئین جدید قرار می‌گیرد و باعث افزایش تعداد و اندازه سلول‌ها و در نهایت رشد جسمی می‌شود (Frayn, 2010). در این تحقیق چهار جیره آزمایشی با سطوح مختلف جلبک *Spirulinaplatensis*: ۰ (Sp 0/ شاهد)، ۲/۵ (Sp 2.5)، ۵ (Sp 5) و ۱۰ (Sp 10) درصد برای ماهی *Acipenser baerii* تعیین شد

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳، صفحات: ۵۹-۷۵
https://jmb.ahvaz.iau.ir

جدول(۳). عملکرد شاخص‌های رشد: میزان ضریب تبدیل غذایی (FCR)، میزان جذب غذا (FI)، نرخ رشد ویژه (SGR)، ضریب چاقی (CF) یا فاکتور فربهی، درصد افزایش وزن بدن (BWI)، نرخ رشد روزانه ماهی (ADG)، کارایی پروتئین (PER) و درصد بقاء (زنده‌مانی) نشان داده شد که جیره غذایی تاس‌ماهی سیبری با سطح ۱۰ درصد در جیره بهترین عملکرد را داشت. Nandeesha و همکاران ۱۹۹۸ گزارش کردند که بهبود شاخص‌های رشد ناشی از استفاده مکمل اسپرولینا ممکن است در نتیجه افزایش اشتها ماهی باشد. در همین راستا Roohani و همکاران (۲۰۱۹) دلیل بهبود رشد با استفاده از مکمل اسپرولینا رابهبود مصرف خوراک و قابلیت هضم مواد مغذی دانسته‌اند و بیان نمودند که اسپیرولینا تعادل میکروبی روده را بهبود می‌بخشد و با بهبود جذب غذا، فعالیت آنزیم‌های گوارشی و سیستم انتقال چربی منجر به رشد بهتر می‌شود. علاوه بر این، چندین ماده مغذی، به ویژه ویتامین‌ها، مواد معدنی، اسیدهای آمینه ضروری و اسیدهای چرب در اسپیرولینا وجود دارد که ممکن است برای تقویت رشد ماهی مفید باشد و ممکن است متابولیسم را فعال کند و به عنوان محرک رشد عمل کند (Roohani *et al.*, 2019). احتمالاً این ریزجلبک برای ماهی‌های گوشتخوار مناسب‌تر است و عملکرد رشد و کیفیت ماهیچه‌های ماهی را افزایش می‌دهد و مطالعه ما با این فرضیه مطابقت دارد. مطالعه AlMulhim و همکاران (۲۰۲۳) نیز نشان داد که گنجاندن ۱۰ درصد *S. platensis* در جیره‌های تیلاپیا با ۵۰ درصد جایگزینی پودر ماهی، عملکرد رشد و کارایی مصرف خوراک را بهبود می‌بخشد. این نتایج ممکن است به اسیدهای آمینه ضروری تشکیل‌دهنده، ویتامین‌ها، مواد معدنی، کاروتنوئیدها، فنل‌ها و پلی‌فنل‌ها در *S. platensis* نسبت داده شود (Khanzadeh *et al.*, 2016; Soni *et al.*, 2017). Youssef و همکاران (۲۰۲۳) نیز گزارش نمودندکه افزایش وزن و نرخ رشد ویژه ماهیان تغذیه شده با اسپیرولینا به طور قابل توجهی بیشتر از جیره شاهد بود. وزن بدن و افزایش وزن با افزایش سطح گنجاندن اسپیرولینا در رژیم غذایی افزایش یافت. اثر مثبت اسپیرولینا بر رشدمی‌تواند به دلیل محتوای بالای پروتئین، اسیدهای آمینه، ویتامین‌ها و مواد معدنی آن باشد (Khalila *et al.*, 2018). علاوه بر این، اسپیرولینا می‌تواند اشتهای ماهی را افزایش دهد و در نتیجه مصرف خوراک را افزایش دهد و در نتیجه رشد را بهبود بخشد (Abdel-Tawwab *et al.*, 2008). علاوه بر این، افزودن اسپیرولینا در رژیم غذایی ماهی، طول و عرض پرزهای روده را افزایش داد و منجر به بهبود جذب مواد مغذی شد (Al-Deriny *et al.*, 2020).

در مطالعه حاضر ارزش FCR کاهش و PER با افزایش سطح گنجاندن *S. platensis* در جیره‌ها افزایش یافت و کمترینFCR و بالاترین مقادیرPER در ۱۰٪ ادغام یافت شد. FCR کمتر و مقادیرPER بالاتر در جیره‌های مکمل *S. platensis* در مقایسه با جیره شاهد در این مطالعه نشان‌دهنده افزایش راندمان مصرف خوراک ماهی و کاهش هزینه تولید است. هنگامی که کیفیت پروتئین در رژیم غذایی بهبود می‌یابد،FCR کاهش می‌یابد و PER افزایش می‌یابد (Zahan *et al.*, 2024). این یافته‌ها با یافته‌هایAl Mamun و همکاران (۲۰۲۳) مطابقت دارد، جایی که کمترینFCR و بالاترین مقادیرPER در ۷٪ مکمل غذایی *S. platensis* در رژیم غذایی Gangetic mystus Mystus cavasius مشاهده شد. Tessier و همکاران (۲۰۲۱) اظهار داشتند که اسپیرولینا به دلیل محتوای مایکوپلی ساکاریدها و عدم وجود دیواره فیبری قوی به راحتی قابل هضم است. در این زمینه، Al-Deriny و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که*S. Platensis* رژیم غذایی FCR ماهی تیلاپیا نیل را بهبود می‌بخشد و این را به نقش جلبک در بهبود شاخص‌های مورفومتری روده نسبت می‌دهد که منجر به افزایش ظرفیت جذب روده می‌شود. به علاوه Youssefو همکاران (۲۰۲۳) نیز گزارش نمودند که FCR در رژیم غذایی ماهی‌های تغذیه‌شده با اسپیرولینا کمتر از گروه شاهد بود. FCR بهتر می‌تواند به این دلیل باشد که افزودن اسپیرولینا در جیره غذایی ماهی باعث بهبود استفاده از خوراک شد (Hossain *et al.*, 2017). اینیافته با یافته‌های Khalila و همکاران (۲۰۱۸) که گزارش نمودندFCR ماهی تیلاپیا تغذیه شده با ۰.٪ اسپیرولینا را نسبت به سایر تیمارها کاهش یافته است و PER را افزایش می‌دهد که این امر نشان‌دهنده بهبود استفاده از خوراک توسط این جلبک‌ها است (Hossain *etal.*, 2017). این نتیجه توسط سایر تحقیقات قبلی نیز پشتیبانی شد (Tan *et al.* 2017; Khalila *et al.*, 2018; Al-Zayat, 2019).

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳، صفحات: ۵۹-۷۵
https://jmb.ahvaz.iau.ir

تأثیر سطوح مختلف جلبک *Spirulina platensis* بر فاکتورهای بیوشیمیایی سرم

پارامترهای بیوشیمیای خون ماهی نشانگرهای قابل‌توجهی از وضعیت سلامت عمومی ماهی است (Mao *et al*., 2015). در این تحقیق میزان اوره، توتال بیلی‌روبین و کلسترول در سرم تاس‌ماهی سیبری تغذیه شده با سطوح مختلف جلبک *Spirulina platensis* بین تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان نداد ($P> 0.05$). افزایش اوره، توتال بیلی‌روبین و کلسترول در پلاسمای خون نشانگر عملکرد ضعیف کلیه‌ها و کبد است (Wedemeyer and Ross 1973). افزایش کلسترول سرم به‌عنوان شاخصی برای تخریب ساختار سلولی در غشای سلولی کلیه و عضله در نظر گرفته می‌شود (Üner *et al*., 2006). دراین راستا مطالعات Abdelkhalek و همکاران (۲۰۱۷) نشان داد در تیمار DZN-SP ۰.۵ و ۱ درصد، کلسترول و گلوکز سرم دوباره غلظت طبیعی خود را به دست آوردند، این امر نشان‌دهنده نقش ضد استرس اسپیرولینا در برابر سمیت زنوبوتیک و همچنین اثر محافظتی آن بر بافت کبد و کلیه است (Nachankar *et al*., 2005). به‌علاوه Youssef و همکاران (۲۰۲۳) نیز نشان دادند سطح سرمی اوره با مصرف مکمل اسپیرولینا در ماهی *Oreochromisniloticus* کاهش یافت ($P> 0.05$).

در مطالعه حاضر مقادیر تری‌گلیسیرید در سرم تاس‌ماهی سیبری تغذیه شده با استفاده از سطوح مختلف مکمل غذایی جلبک *Spirulina platensis* در مقایسه با گروه کنترل تفاوت معنی‌داری را نشان داد و با افزایش مقدار جلبک (SP_5 و SP_{10}) این میزان کاهش یافته است ($P< 0.05$). اندازه‌گیری تری‌گلیسیرید در تشخیص بیماری‌ها و استرس اهمیت دارد. میزان تری‌گلیسیرید در بیماری‌های مختلف کبدی، کلیوی، پانکراتیک و قلبی افزایش می‌یابد (Babaei *et al*., 2020). نتایج حاضر مطابق با یافته‌های adel و همکاران ۲۰۱۶ است. در مطالعه Yu و همکاران (۲۰۱۸) نیز گروه‌های درمانی در مقایسه با گروه شاهد، سطوح کلسترول و تری گلیسیرید را کاهش دادند. زیرا *S. platensis* حاوی α-لینولنیک اسید، اسید لینولئیک و بتاکاروتن است که می‌تواند سطح کلسترول و تری گلیسیرید را کاهش داده و از هیپرکلسترولمی و تصلب شرایین جلوگیری کند (Xiang *et al*., 2002; Colla *et al*., 2008)، به علاوه مطالعات نشان داده اند که اسپیرولینا حاوی ترکیبات فعالی مانند فیکوسیانین و اسیدهای چرب غیراشباع است که می‌توانند آنزیم کلیدی در مسیر سنتز کلسترول یعنی HMG-CoA Reductase را مهار کنند (Ramos-Romero *et al*., 2021).

در مطالعه حاضر، گلوکز خون در همه گروه‌های آزمایشی روند روبه‌رشدی را نشان می‌دهد که بیشترین میزان آن در ماهیانی که از ۱۰ درصد جلبک *Spirulinaplatensis* تغذیه شده‌اند، بود. سطح گلوکز خون به‌عنوان شاخص حساس به استرس عمل می‌کند. ماهی‌هایی که در معرض عوامل استرس‌زای خارجی قرار می‌گیرند، هورمون‌هایی مانند آدرنالین و کورتیزول ترشح می‌کنند، مسیرهای گلیکوژنز و گلیکوژنولیز را تحریک می‌کنند و در نتیجه تولید گلوکز را افزایش می‌دهند (Abozaid *et al*., 2023). بنابراین مدیریت استرس برای بهبود سلامت و حال عمومی ماهی امری ضروری است که در سیستم‌های پرورشی امری بسیار مهم است، چنین رویکرد مدیریتی در امر استرس باعث بهبود کیفیت محصولات نهایی نیز می‌شود، زیرا این امر عوامل درمانی را در محیط پرورشی کاهش می‌دهد (Rosas *et al*., 2019). این امر خلاف نتایج Raji و همکاران (۲۰۱۸) است که نشان دادند سطح گلوکز پلاسما با مصرف مکمل جلبک به طور قابل‌توجهی کاهش یافت. Yu و همکاران (۲۰۱۸) نیز نشان دادند که تفاوت معنی‌داری در سطوح کورتیزول و گلوکز در تمام گروه‌های آزمایشی مکمل *S. platensis* دیده نشده و باعث پاسخ استرس به *P. Leopardus* نمی‌شود.

تأثیر سطوح مختلف جلبک *Spirulinaplatensis* بر آنزیم‌های کبدی

Spirulinaplatensis با ارزش غذایی بالا با عملکرد محافظتی قوی hepato-reno مشخص می شود. علاوه بر ایندر چندین مطالعه سم شناسی نقش موثری دارد (Mazokopakis *et al*., 2014). آنزیم‌های AST، ALT و ALP از جمله مهم‌ترین آنزیم‌های کبدی هستند که در موارد آسیب به کبد و نکروز سلول‌های کبدی مقادیر آنها افزایش می‌یابد (Bandyopadhyay *et al*., 2016). هنگامی که سلول‌های کبدی تخریب می‌شود، این آنزیم‌ها به خون نشت می‌کند. بر اساس نتایج به دست آمده، در مطالعه حاضر مقادیر آنزیم‌های کبدی تحت تأثیرسطوح مختلف جلبک *S. Platensis* اضافه شده به جیره ماهیان قرار نگرفته و در انتهای روز ۵۶، اختلاف معنی‌داری در مقادیر آنزیم‌های

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳، صفحات: ۵۹-۷۵
https://jmb.ahvaz.iau.ir

کبدی AST، ALT و ALP در بین تیمارهای مختلف مورد مطالعه مشاهده نشد (P>0.05) ولی روند کاهشی مقادیر آن‌ها در تیمار ۱۰ درصد، حاکی از فقدان مواد آسیب‌رسان کبدی در مکمل جلبکی می‌باشد. هر چند که انجام مطالعات هیستوپاتولوژی بر روی بافت‌های کبدی، کلیه، طحال و روده جهت تأیید تکمیلی این مطلب می‌تواند مفید واقع شود. طبق برخی مطالعات، *S. platensis* ممکن است دارای خواص سم زدایی باشد که ممکن است پردازش موثرتر و حذف سموم توسط کبد را تسهیل کند. سطوح پایین تر ALT و AST می تواند نتیجه این فرآیند سم زدایی باشد (Carneiro *et al*., 2022). مطالعات قبلی همچنین نشان داده اند که *S.platensis* دارای ترکیبات فعال زیستی است که دارای ویژگی‌های ضد التهابی و آنتی اکسیدانی است. این ویژگی‌ها ممکن است به محافظت از سلول‌های کبد در برابر آسیب، کاهش التهاب و در نهایت منجر به کاهش سطح ALT و AST کمک کند (El-Araby *et al*., 2022). مانندALT، کاهش سطح ALP ممکن است نشان دهنده عملکرد بهتر کبد باشد. افزایش ALP همچنین می‌تواند به بافت‌های دیگر مانند روده و استخوان مرتبط باشد و به اندازه ALT مختص کبد نیست (Siddik *et al*., 2022). مطالعه Adel و همکاران در سال (۲۰۱۶) نیز همسو با نتایج فوق، مقادیر آنزیم‌های کبدی (AST، ALT و ALP) در تیمارهای فیل ماهی (*Husohuso*) حاوی جلبک *S. Platensis* در جیره غذایی به مرلتب نسبت به تیمار شاهد کمتر بود. در مطالعه Khani و همکاران (2017) نیز با استفاده از جلبک *Chlorella vulgaris* در جیره *Cyprinus carpio* اختلاف معنی‌داری را در ALT و AST مشاهده نگردید که همسو با نتایج مطالعه حاضر است. در مطالعه Abdelkhalek و همکاران (۲۰۱۷)، مکمل غذایی با *S. Platensis* بهبود قابل توجهی در عملکرد کبد از طریق کاهش فعالیت ترانس آمینازهای کبدی و آلکالین فسفاتاز و کاهش غلظت نشانگرهای آسیب کلیوی به ویژه در گروه DZN-SP1 نشان داد. این اثر محافظتی به فعالیت‌های آنتی اکسیدانی و ضد التهابی آن نسبت داده می‌شود. ترکیب شیمیایی آنتی اکسیدانی موجود در*S. Platensis*مانند بتا کاروتن، C-فیکوسیانین‌ها، ویتامین‌ها و مواد معدنی نقش مهمی در محافظت از بافت های کلیوی از سمیت در برابر زنوبیوتیک‌ها ایفا می‌کند (Karadeniz *et al*., 2009). در*O. Niloticus* نیز *S. Platensis* یک اثر محافظتی کبدی بر روی ماهیان در معرض دلتامترین از طریق کاهش میزان فعالیتآنزیمی ترانس آمینازهای کبدی و ALP نشان داده شده است (Abdelkhalek *et al*., 2015). Awad و همکاران (۲۰۲۲) نیز نشان دادند فعالیت بیومارکرهای کبدی در گروه های اسپیرولینا و بتائین نسبت به گروه کنترل به طور قابل توجهی کاهش یافت. با این حال، به دنبال عفونت، همه بیومارکرهای کبدی و کلیوی (ALP ،ALT) در گروه کنترل به طور قابل توجهی بالاتر از سایر تیمارها بود.

نتیجه‌گیری

باتوجه‌به نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق، ریزجلبک آب شیرین *S.platensis* (به‌ویژه در ۱۰٪ مکمل تغذیه شده) قادر به بهبود شاخص‌های عملکرد رشد تاسماهی سیبری (*Acipenserbaerii*) به مدت ۵۶ روز هستند. نتایج آماری پارامترهای بیوشیمیایی خون مانند میزان اوره، بیلی‌روبین کل، کلسترول لیپاز بین تیمارها اختلاف معنی داری نشان نداد (P>0.05)، اما میزان گلوکز و تری‌گلیسرید تحت تاثیر جیره‌ها قرار گرفتند (P<0.05) و بیشترین مقادیر گلوکز خون در تیمار Sp10 مشاهده شد که اختلاف معناداری با تیمار شاهد داشت داشت (P<0.05) و افزودن سطوح مختلف جلبک *Spirulinaplatensis* به جیره موجب کاهش سطح تری‌گلیسیریدخون شد و کم‌ترین مقدار این پارامتر در تیمار Sp10 مشاهده شد (P<0.05). به علاوه *S.platensis* تغییری را در روند آنزیم‌های کبدی: AST، ALT و ALP بین تیمارهای مختلف مورد مطالعه مشاهده نشد (P>0.05) با این حال کم‌ترین میزان در تیمار Sp10 مشاهده شد. در مجموع، تاثیر جلبک *Spirulinaplatensis* قادر به بهبود شاخص های رشد، تغذیه، خونی، بیوشیمیایی و آنزیم‌های کبدی کاملا مثبت و معنی دار ارزیابی می‌شود و پیشنهاد می‌شود مطالعات بیشتری برای بررسی تأثیر جایگزینی پودر ماهی با *S.platensis* بر سایر پارامترهای خونی و آنزیم‌های اکسیداتیو در شرایط مختلف فیزیولوژیکی صورت گیرد، زیرا این امر کمک قابل‌توجهی به صنعت آبزی‌پروری می‌کند و *S.platensis* را به عنوان منابع پایدار پروتئین قابل‌قبول‌تر می‌کند. زیرا در آینده، اسپیرولینا با توجه به قیمت موجود، می‌تواند یک گزینه استراتژیک برای صرفه‌جویی در پودر ماهی باشد.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

JOMB
مجله زیست شناسی دریا
دوره ۱۶، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۳، صفحات: ۵۹-۷۵
https://jmb.ahvaz.iau.ir

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از تیم علمی و آزمایشگاهی مزرعه خاویار طلایی دیلم که در راستای اعتلای یافته‌های این مقاله گام برداشتند و همکاری شایانی در انجام بخشی از پژوهش حاضر داشتند، قدردانی می‌گردد.

References

1. **Abdelkhalek, N. K., Eissa, I. A., Ahmed, E., Kilany, O. E., El-Adl, M., Dawood, M. A., ... & Abdel-Daim, M. M. (2017).** Protective role of dietary Spirulina platensis against diazinon-induced Oxidative damage in Nile tilapia; Oreochromis niloticus. Environmental Toxicology and Pharmacology, 54, 99-104.
2. **Abdelkhalek, N. K., Ghazy, E. W., & Abdel-Daim, M. M. (2015).** Pharmacodynamic interaction of Spirulina platensis and deltamethrin in freshwater fish Nile tilapia, Oreochromis niloticus: impact on lipid peroxidation and oxidative stress. Environmental Science and Pollution Research, 22, 3023-3031.
3. **Abdel-Tawwab, M. O. H. S. E. N., Ahmad, M. H., Abdel-Hadi, Y. M., & Seden, M. E. (2008, September).** Use of Spirulina (Arthrospir platensis) as a growth and immunity promoter for nile tilapia, Oreochromis niloticus (L.) fry challenged with pathogenic Aeromonas hydrophila. In 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Cairo, Egypt (pp. 1015-1032).
4. **Abozaid, H., Elnady, A., Aboelhassan, D. M., Mansour, H., Abedo, A., Ghaly, I. S., ... & Farag, I. M. (2023).** Impact of Spirulina platensis as a dietary supplement on growth performance, blood biochemical parameters, and expression of growth-related genes in Nile Tilapia (Oreochromis niloticus). Egyptian Journal of Veterinary Sciences, 54(6), 1265-1277.
5. **Adel, M., Yeganeh, S., Dadar, M., Sakai, M., & Dawood, M. A. (2016).** Effects of dietary Spirulina platensis on growth performance, humoral and mucosal immune responses and disease resistance in juvenile great sturgeon (Huso huso Linnaeus, 1754). Fish & Shellfish Immunology, 56, 436-444.
6. **Akhoundian, M., Younesi, H. A., & Gorjian, M. H. (2023).** Spirulina Platensis Supplementation: A Nutritional Boost for Enhancing Survival and Hemato-Biochemical Parameters of Persian Sturgeon (Acipenser Persicus). *Available at SSRN 4684170*.
7. **Al Mamun, M., Hossain, M. A., Saha, J., Khan, S., Akter, T., & Banu, M. R. (2023).** Effects of spirulina Spirulina platensis meal as a feed additive on growth performance and immunological response of Gangetic mystus Mystus cavasius. Aquaculture Reports, 30, 101553.
8. **Al-Deriny, S. H., Dawood, M. A., Abou Zaid, A. A., El-Tras, W. F., Paray, B. A., Van Doan, H., & Mohamed, R. A. (2020).** The synergistic effects of Spirulina platensis and Bacillus amyloliquefaciens on the growth performance, intestinal histomorphology, and immune response of Nile tilapia (Oreochromis niloticus). Aquaculture Reports, 17, 100390.
9. **Allam, B. W., Khalil, H. S., Mansour, A. T., Srour, T. M., Omar, E. A., & Nour, A. A. M. (2020).** Impact of substitution of fish meal by high protein distillers dried grains on growth performance, plasma protein and economic benefit of striped catfish (Pangasianodon hypophthalmus). *Aquaculture*, *517*, 734792.
10. **AlMulhim, N. M., Virk, P., Abdelwarith, A. A., & AlKhulaifi, F. M. (2023).** Effect of incorporation of Spirulina platensis into fish diets, on growth performance and biochemical

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

composition of Nile Tilapia, Oreochromis niloticus. Egyptian Journal of Aquatic Research, 49(4), 537-541.

11. **Altmann, B. A., & Rosenau, S. (2022).** Spirulina as animal feed: Opportunities and challenges. Foods, 11(7), 965.
12. **Awad, L. Z., El-Mahallawy, H. S., Abdelnaeim, N. S., Mahmoud, M. M., Dessouki, A. A., & ElBanna, N. I. (2022).** Role of dietary Spirulina platensis and betaine supplementation on growth, hematological, serum biochemical parameters, antioxidant status, immune responses, and disease resistance in Nile tilapia. Fish & Shellfish Immunology, 126, 122-130.
13. **Babaei, A. A., Rafiee, M., Khodagholi, F., Ahmadpour, E., & Amereh, F. (2020).** Physiological stress response of the Wistar albino rats orally exposed to polystyrene nanoparticles.
14. **Bandyopadhyay, K. Marrero, I. and Kumar, V. (2016).** NKT cell subsets as key participants in liver physiology and pathology.Cellular & Molecular Immunology (2016) 13, 337-346.
15. **Belal, E. B., Khalafalla, M. M. E., & El-Hais, A. M. A. (2012).** Use of spirulina (Arthrospira fusiformis) for promoting growth of Nile Tilapia fingerlings. African Journal of Microbiology Research, 6(35), 6423-6431.
16. **Carneiro, W. F., Castro, T. F. D., Reichel, T., de Castro Uzeda, P. L., Martínez-Palacios, C. A., & Murgas, L. D. S. (2022).** Diets containing Arthrospira platensis increase growth, modulate lipid metabolism, and reduce oxidative stress in pacu (Piaractus mesopotamicus) exposed to ammonia. *Aquaculture*, *547*, 737402.
17. **Colla, L. M., Muccillo-Baisch, A. L., & Costa, J. A. V. (2008).** Spirulina platensis effects on the levels of total cholesterol, HDL and triacylglycerols in rabbits fed with a hypercholesterolemic diet. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, *51*, 405-411.
18. **de Cruz, C. R., Lubrano, A., & Gatlin III, D. M. (2018).** Evaluation of microalgae concentrates as partial fishmeal replacements for hybrid striped bass Morone sp. *Aquaculture*, *493*, 130-136.
19. **El-Araby, D. A., Amer, S. A., Attia, G. A., Osman, A., Fahmy, E. M., Altohamy, D. E., ... & Tolba, S. A. (2022).** Dietary Spirulina platensis phycocyanin improves growth, tissue histoarchitecture, and immune responses, with modulating immunoexpression of CD3 and CD20 in Nile tilapia, Oreochromis niloticus. *Aquaculture*, *546*, 737413.
20. **Frayn, K. N. (2010).** Metabolic regulation: a human perspective.
21. **Gatlin, D. I. (2010).** Principles of fish nutrition.
22. **Goda, A. A. S., Srour, T. M., Omar, E., Mansour, A. T., Baromh, M. Z., Mohamed, S. A., ... & Davies, S. J. (2019).** Appraisal of a high protein distiller's dried grain (DDG) in diets for European sea bass, Dicentrarchus labrax fingerlings on growth performance, haematological status and related gut histology. *Aquaculture Nutrition*, *25*(4), 808-816.
23. **Haxton, T. J., & Friday, M. J. (2019).** Are we overestimating recovery of sturgeon populations using mark/recapture surveys?. *Journal of Applied Ichthyology*, *35*(1), 336-343.
24. **Hodar, A. R., Vasava, R. J., Mahavadiya, D. R., & Joshi, N. H. (2020).** Fish meal and fish oil replacement for aqua feed formulation by using alternative sources: a review. *Journal of Experimental Zoology India*, *23*(1).
25. **Holman, B. W. B., & Malau-Aduli, A. E. O. (2013).** Spirulina as a livestock supplement and animal feed. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, *97*(4), 615-623.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

26. Hoseinifar,SH.,Mirvaghefi,A. And Merrifield,DL. (2011). The study of some haematological and serum biochemical parameters of juvenile beluga(Huso huso) fed oligofructose. Fish Physiol Biochem 37, 91-96.

27. Jang, W. J., Lee, J. M., Hasan, M. T., Lee, B. J., Lim, S. G., & Kong, I. S. (2019). Effects of probiotic supplementation of a plant-based protein diet on intestinal microbial diversity, digestive enzyme activity, intestinal structure, and immunity in olive flounder (Paralichthys olivaceus). *Fish & shellfish immunology*, *92*, 719-727.

28. Jannathulla, R., Rajaram, V., Kalanjiam, R., Ambasankar, K., Muralidhar, M., & Dayal, J. S. (2019). Fishmeal availability in the scenarios of climate change: Inevitability of fishmeal replacement in aquafeeds and approaches for the utilization of plant protein sources. *Aquaculture Research*, *50*(12), 3493-3506.

29. Karadeniz, A., Cemek, M., & Simsek, N. (2009). The effects of Panax ginseng and Spirulina platensis on hepatotoxicity induced by cadmium in rats. Ecotoxicology and environmental safety, 72(1), 231-235.

30. Khalila, H. Khalila, H. S., Fayed, W. M., Mansour, A. T., Srour, T. M., Omar, E. A., Darwish, S. I., & Nour, A. (2018). Dietary supplementation of Spirulina, Arthrospira platensis, with plant protein sources and their effects on growth, feed utilization and histological changes in Nile tilapia, Oreochromis niloticus. *J. Aquac. Res. Dev*, *9*(2).

31. Khani, M., Soltani, M., Shamsaie Mehrjan, M., Foroudi, F., & Ghaeni, M. (2017). The effects of Chlorella vulgaris supplementation on growth performance, blood characteristics, and digestive enzymes in Koi (Cyprinus carpio). Iranian Journal of Fisheries Sciences, 16(2), 832-843.

32. Khanzadeh, M., Esmaeili Fereidouni, A., & Seifi Berenjestanaki, S. (2016). Effects of partial replacement of fish meal with Spirulina platensis meal in practical diets on growth, survival, body composition, and reproductive performance of three-spot gourami (Trichopodus trichopterus)(Pallas, 1770). Aquaculture international, 24, 69-84.

33. Kim, S. S., Rahimnejad, S., Kim, K. W., & Lee, K. J. (2013). Partial replacement of fish meal with Spirulina pacifica in diets for parrot fish (Oplegnathus fasciatus). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 13(2).

34. Mahmoud, M. M., El-Lamie, M. M., Kilany, O. E., & Dessouki, A. A. (2018). Spirulina (Arthrospira platensis) supplementation improves growth performance, feed utilization, immune response, and relieves oxidative stress in Nile tilapia (Oreochromis niloticus) challenged with Pseudomonas fluorescens. *Fish & shellfish immunology*, *72*, 291-300.

35. Mandal, R. N., Datta, A. K., Sarangi, N., & Mukhopadhyay, P. K. (2010). Diversity of aquatic macrophytes as food and feed components to herbivorous fish- a review. *Indian Journal of Fisheries*, *57*(3), 65-73.

36. Mansour, A. T., Alsaqufi, A. S., Alkhamis, Y. A., Al-Gazar, F. F., Zaki, M. A., Nour, A. A. M., & Ramadan, K. M. (2021). The evaluation of Arthrospira platensis bioactivity and their dietary supplementation to Nile tilapia vegetarian diet on growth performance, feed utilization, body composition and hemato-biochemical parameters. *Annals of Animal Science*, *21*(3), 1061-1080.

37. Mazokopakis, E. E., Starakis, I. K., Papadomanolaki, M. G., Mavroeidi, N. G., & Ganotakis, E. S. (2014). The hypolipidaemic effects of Spirulina (Arthrospira platensis)

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

supplementation in a Cretan population: a prospective study. Journal of the Science of Food and Agriculture, 94(3), 432-437.

38. **Mohammadiazarm, H., Maniat, M., Ghorbanijezeh, K., & Ghotbeddin, N. (2021).** Effects of spirulina powder (*Spirulina platensis*) as a dietary additive on Oscar fish, Astronotus ocellatus: Assessing growth performance, body composition, digestive enzyme activity, immune-biochemical parameters, blood indices and total pigmentation. Aquaculture nutrition, 27(1), 252-260.
39. **Nachankar,R.S., Juvekar,A.R. and Sonawane,A. (2005).** Prevention of cold stress induced adrenal hypotyophy by *Spirulina platensis. Trad. Med. Nutr*.,6(3):101-107.
40. **Nakagawa, H., Mustafa, G., Takii, K., Umino, T., & Kumai, H. (2000).** Effect of dietary catechin and Spirulina on vitamin C metabolism in red sea bream. *Fisheries science*, *66*(2), 321-326.
41. **Nandeesha, M. C., Gangadhar, B., Varghese, T. J., & Keshavanath, P. (1998).** Effect of feeding Spirulina platensis on the growth, proximate composition and organoleptic quality of common carp, Cyprinus carpio L. Aquaculture Research, 29(5), 305-312.
42. **Nayak, S. K. (2010).** Probiotics and immunity: a fish perspective. Fish & shellfish immunology, 29(1), 2-14.
43. **Ng, W. K., & Romano, N. (2013).** A review of the nutrition and feeding management of farmed tilapia throughout the culture cycle. *Reviews in Aquaculture*, *5*(4), 220-254.
44. **Plaza, I., García, J. L., & Villarroel, M. (2018).** Effect of spirulina (Arthrospira platensis) supplementation on tilapia (Oreochromis niloticus) growth and stress responsiveness under hypoxia.
45. **Rahman, M., Al Mamun, M. A., Rathore, S. S., Nandi, S. K., Kari, Z. A., Wei, L. S., ... & Kabir, M. A. (2023).** Effects of dietary supplementation of natural Spirulina on growth performance, hemato-biochemical indices, gut health, and disease resistance to Aeromonas hydrophila of Stinging catfish (Heteropneustes fossilis) fingerling. Aquaculture Reports, 32, 101727.
46. **Raji, A. A., Alaba, P. A., Yusuf, H., Bakar, N. H. A., Taufek, N. M., Muin, H., ... & Razak, S. A. (2018).** Fishmeal replacement with Spirulina Platensis and Chlorella vulgaris in African catfish (Clarias gariepinus) diet: Effect on antioxidant enzyme activities and haematological parameters. *Research in veterinary science*, *119*, 67-75.
47. **Ramírez-Carmona, M., Rendón-Castrillón, L., Ocampo-López, C., & Sánchez-Osorno, D. (2022).** Fish Food Production Using Agro-Industrial Waste Enhanced with Spirulina sp. Sustainability, 14(10), 6059.
48. **Ramos-Romero, S., Torrella, J. R., Pagès, T., Viscor, G., & Torres, J. L. (2021).** Edible microalgae and their bioactive compounds in the prevention and treatment of metabolic alterations. *Nutrients*, *13*(2), 563.
49. **Roohani, A. M., Abedian Kenari, A., Fallahi Kapoorchali, M., Borani, M. S., Zoriezahra, S. J., Smiley, A. H., ... & Rombenso, A. N. (2019).** Effect of spirulina Spirulina platensis as a complementary ingredient to reduce dietary fish meal on the growth performance, whole-body composition, fatty acid and amino acid profiles, and pigmentation of Caspian brown trout (Salmo trutta caspius) juveniles. Aquaculture Nutrition, 25(3), 633-645.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

50. **Rosas, V. T., Poersch, L. H., Romano, L. A., & Tesser, M. B. (2019).** Feasibility of the use of Spirulina in aquaculture diets. Reviews in Aquaculture, 11(4), 1367-1378.
51. **Rosenau, S., Oertel, E., Mott, A. C., & Tetens, J. (2021).** The effect of a total fishmeal replacement by Arthrospira platensis on the microbiome of african catfish (Clarias gariepinus). Life, 11(6), 558.
52. **Saleh, H. A., Gaber, H. S., El-Khayat, H. M. M., Abdel-Motleb, A., Mohammed, W. A. A., & Okasha, H. (2021).** Influences of dietary supplementation of chlorella vulgaris and spirulina platensis on growth-related genes expression and antioxidant enzymes in oreochromis niloticus fish exposed to heavy metals. Aquaculture Studies, 22(2).
53. **Siddik, M. A., Vatsos, I. N., Rahman, M. A., & Pham, H. D. (2022).** Selenium-enriched spirulina (SeE-SP) enhance antioxidant response, immunity, and disease resistance in juvenile Asian seabass, Lates calcarifer. *Antioxidants*, *11*(8), 1572.
54. **Soni, R. A., Sudhakar, K., & Rana, R. S. (2017).** Spirulina–From growth to nutritional product: A review. Trends in food science & technology, 69, 157-171.
55. **Taati, R., Soltani, M., & Bahmani, M. (2014).** Evaluation of growth indices, survival and carcass composition of farmed great sturgeon juveniles (Huso huso) fed prebiotic Immunoster. *Iranian Journal of Biology: Journal of Animal Research*, 27(1), 71-79. https://doi.org/10.2717.In Farsi
56. **Tan, C. Y., Galaz, G. B., & Shapawi, R. (2017).** Effects of dietary inclusion of Spirulina meal on growth and hematological parameters of cultured Asian sea bass, Lates calcarifer. Borneo Journal of Marine Science and Aquaculture (BJoMSA), 1.
57. **Teimouri, M., Yeganeh, S., Mianji, G. R., Najafi, M., & Mahjoub, S. (2019).** The effect of Spirulina platensis meal on antioxidant gene expression, total antioxidant capacity, and lipid peroxidation of rainbow trout (Oncorhynchus mykiss). Fish physiology and biochemistry, 45, 977-986.
58. **Tessier, R., Calvez, J., Khodorova, N., & Gaudichon, C. (2021).** Protein and amino acid digestibility of 15 N Spirulina in rats. European Journal of Nutrition, 60, 2263-2269.
59. **Wedemeyer, G. A., & Ross, A. J. (1973).** Nutritional factors in the biochemical pathology of corynebacterial kidney disease in the coho salmon (Oncorhynchus kisutch). Journal of the Fisheries Board of Canada, 30(2), 296-298.
60. **Xiang, Y., Shuning, H., Lingke, Z., & Cheng, H. (2002).** The analysis of the effect of reducing triglyceride level in serum of hyperlipidemiademia model rats by feeding Spirulina maxima. *Journal of Nanjing University (Natural Sciences)*, *38*(2), 182-186.
61. **Youssef, I. M., Saleh, E. S., Tawfeek, S. S., Abdel-Fadeel, A. A., Abdel-Razik, A. R. H., & Abdel-Daim, A. S. (2023).** Effect of Spirulina platensis on growth, hematological, biochemical, and immunological parameters of Nile tilapia (Oreochromis niloticus). Tropical Animal Health and Production, 55(4), 275.
62. **Yu, W., Wen, G., Lin, H., Yang, Y., Huang, X., Zhou, C., ... & Li, T. (2018).** Effects of dietary Spirulina platensis on growth performance, hematological and serum biochemical parameters, hepatic antioxidant status, immune responses and disease resistance of Coral trout Plectropomus leopardus (Lacepede, 1802). Fish & shellfish immunology, 74, 649-655.
63. **Zahan, N., Hossain, M. A., Islam, M. R., Saha, J., Akter, T., Fatema, U. K., & Haque, F. (2024).** Effects of dietary Spirulina platensis on growth performance, body composition,

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]

haematology, immune response, and gut microflora of stinging catfish Heteropneustes fossilis. Aquaculture Reports, 35, 101997.

[Downloaded from jmb.ahvaz.iau.ir on 2026-06-07]