

مروری بر اثر مکمل غذایی ریز جلبکها بر رشد و ایمنی طیور

بهاره نوروزی^{۱*}، طاهره تقی زاده اشرفی^۲

۱- دانشیار گروه بیوتکنولوژی، بخش زیست شناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- بهداشت مواد غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران آموزش و ترویج (AREEO)، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۳/۲۱

چکیده

امروزه افزایش مقاومت دارویی در برابر عوامل بیماری‌زای مختلف، تهدید قابل توجهی در صنعت طیور است. در این میان، ریز جلبکها به عنوان مکمل غذایی در انسان، حیوانات، طیور و آبزیان محسوب می شوند که حاوی پروتئین، ویتامین ها، مواد معدنی، اسیدهای چرب، رنگدانه ها و اسیدهای آمینه ضروری هستند. علاوه بر این، حاوی مقادیر قابل توجهی از آنتی اکسیدان های طبیعی منحصر به فرد از جمله پلی فنول ها، کاروتنوئیدها و فیکوسیانین نیز هستند. مکمل غذایی *Spirulina* می تواند بر جمعیت میکروبی روده، پارامترهای بیوشیمیایی سرم و عملکرد رشد جوجه ها تأثیر مفیدی بگذارد، چرا که حاوی محتویات پلی فنلی است که دارای اثرات ضد باکتریایی است و از تحرک باکتری ها، مهاجم و تشکیل بیوفیلم جلوگیری می کنند. علاوه بر آن با اثر مستقیم روی باکتری ها با تضعیف و متخلخل تر کردن دیواره های سلولی و در نتیجه نشت محتوای سیتوپلاسمی، نقش مهمی در از بین بردن باکتری ها دارند. از آنجاییکه ریز جلبکها، فعالیت های ضد ویروسی بالقوه ای در برابر برخی از ویروس های مشترک انسانی یا حیوانی دارند، می توانند در برابر ویروس های پرندگان نیز موثر واقع شوند. در این مقاله مروری، تأثیرات ایمنی شناسی سیانوباکتری ها به عنوان غذای مکمل در طیور برای افزایش رشد، سلامت روده و مقاومت در برابر بیماری ها بررسی خواهد شد.

کلمات کلیدی: تغذیه، ریز جلبکها، طیور، ضد ویروسی، فعالیت ضد میکروبی

* نویسنده مسئول: بهاره نوروزی

آدرس: گروه بیوتکنولوژی بخش زیست شناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

پست الکترونیک: bahareh.nowruzi@srbiau.ac.ir

مقدمه

با وجود استفاده گسترده از واکسن ها و داروها، بیماری های متعددی در صنعت طیور همچنان رخ می دهد که منجر به خسارات مالی می شود. به عنوان مثال، عفونت های ویروسی پرندگان مانند آنفولانزای پرندگان، برونشیت عفونی، بیماری بورس عفونی و بیماری نیوکاسل منجر به خسارات اقتصادی قابل توجهی به خصوص در جوجه ها، افزایش مرگ و میر، کاهش رشد و سرکوب سیستم ایمنی می شود (Alaqil & Abbas, 2023). همین امر در مورد عفونت های باکتریایی مانند سالمونلا، E.coli و غیره نیز صادق است. بنابراین نیاز مداوم به استفاده از مواد طبیعی برای رفع این مشکل وجود دارد. به عنوان مثال، جلبک ها منبعی از اجزای مفید بیولوژیکی حیاتی هستند که استفاده از زیستگاه های طبیعی را به عنوان منبع این مواد شیمیایی به یک استراتژی مناسب برای ایجاد غذاهای نوآورانه تبدیل می کند (Valikboni, Anvar, & Nowruzi, 2024). یکی از بزرگترین منابع برای مواد مغذی آلی در میان جلبک های خوراکی، جلبک سبز آبی میکروسکوپی *Spirulina* است که به عنوان یک مکمل غذایی برای خوراک انسان و دام در سطح جهان استفاده می شود. *Spirulina platensis* یک سیانوباکتری تجاری رشته ای است که به عنوان مکمل غذایی و خوراکی در صنعت انسان، آبی پروری، دام و طیور مورد استفاده قرار می گیرد (Khan et al., 2020).

Spirulina می تواند هم در آب شور و هم در آب شیرین رشد کند و در چندین کشور به صورت نیمه و انبوه کشت می شود. *Spirulina* یک منبع غذایی غنی از پروتئین بالا (۲۶۰-۷۷۰ گرم در کیلوگرم) است که ۷۰٪ وزن خشک و محتوای چربی زیادی (۱۰-۱۴۰ گرم / کیلوگرم) دارد (Mohammad Shirazi et al., 2021).

مهمترین مزیت *Spirulina* این است که قابلیت هضم مواد مغذی بالایی دارد که نسبت به سایر رژیم ها و خوراک های سبزیجات برتر است. بنابراین، *Spirulina* این پتانسیل را دارد که تا حدی جایگزین منابع سنتی پروتئین، به ویژه کنجاله سویا شود. اسید اولئیک، لینولئیک اسید، گامالینولئیک اسید، دوکوزاهگزانوئیک اسید (DHA)، سولفولیپیدها و گلیکولیپیدها از جمله اسیدهای چرب غیراشباع موجود در *Spirulina* هستند، علاوه بر این، اسیدهای چرب غیراشباع امگا ۳ و ۶ در *Spirulina* فراوان هستند. *Spirulina* همچنین حاوی رنگدانه هایی مانند کاروتنوئیدها (۴۰۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم) است که شامل بتا-کاروتن و زآگزانتین و رنگدانه های کلروفیل است (Nowruzi, 2024). فیکوبیلی پروتئین ها، ویتامین ها و ماکرو و میکروالمانهای معدنی مانند کلسیم، آهن، منیزیم، منگنز، پتاسیم، روی و سلنیوم نیز در *Spirulina* یافت می شوند (El-Shall et al., 2023).

علاوه بر این، پلی ساکاریدها، پرو ویتامین A، ویتامین E، ویتامین K و انواع ویتامین های B و همچنین آنتی اکسیدان ها نیز از اجزای مهم *Spirulina* هستند (Behjati, Ataee, Nowruzi, Anvar, & Ahari, 2025). *Spirulina* به دلیل داشتن ترکیبات مغذی استثنایی و چشمگیر به عنوان یک افزودنی رژیمی در طیف گسترده ای از محصولات غذایی استفاده می شود که به بهبود کیفیت غذایی محصولات و همچنین پتانسیل آنها برای بهبود عملکرد تولید مثلی و تولیدی، سلامت عمومی و علائم بیماری های مختلف حیوانی مانند آرتریت، دیابت، کم خونی، فشار خون بالا و اختلالات قلبی عروقی کمک می کند. *Spirulina* به عنوان جایگزینی قوی آنتی بیوتیکی در غذای مرغ استفاده می شود و منجر به خواص دارویی بالقوه ای مانند ضد



Spirulina در رژیم غذایی منجر به افزایش لاکتوباسیلوس می شود، در حالی که جمعیت اشریشیا کلی را کاهش می دهد (Chamari, Anvar, 2024). در طول ۳۵ روز اول زندگی، رژیم غذایی ۵ گرم بر کیلوگرم *Spirulina* باعث افزایش قابل توجهی در افزایش وزن بدن می شود. اما رژیم غذایی در سطح ۳ گرم بر کیلوگرم *Spirulina*، میزان کلسترول را در هر گرم زرده، به میزان قابل توجهی کاهش داد و در عین حال رنگ زرده تخم مرغ را نیز بهبود بخشید (El-Shall et al., 2023).

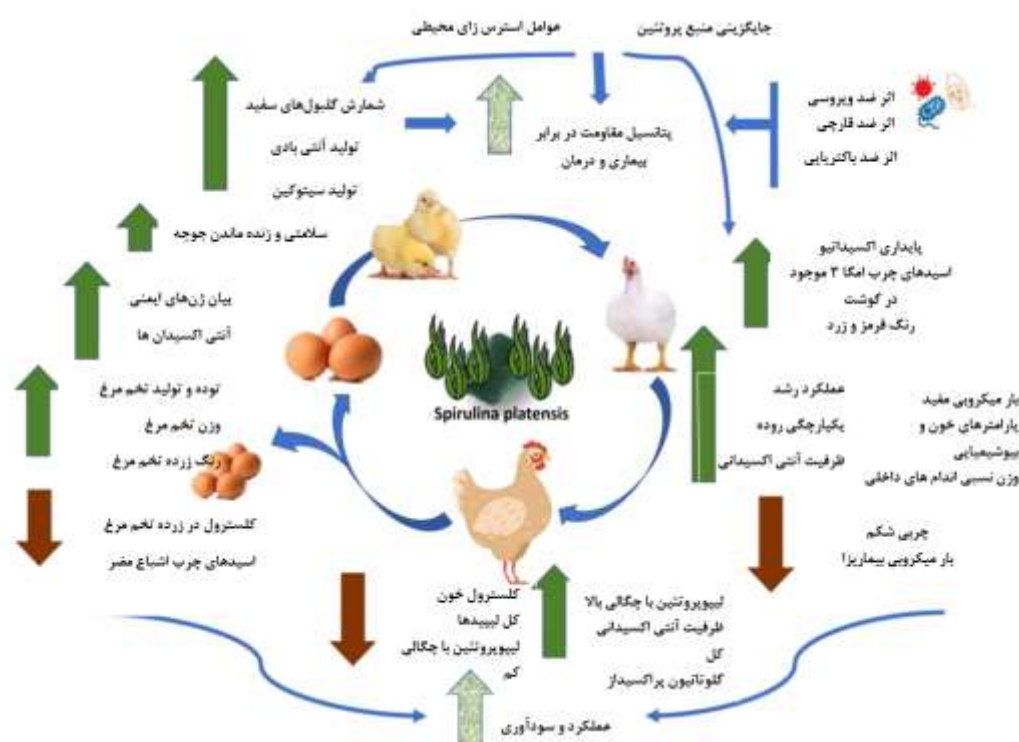
با این حال، مصرف خوراک روزانه، FCR، درصد تخم‌های شکسته، ضخامت پوسته تخم‌مرغ، ارتفاع آلبومین، واحد هاو و وزن تخم‌مرغ تحت تأثیر *Spirulina* جیره تا ۰/۹ درصد قرار نگرفت. در مقایسه با پرندگان بدون مکمل، جلبک ۰/۶ درصد به طور قابل توجهی سبب افزایش توده و تولید تخم مرغ و همچنین رنگ زرده تخم مرغ در جوجه‌های تخمگذار بین ۲۶ تا ۳۷ هفتگی شد. برای بهبود عملکرد تولید مثل و تولید مثل، آنها پیشنهاد کردند که *Spirulina* را به رژیم غذایی اضافه کنید. هنگامی که رژیم غذایی اولیه با ۲ یا ۳ گرم *Spirulina* در هر کیلوگرم جیره در طول دوره تخمگذاری از ۲۹ تا ۴۰ هفتگی داده شد، مرغ ها و خروس ها به طور قابل توجهی دارای بالاترین سطوح لیوپروتئین با چگالی بالا (HDL)، ظرفیت آنتی اکسیدانی کل (TAOC)، گلوکاتایون پراکسیداز (GPx)، مقدار تخم مرغ، وزن تخم مرغ و درصد جوجه کشی شدند و کلسترول خون، لیپیدهای کل و لیوپروتئین با چگالی کم به طور قابل توجهی کاهش یافتند (Selim, Hussein, & Abou-Elkhair, 2018).

میکروبی، آنتی اکسیدانی، ضد سرطانی، ضد التهابی و تقویت کننده سیستم ایمنی در آنها می شود. خواص ضد ویروسی *Spirulina*، سیستم ایمنی را تقویت می کند (Bortolini et al., 2022). در آینده *Spirulina* در حال تبدیل شدن به یک روش مقرون به صرفه برای افزایش تولید طیور است. در این مقاله مروری، مزایای درمانی ریز جلبکها به عنوان مکمل غذایی برای مبارزه با بیماری های مختلف طیور مورد بررسی قرار می گیرد.

اثرات *S. platensis* بر عملکرد تولیدی

از مرحله جنینی تا تخم گذاری، *Spirulina* را می توان در جیره طیور مصرف کرد. تزریق *S. platensis* در تخم مرغ بیان ژن های مرتبط با ایمنی و آنتی اکسیدانی را افزایش می دهد (Iry, Nowruzi, & Ghazi, 2023). محققان گزارش کردند که حضور *Spirulina* در آب های آشامیدنی به مدت ۴ هفته در سطوح ۰/۵، ۱ و ۲ گرم در لیتر منجر به میانگین افزایش وزن بدن با بالاترین درصد زنده ماندن جوجه می شود. (Al-Batshan, Al-, 2001). (Mufarrej, Al-Homaidan, & Qureshi, 2001). مکمل *Spirulina*، ۱ یا ۲ گرم به ازای هر کیلوگرم جیره های حاوی پروتئین های گیاهی و حیوانی در بلدرچین ژاپنی، عملکرد رشد را بدون تأثیر بر کیفیت گوشت یا فلور روده در بلدرچین های تغذیه شده با منبع پروتئین گیاهی بهبود بخشید، اما هیچ تأثیری در جیره غذایی مبتنی بر پروتئین حیوانی مشاهده نشد. با مصرف ۰/۷ و ۰/۹ گرم *S. platensis* در هر کیلوگرم خوراک، عملکرد رشد جوجه های گوشتی، پارامترهای خونی، تغییرات بیوشیمیایی در سرم و بار میکروبی را می توان بهبود بخشید. مکمل غذایی *Spirulina* با ۱۰ گرم به ازای هر کیلوگرم جیره، افزایش وزن بدن را به طور قابل توجهی نشان داد (Satyaraj, Reynolds, Engler, 2021). علاوه بر این، سطوح مختلف





شکل ۱- کاربردها و اثرات کلی *Spirulina* بر عملکرد و سلامت طیور (El-Shall et al., 2023).

Spirulina نسبت دادند. حتی افزودن آنزیم های برونزا مانند لیزوزیم نتایج بدتری را به دنبال داشت، اگرچه لیزوزیم موفق به شکستن دیواره سلولی *Spirulina* شد. دانشمندان پیشنهاد کردند که اگر لیزوزیم و یک پیتیداز تخصصی ترکیب شوند، پروتئین های این ریزجلبک ممکن است راحت تر هضم شوند و از ژله ای شدن مضر جلوگیری شود (Bonos et al., 2016).

اثرات *S. platensis* بر سیستم ایمنی و فعالیت تومور

مکمل *Spirulina* بسیاری از فرآیندهای ایمنی را تقویت می کند. *Spirulina* اثر خاصی بر روی مونوسیت ها که اجزای ضروری سیستم ایمنی ذاتی هستند، دارد. تجویز *Spirulina* منجر به افزایش پاسخ فاگوسیتی ماکروفاژها در مرغ و انسان می شود. همچنین مشخص شد که فعالیت فاگوسیتیتیک ماکروفاژهای جدا شده از گربه ها در پاسخ به قرار گرفتن در معرض آنتی ژن در حضور

ریزجلبک های موجود در جیره بلدرچین (۵٪، ۱۰٪ و ۱۵٪) کیفیت تخم مرغ را افزایش داده و با عملکرد به عنوان یک محرک ایمنی و آنتی اکسیدانی، برای سلامت مصرف کننده مفید هستند. با این حال، آنها هیچ اثری بر تولید تخم مرغ نداشتند. این به این دلیل بود که مقدار اسیدهای چرب تک غیراشباع را افزایش داد که برای سلامت مصرف کننده مفید است و سطح اسیدهای چرب اشباع مضر را کاهش داد. علاوه بر این، سطح آنتی اکسیدان زرده تخم مرغ افزایش یافت که باعث کاهش پراکسیداسیون لیپیدی شد (Kharde, Shirbhate, Bahiram, & Nipane, 2012).

از سوی دیگر، اثر منفی در ۳۲ جوجه گوشتی تغذیه شده با مکمل *Spirulina* به میزان ۱۵ درصد برای دوره ۲ هفته (روز ۲۱ تا ۳۵)، در مقایسه با پرندگان بدون مکمل گزارش گردید. آنها این اثر منفی را به ویسکوزیته بالای گوارشی ناشی از ژله ای شدن پروتئین های غیرقابل هضم

لیپیدی غشای سلولی تأثیر می گذارد. پتانسیل آن برای درمان سلول های سرطانی عمدتاً در اثرات مهاري قابل توجه سلول های سرطانی در حالی که از سلول های طبیعی محافظت می کنند نهفته است (A. Anvar & Nowruzi, 2021).

همچنین اثرات مهاري بر مهاجرت و تهاجم سرطان پانکراس توسط عصاره *Spirulina* ارائه شده است. محققان نشان دادند که *Spirulina* ی غنی شده با سلیوم پتانسیل ضد التهاب آن را بهبود می بخشد که این امر با کاهش سطح سیتوکین و اینترلوکین انجام می شود. علاوه بر این، خاصیت آنتی اکسیدانی آن از سلول ها در برابر آسیب اکسیداتیو با کاهش اکسید نیتریک (۶۴/۸۴ درصد) و محتوای مالون دی آلدئید (۶۹/۰۷ درصد) و افزایش سطح سوپراکسید دیسموتاز و آنزیم های گلوکاتایون پراکسیداز محافظت می کند (Mirzaie et al., 2018). Se-SP همچنین به عنوان محرک رشد، آنتی اکسیدان، محرک سیستم ایمنی و ضد میکروبی (کاهش میکروارگانیسم های بیماری زا در خوراک و میکروبیوتای روده) در جوجه های گوشتی تحت استرس گرمایی استفاده می شود (Nowruzi & Beiranvand, 2024a). پتانسیل ضد التهابی *Spirulina* به التیام سوختگی پوست کمک می کند. در واقع کاربرد آن به طور قابل توجهی سطوح بیان فاکتور رشد اندوتلیال عروقی و ژن های مرتبط با فیروز که نقش اساسی در ترمیم پوست را دارد، بهبود می بخشد (Abouelezz, 2017).

اثرات پری بیوتیکی

اثر پری بیوتیکی *S. platensis* از ترکیبی غنی از الیگوساکاریدها که مصرف آن قابل استفاده در تقویت رشد میکرو فلور روده است ناشی می شود (Nowruzi, Jafari, Babaie, Motamedi, & Anvar, 2020).

Spirulina افزایش یافته است. عصاره پلی ساکارید *S. platensis* برای افزایش گلبول های سفید خون در یک سیستم خون ساز آسیب دیده در اثر تابش اثبات شده است (Alaqil & Abbas, 2023).

اثر تعدیل کننده ایمنی *Spirulina* روی موش از طریق افزایش تولید آنتی بادی IL-1 برای اولین بار در سال ۱۹۹۴ مشاهده شد. در این رابطه، محققان که گروه های مرغی که از جیره های حاوی *Spirulina* تغذیه می شوند، وزن تیموس بالاتری نسبت به گروه کنترل دارند. به طور مشابه، در مقایسه با شاهد تیمار نشده، افزودن *S. platensis* در سطوح ۰٫۷ و ۰٫۹ گرم بر کیلوگرم جیره جوجه های گوشتی منجر به افزایش قابل توجه وزن تیموس و طحال شد (Chen et al., 2016). افزایش قابل توجه تعداد گلبول های سفید خون و افزایش فعالیت فاگوسیتی ماکروفاژها در جوجه های گوشتی تیمار شده با جلبک *S. platensis* نشان داد که سیستم ایمنی حیوانات تقویت شده است (Nowruzi & Bagheri, 2023). به گفته محققان تغذیه *S. platensis* فعالیت فاگوسیتی ماکروفاژ را بر حسب میانگین تعداد گلبول های قرمز گوسفند در هر ماکروفاژ فاگوسیتی افزایش می دهد (Mirzaie, Zirak-Khattab, Hosseini, & Donyaie-Darian, 2018). افزایش پاسخ ایمنی از طریق القای نکروز تومور سنتز، فاگوسیتوز، و تولید اینترلوکین، ناشی از طیف گسترده ای از گروه های سولفات، استرهای سولفات، و باقی مانده های آمین موجود در پلی ساکاریدهای *S. platensis* است. همزمان، فعالیت آنتی اکسیدانی *S. platensis* نیز با فعالیت در برابر سلول های سرطان ریه مرتبط است (Kashi, Ghazi, & Nowruzi, 2024). عصاره ریز جلبک بر چرخه سلولی رده سلول های سرطان ریه A549، افزایش تولید گونه های فعال اکسیژن و پراکسیداسیون



فعالیت پروبیوتیکی به ویژگی های ساختاری مختلف، از جمله وزن مولکولی، ترکیب باقیمانده قند، نوع پیوند بین مونوساکاریدها و استریشیمی، و درجه پلیمریزاسیون الیگوساکاریدها در غذاهای کاربردی مربوط می شود (Kaoud, 2015).

اثر بر اختلالات متابولسمی

ریزجلبکها به عنوان یک سوپر فود، یک درمان کمکی مفید به خصوص در درمان دیابت و پوکی استخوان است. خاصیت هیپوگلیسمی *S. platensis* با حضور کروم همراه است که زمانی که به پپتیدهایی که به گیرنده های انسولین متصل می شوند، فعالیت کاهش سطح گلوکز پلازما را افزایش می دهد (Seyidoglu, Inan, & Aydin, 2017). علاوه بر این، خواص محافظت از کبد، محافظت از سلول های β در برابر آسیب رادیکال های آزاد، و توانایی افزایش ویتامین D در خون با این ریزجلبک ها همبستگی دارند این ویژگی ها می تواند شکل گیری استخوان را با افزایش بیان استئوکلسین و تعداد استئوسیت ها/استئوبلاست ها بهبود بخشد (S. Anvar & Nowruzi, 2022). بدین ترتیب، استفاده از آن همراه با داروی متفورمین باعث تحریک تکثیر استئوبلاست و جلوگیری از آپوپتوز استئوسیتوز می شود (S. A. A. Anvar, Nowruzi, & Afshari, 2023).

مکمل *Spirulina* به خصوص در دوران بارداری و شیردهی، اثرات محافظت کننده عصبی مفیدی را در برابر پیامدهای منفی سوء تغذیه، واکنش گلیوز و تخریب عصبی نشان داده است (Holman & Malau-Aduli, 2013). از نظر رژیم غذایی، مصرف *S. maxima* باعث افزایش اثر هیپولیپیدمیک در اضافه وزن، کاهش کل کلسترول، تری گلیسیرید، چربی بدن و شاخص توده بدنی میشود. با این حال، ممکن است پروفایل لیپیدی افراد با دیابت نوع ۲، سندرم متابولیک، اضافه وزن یا

چاقی را بهبود بخشد (Nowruzi & Beiranvand, 2024b). در این زمینه، خواص بیولوژیکی متعدد *Spirulina* و مشتقات آن می تواند فراتر از عملکرد غذایی و مکمل غذایی آن باشد و می تواند در زمینه پزشکی برای انواع مختلف عملکردهای درمانی، عمدتاً در برابر بیماری های مرتبط با تجمع رادیکال های آزاد و استرس اکسیداتیو، مانند مولتیپل اسکلروزیس، آلزایمر، پارکینسون و قرار گرفتن در معرض نوروتوکسیک گسترش یابد (Kaoud, 2015).

اثرات آنتی اکسیدانی و اثر *S. platensis* بر کیفیت گوشت

از آنجایی که ریزجلبک ها منبع قابل توجهی از فیکوسیاینین، یک رنگدانه آنتی اکسیدانی با کاهش فعالیت چربی خون هستند (Shafaei Bajestani, 2000, Anvar, Nowruzi, & Golestan), پرندگان که با *Spirulina* تغذیه شدند، فعالیت آنتی اکسیدانی بهبود یافته ای را نشان دادند که یکی دیگر از مزایای خوراک *Spirulina* است. فیتوپگمنت های فیکوسیاینین، کاروتن و زانتوفیل، توکوفرول ها، اسید لینولنیک و ترکیبات فنولیک نمونه هایی از رنگدانه های طبیعی هستند. در *Spirulina* خواص آنتی اکسیدانی قوی و فعالیت های مهار کننده قوی در برابر گونه های فعال اکسیژن مانند رادیکال های سوپراکسید و پراکسید هیدروژن به اثبات رسیده است (Elbaz, Ahmed, Abdel-Maqoud, 2022, Badran, & Abdel-Moneim). محققان گزارش کردند که *Spirulina* به طور چشمگیری فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی را تحریک می کند که از پراکسیداسیون لیپیدی، آسیب DNA و از بین بردن رادیکال های آزاد جلوگیری می کند. با استفاده از سطوح ۰,۵، ۱ و ۲ گرم در لیتر *Spirulina*، ظرفیت کل آنتی اکسیدانی و محتوای تیروکسین (T4) به طور



چشمگیری در جوجه بلدرچین ژاپنی در حال رشد، افزایش یافت. با این حال، کلسترول پلاسما، لیپیدهای کل، فعالیت ALP، ALT و AST، سطوح پایین تری داشتند. علاوه بر این، تزریق *Spirulina* با دوزهای ۰٫۷۵-۳٫۵ میلی گرم در تخم مرغ در بلدرچین ژاپنی و ۲۵-۳۵ میلی گرم در تخم مرغ در پرورش دهندگان جوجه های گوشتی باعث افزایش جوجه ریزی جوجه ها شد. در بلدرچین، ۲٫۵ یا ۳٫۵ میلی گرم *Spirulina* به طور چشمگیری بیان HSP70 را کاهش داد و به طور قابل توجهی فعالیت کاتالاز را افزایش داد (Shanmugapriya, Babu, Hariharan, (Sivaneswaran, & Anusha, 2015).

علاوه بر این، گنجاندن *Spirulina* در خوراک طیور بر پارامترهای کیفیت گوشت مانند رنگ، طعم، ترکیب اسیدهای چرب غیراشباع چندگانه و پایداری اکسیداتیو تأثیر می گذارد. محققان نشان دادند که افزودن ۳ و ۴ درصد *Spirulina* به طور قابل توجهی محتوای اسید اولئیک، اسید پالمیتیک، اسید دوکوزاهگزانوئیک و اسید لینولئیک را در لاشه جوجه های گوشتی افزایش می دهد (Holman & Malau-Aduli, 2013). علاوه بر این، در طول دوره نگهداری ۳۰ روزه، افزودن ۴٪ *Spirulina* به طور قابل توجهی میزان پراکسید را کاهش داد. برای مدت نگهداری ۶۰ روزه، هر دو تیمار *Spirulina* به طور قابل توجهی شاخص های اکسیداسیون نیتروژن کل فرار (TVN) و اسید تیوباریتوریک (TBA) را کاهش دادند (Abed, Nowruz, & Anvar, 2025).

علاوه بر آن رنگ گوشت با گنجاندن *Spirulina* در دوزهای بالا در خوراک، بهبود یافت که ممکن است به دلیل سطح بالای کاروتنوئیدها باشد. محققان دریافتند که وقتی *Spirulina* جایگزین ۵۰ درصد پروتئین سویا در

جیره جوجه های گوشتی شود، رنگ گوشت را می توان افزایش داد تا گوشت قرمز مایل به زرد تیره شود (Elbaz et al., 2022). تغذیه جوجه های گوشتی با *Spirulina* ۱۵ درصد، کاروتنوئیدهای کل و اسیدهای چرب اشباع شده را افزایش داد اما سطوح اسیدهای چرب غیراشباع n-3 و α -tocopherol کاهش یافت. با این وجود، محققان دیگر متوجه شدند که کیفیت سینه گوشت جوجه های گوشتی تغذیه شده با جیره های *Spirulina* (۰٫۲۵، ۰٫۵، ۰٫۷۵ یا ۱ درصد) به مدت ۳۵ روز به طور قابل ملاحظه ای تغییر نکرد (Sugiharto, Yudiarti, Isroli, & Widiastuti, 2018).

اثرات ضد بیماری زایی *S. platensis*

تغذیه با *Spirulina* منجر به درمان طیف گسترده ای از ویروس های آنفلوآنزا شد و از تشکیل پلاک های ویروسی ممانعت کرد. گزارش شده است که یک پلی ساکارید درون سلولی غنی از کلسیم به نام اسپیرولان موجود در *S. platensis* با جلوگیری از ورود ویروس به سلول های میزبان مختلف مورد استفاده، از تکثیر چندین ویروس در شرایط آزمایشگاهی جلوگیری می کند، سنتز نیتریک اکسید ماکروفاژ را افزایش می دهد و تولید سیتوکین را تحریک می کند (Abd El-Hady, Elghalid, Elnaggar, & Abd El-khalek, 2022). مرغ های گوشتی آلوده به ویروس آنفلوآنزای پرندگان H5N1 دچار نکروز قلبی شدند، اگرچه ۲۰ درصد از *Spirulina* هیچ اثر قابل تشخیصی در این مورد نداشت. با این حال، لکوسیت های مرتبط با عملکرد ایمنی را تقویت کرد که از مرگ و میر در مقابل ۳۰ درصد مرگ در گروه بدون مکمل جلوگیری کرد. در مورد بیماری نیوکاسل، اکثر تحقیقات نشان دادند که *Spirulina* بر چالش ویروسی در پرندگانی که واکسن های زنده، ضعیف و/یا غیرفعال دریافت کرده بودند، تأثیر داشت.



در نتیجه، اثر مکمل *Spirulina* به عنوان یک اثر محرک سیستم ایمنی دیده شد که به طور چشمگیری محافظت بالینی را برعهده داشت (Fathi, 2018).

سیانوباکتری ها را می توان منبع مناسبی برای تولید عوامل ضد میکروبی در نظر گرفت زیرا ترکیب ضد میکروبی خالص تولید شده توسط *S. platensis* در برابر باکتری های گرم مثبت، گرم منفی و *C. albicans*، به اثبات رسیده است (ANVAR & Nowruzi, 2022). عصاره های آلی و آبی *S. platensis* در شرایط آزمایشگاهی مورد آزمایش قرار گرفتند و اثر ضد باکتریایی و ضد قارچی وسیع الطیف را نشان دادند. نشان داد که بیشترین فعالیت بیولوژیکی آنها علیه اشیشیا کلی، سودوموناس آئروژینوزا، باسیلوس سوبتیلیس و اسپرزیلوس نایجر بود (Alibabai, Khajeh-Rahimi, & Nowruzi, 2023).

در مقایسه با اتانولی یا عصاره های آبی، عصاره متانولی فعالیت ضد باکتریایی برتری را در برابر همه سویه های باکتریایی آزمایش شده (باکتری های گرم مثبت، باکتری های گرم منفی و سویه کاندیدا)، به ویژه در برابر باکتری های گرم مثبت (استافیلوکوکوس اورئوس، استرپتوکوک پنومونیه، باسیلوس سرئوس و انتروکوکوس فکالیس) از خود نشان داد. برای سویه های مختلف مورد بررسی، کمترین مقدار غلظت بازدارندگی اتانول و عصاره متانولی بین ۱۰۰-۵ میلی گرم بر میلی لیتر بود. به طور مشابه، در مقایسه با سایر عصاره ها، عصاره متانولی *Spirulina* محتوای فنلی کل بیشتری و فعالیت ضد باکتریایی بیشتری را نشان داد (Hajati & Zaghari, 2019).

اثر بخشی مکمل *S. platensis* در موارد بیماری های عفونی مختلف در طیور

پرندگانی که با جلبک تغذیه می شوند، ۲/۳ برابر بیشتر از پرندگانی که با جیره شاهد تغذیه می شوند، اوو سیست می ریزند. گنجاندن جلبک اثری بر سرعت رشد نداشت و از پرندگانی که با ایمریا تزریق شده بودند در برابر تغییراتی که ایمریا در سلول های T طحال ایجاد کرد محافظت نکرد. با این حال، جلبک ها به طور قابل توجهی از ارتفاع پرزهای روده در اوایل ۷ روز پس از عفونت محافظت کردند و یکپارچگی روده را در طول کوکسیدیوز حفظ کردند. برای واکسیناسیون از واکسن X10 - Coccivac B52 به صورت خوراکی در ۱۴ روزگی طیور استفاده شد (El-Shall et al., 2023). علاوه بر آن دانشمندان گزارش کردند که حداقل غلظت مهاري (MIC) عصاره متانولی علیه استافیلوکوکوس اورئوس و *E. coli* به ترتیب ۱۲۸ گرم در میلی لیتر و ۲۵۶ گرم در میلی لیتر بود، در حالی که تأثیری بر کلبسیلا پنومونیه نداشت. با این وجود، عصاره استون *Spirulina* فعالیت بیولوژیکی قوی در برابر کلبسیلا پنومونیه و فعالیت متوسطی در برابر سالمونلا تیفی و سودوموناس آئروژینوزا نشان داد. با استفاده از عصاره اتانولی *S. platensis*، بازدارندگی قابل توجهی را علیه انتروکوکوس فکالیس و کاندیدا آلبیکنس با استفاده از روش انتشار دیسک نشان داد (Alwaleed, El-Sheekh, Abdel-Daim, & Saber, 2021). اثربخشی اثرات ضد باکتریایی *Spirulina* در داخل بدن ارزیابی شد و از آنجایی که افزودن ۱ و ۲ گرم *Spirulina* به ازای هر کیلوگرم رژیم غذایی به طور قابل توجهی عملکرد رشد، سطوح آنتی اکسیدانی و تولید سیتوکین ضد التهابی (IL-) 10 را افزایش می دهد. پاتوژن ها از مکانیسم های چسبندگی و تهاجم یکسانی برای حمله به روده افراد و حیوانات استفاده می کنند و عملکرد ضد باکتریایی *Spirulina* را می توان به توانایی آن در جلوگیری از



تحرك پاتوژن، تهاجم، تشكيل بيوفيلم و سنجش حد نصاب نسبت داد (Ahmadi, Anvar, Nowruzi, & Golestan, 2024). علاوه بر اين، مواد زيست فعال *Spirulina* نشان داده است كه ديواره سلولي باكتري را ضعيف مي كند و آن را نفوذپذيرتر مي كند، كه متعاقباً منجر به نشت محتويات سيتوپلاسمي مي شود. علاوه بر اين، زماني كه جوجه هاي گوشتي، واكسن $10 \times$ Coccivac-B52 را به صورت خوراكي در حالي كه با اجزاي خوراك مشتق شده از ريز جلبك ها تغذيه مي كردند، دريافت كردند، يکپارچگي روده پرندگان در طول كوكسيديوز حفظ شد و ارتفاع پرز روده تا ۷ روز پس از چالش محافظت شد (Abd El-Hady et al., 2022).

Spirulina همچنين يک اتصال دهنده قوي براي آفلاتوكسين ها در پرورش دهندگان جوجه هاي گوشتي است. اثر منفي 300 ppb آفلاتوكسين بر سرعت رشد جوجه هاي گوشتي و وزن اندام هاي لنفاوي ممكن است تا حدي با افزودن *Spirulina* در سطح (0.05%) درصد) کاهش يابد، اگرچه هيچ تاثير مثبتي بر مصرف خوراك، غلظت پروتئين سرم و وزن كبد، يا سطح كلسترول وجود نداشت. به همين ترتيب، گنجاندن *Spirulina* (0.02%) درصد) در خوراك، تاثير مثبتي بر رشد و پاسخ ايمني سلولي در جوجه هاي تغذيه شده با آفلاتوكسين (300 ppb) داشت. بنابر اين گنجاندن رژيم غذايي *Spirulina* براي محافظت در برابر ساير سموم توصيه مي شود (Qureshi, Kidd, & Ali, 1996).

اثرات *Spirulina* بر كمبودهاي تغذيه اي

Spirulina يک جزء پروتئيني جايگزين است كه توليدكنندگان به دليل ارزش غذايي زياد و ظرفيت آن در تقويت سيستم ايمني بدن همواره در نظر دارند. به عنوان مثال، افزودن *Spirulina* به جيره هاي مرغ كم

پروتئين، منجر به کاهش التهاب سيستميك شد كه نشان دهنده مناسب بودن آن به عنوان يک منبع پروتئين جايگزين است (Jamil, Akanda, Rahman, 2015). به عنوان مثال، افزودن *Spirulina* به جيره هاي مرغ كم پروتئين، منجر به کاهش التهاب سيستميك شد كه نشان دهنده مناسب بودن آن به عنوان يک منبع پروتئين جايگزين است (Jamil, Akanda, Rahman, Hossain, & Islam, 2015). مکمل غذايي *S. platensis* در مرغ هاي گوشتي، اثرات نامطلوب دماي بالاي محيط از جمله اختلال در سيستم آنتي اكسيداني آنزيمي، افزايش هورمون استرس و تغيير پروفایل ليپيدي را کاهش مي دهد (Nowruzi, et al., 2022). هنگامی که به جوجه های تحت تنش گرمایی، *Spirulina* در آب آشاميدني يا خوراك داده شد، يک تغيير وابسته به دوز در پارامترهاي بهره وري، فزيولوژيكي و ايمني به وجود آمد. علاوه بر اين، تغذيه با *S. platensis* توانايي مرغ هاي گوشتي را براي تحمل گرما در روزهاي آخر بهبود بخشيد (Al-Khalaifah, Al-Nasser, & Surrayai, 2022) (جدول يک).

محدوديت استفاده از ريز جلبکها به عنوان مکمل غذايي طیور

طبق نظرات مصرف کنندگان، *Spirulina* علاوه بر تغيير كيفيت محصول، به ويژه رنگ گوشت، و همچنين بر عملکرد توليد مرغ و ماهي تاثير منفي گذاشت. يکي از چالش هاي عمده در مورد استفاده از *Spirulina* به عنوان افزودني خوراك اين است كه ژله اي شدن پروتئين هاي غير قابل هضم آن باعث مي شود پرندگان به دليل افزايش ويسکوزيته گوارشي عملکرد بدتري داشته باشند. به همين دليل ميزان استاندارد افزودن *Spirulina* در فراورده هاي گوشتي بايد همواره چك شود.



جدول ۱. بررسی اثرات ریز جلبکها در موارد کمبودهای تغذیه‌ای طیور (El-Shall et al., 2023)

جلبک/دوز	مسیر تجویز / مدت	پرنده ها	نقص تغذیه ای یا مدیریتی	نتایج اصلی
رژیم غذایی کم پروتئین (Low crude protein)				
۰/۱ گرم بر کیلوگرم <i>S. platensis</i>	تغذیه / ۱۴ - ۳۷ روزگی	جوجه های گوشتی نر راس ۷۰۸	۱۷ درصد رژیم غذایی کم پروتئین در مقایسه با رژیم غذایی پایه (۲۱٪) / در روزهای ۱۴ تا ۳۷ روزگی	رژیم LCP-SP اثرات رژیم غذایی کم پروتئین را کاهش داد و در نتیجه سطوح و نسبت مونوسیت ها مشابه با رژیم غذایی کنترل بود.
۱۰٪ <i>S. platensis</i>	تغذیه / روز پانزدهم - روز سی و پنجم	جوجه های گوشتی ماده راس ۷۰۸	۱۷ درصد رژیم غذایی کم پروتئین در مقایسه با رژیم غذایی پایه (۲۰٪) / در روزهای ۱۵ تا ۳۵ روزگی	جوجه های گوشتی که در جیره های خود با SP تغذیه می شوند، افزایش وزن بدنشان به میزان قابل توجهی کاهش یافت
مایکوتوکسین ها و سایر سموم				
۰/۰۲ درصد <i>S. platensis</i>	تغذیه / روز دهم - چهارم و پنجمین روز	جوجه های گوشتی تجاری	آفلاتوکسین (۳۰۰ ppb) روز دهم تا ۴۵ روزگی	SP تغذیه شده به جوجه هایی که در معرض آفلاتوکسین قرار گرفته بودند دارای مزایای مثبتی بر روی رشد آنها و پاسخ ایمنی سلولی بود، اما SP هیچ تاثیری بر وزن کبد، قلو، طحال یا چربی شکم نداشت.
۰/۰۵ درصد <i>S. platensis</i>	تغذیه / روز هشتم - ۴۲ روز	جوجه های گوشتی تجاری	آفلاتوکسین (۰/۳ ppb) روز دهم تا ۴۵ روزگی	SP کمی اثرات نامطلوب آفلاتوکسین را بر افزایش وزن بدن و وزن تیموس و طحال کاهش داد، اما اثرات آن را بر وزن کبد و کلیه، پروتئین های سرم یا کلسترول کاهش نداد.
۰/۱ درصد <i>S. platensis</i>	برای سه دوره ۲۱ روزه	مرغ مادر گوشتی	آفلاتوکسین ۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ ppb برای سه دوره، هر دوره با مدت زمان سه هفته در پرورش دهندگان جوجه های گوشتی از سن ۲۸ تا ۳۶ هفتگی.	SP وزن کبد یا کلیه، یا سنگدان را در گروه هایی که به تنهایی یا همراه با مقادیر مختلف AF تغذیه می شدند، تغییر نداد.
<i>S. platensis</i> در ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ میلی گرم در لیتر	<i>S. platensis</i> در ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ میلی گرم در لیتر	جوجه اردک نر	تری اکسید آرسنیک: ۱۰۰ میلی گرم در لیتر آب آشامیدنی روزانه به مدت ۹۰ روز	کاهش تعداد کل گلبول های قرمز، هموگلوبین و PCV در گروه های تحت درمان با آرسنیک به علاوه SP کمتر از گروه های تحت درمان با آرسنیک بود.
<i>S. platensis</i> در دوز (۱۰ گرم بر کیلوگرم رژیم غذایی)	در رژیم غذایی به مدت دو هفته پس از درمان یا قبل از درمان	جوجه های گوشتی	اثر هیپاتوتوکسیک دیکلوفناک سدیم: ۲/۵ میلی گرم بر کیلوگرم وزن خشک در روز ۲۱	در گروه های پیشگیری و درمان، میزان مرگ و میر از ۶۴ درصد در پرندگان شاهد به ترتیب به ۸ درصد و ۳۲ درصد کاهش یافت.
درمان پیشگیرانه باعث بهبود پارامترهای پایین هماتولوژیک، گلبول های سفید، تعداد لنفوسیت ها، انوزیتوفیل و مونوسیت ها و همچنین کاهش AST، ALP، اسید اوریک و کلسترول و همچنین استرس اکسیداتیو بهتر از گروه درمانی شد.				
استرس گرمایی				



مروری بر اثر مکمل غذایی ریز جلبکها بر رشد و ایمنی طیور... (نوروزی و همکاران) ۱۱.

<i>S. platensis</i> در جیره ۰،۵ و ۰،۳ و ۰،۱ و ۰،۰۵	از هفته چهارم تا هفته چهاردهم تغذیه	جوجه محلی سویه مصری Gimizah (سن ۴ هفته)	شرایط استرس گرمایی مزمن (۱ ± ۳۸ درجه سانتیگراد)	بدون تأثیر بر افزایش وزن بدن، غلظت‌های مختلف <i>Spirulina</i> به طور چشمگیری اثرات منفی استرس گرمایی بر مصرف خوراک، سیستم ایمنی، کل چربی‌ها، LDL، WBCs، RBCs، آلبومین، گلوبولین، کراتینین و آنزیم‌های کبدی ALT، AST را کاهش داد.
<i>S. platensis</i> در ۰،۵ و ۰،۳ و ۰،۱ و ۰،۰۵	از روز ۱۷ تا ۴۵ روزگی تغذیه کنید	جوجه های گوشتی	استرس گرمایی (۳۶ درجه سانتیگراد برای ۶ ساعت در روز) از سن ۳۸ تا ۴۴ روزگی	مکمل <i>Spirulina</i> پاسخ ایمنی هومورال و وضعیت آنتی اکسیدانی را افزایش داد در حالی که غلظت هورمون استرس و چندین نشانگر لیپیدی سرم را کاهش داد. با این حال، تأثیر قابل توجهی بر ویژگی های عملکردی نداشت.
<i>S. platensis</i> در ۰،۳ و ۰،۱ و ۰،۰۵ و ۰،۰۱	به مدت ۶ هفته تغذیه	بلدرچین تخمگذار ژاپنی (۹۸ روزه)	استرس گرمایی (۸ ساعت از ۱ ± ۳۴ درجه سانتیگراد؛ ۶۰-۷۰٪ RH) به مدت ۶ روز	غلظت‌های مختلف <i>Spirulina</i> تأثیر قابل توجهی بر مصرف خوراک، وزن تخم مرغ و درصد تولید روزانه تخم مرغ نداشت. کمترین تعداد <i>E. coli</i> ، نسبت MDA خون، هتروفیل و نسبت H/L به طور قابل توجهی توسط SP در ۰،۵٪ به دست آمد.
۰،۵ و ۱ و ۱/۵ درصد <i>S. platensis</i>	از روز ۲۱ تا ۴۲ روزگی تغذیه کنید	جوجه های گوشتی	استرس گرمایی (۳۴ ± ۱ درجه سانتیگراد به مدت ۸ ساعت در روز)	SP سطح هموگلوبین، هماتوکریت و HDL را افزایش داد و سطح پراکسیداسیون LDL و لیپیدی را در مقایسه با گروه بدون مکمل به طور قابل توجهی کاهش داد.
<i>S. platensis</i> در ۰،۵ و ۱،۰ و ۱،۵ و ۲،۰ گرم در لیتر	آب آشامیدنی/صبح (۰۰:۰۶ تا ۰۰:۱۲) بعد از ظهر) به مدت ۶ هفته	جوجه های گوشتی سفید	این آزمایش در طول ماه های گرم و مرطوب تابستان (به مدت ۶ هفته) انجام شد.	این نه تأثیر منفی و نه مثبت بر عملکرد جوجه‌های گوشتی داشت، اما تأثیر قابل توجهی بر Hb، گلبول‌های قرمز و رنگدانه ساق پا داشت. SP به میزان ۱۵ و ۲۰ گرم در لیتر باعث افزایش غلظت پروتئین خون و کاهش محتوای چربی سرم و ترانس آمینازها شد.
<i>S. platensis</i> در سطوح ۰،۵ و ۱،۰ و ۱،۵ و ۲،۰ گرم در لیتر	۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ گرم در لیتر <i>Spirulina</i> به صورت جداگانه و در ترکیب با نانوذرات سلنیوم (SeNPs) در غلظت های ۰، ۰/۱، ۰/۲ میلی گرم بر کیلوگرم	به مدت ۵ هفته تغذیه کنید	جوجه های گوشتی راس ۳۰۸	به لطف ترکیبات SP و SeNPs، بهبودهای قابل توجهی در عملکرد رشد، پروفایل لیپید خون، پوشش لاشه و درصد بازده لاشه ایجاد شد.

Spirulina محدودیت تولید در مقیاس بزرگ آن است زیرا در حال حاضر در مقیاس کوچکتر عمدتاً برای بخش مکمل های غذایی با استثنائات اندک تولید می شود. چالش سوم، تولید پایدار *Spirulina* در مقایسه با سایر مواد پروتئینی مانند سویا است که عمدتاً به حساسیت *Spirulina* به سیستم تولید و آب و هوای

چالش عمده دیگر در مورد استفاده از *Spirulina* به عنوان افزودنی خوراک، هزینه بسیار بالاتر آن در مقایسه با سایر مواد پروتئینی مانند کنجاله سویا است. با این حال، با بهبود کارایی تولید، *Spirulina* می تواند به دلیل هزینه بالاتر پودر ماهی، جایگزین پودر ماهی شود (Al-Khalaifah et al., 2022). دومین چالش عمده با



- mykiss biosensor based on polyvinyl alcohol/chitosan nanocomposite using phycocyanin during refrigerated storage. Scientific reports, 15(1), 703.
3. Abouelezz, F. (2017). Evaluation of spirulina algae (*Spirulina platensis*) as a feed supplement for japanese quail: nutritritional effects on growth performance, egg production, egg quality, blood metabolites, sperm-egg penetration and fertility. Egyptian Poultry Science Journal, 37(3), 707-719.
 4. Ahmadi, A., Anvar, S. A. A., Nowruzi, B., & Golestan, L. (2024). Effect of phycocyanin and phycoerythrin on antioxidant and antimicrobial activity of refrigerated low-fat yogurt and cream cheese. Scientific reports, 14(1), 27661.
 5. Al-Batshan, H. A., Al-Mufarrej, S. I., Al-Homaidan, A. A., & Qureshi, M. (2001). Enhancement of chicken macrophage phagocytic function and nitrite production by dietary *Spirulina platensis*. Immunopharmacology and immunotoxicology, 23(2), 281-289.
 6. Al-Khalaifah, H. S., Al-Nasser, A., & Surayai, T. (2022). Effects from dietary addition of sargassum sp., spirulina sp., or gracilaria sp. powder on immune status in broiler chickens. Frontiers in Veterinary Science, 9, 928235.
 7. Alaql, A. A., & Abbas, A. O. (2023). The effects of dietary *Spirulina platensis* on physiological responses of broiler chickens exposed to endotoxin stress. Animals, 13(3), 363.
 8. Alibabai, M., Khajeh-Rahimi, A.-E., & Nowruzi, B. (2023). A review of recent developments in the use of cyanobacteria and microalgae in improving the quality and increasing the shelf life of seafood products.
 9. Alwaleed, E. A., El-Sheekh, M., Abdel-Daim, M. M., & Saber, H. (2021). Effects of *Spirulina platensis* and *Amphora coffeaeformis* as dietary supplements on blood biochemical parameters, intestinal microbial population, and productive performance in broiler chickens.

منطقه نسبت داده می شود. بنابراین برای بهبود عملکرد *Spirulina* و پایدارتر کردن تولید آن به تحقیقات و توسعه جدی نیاز است. برای مثال برخی از ابتکارات تحقیقاتی با هدف بهبود پایداری تولید با استفاده از پساب بیوگاز یا فاضلاب به عنوان منبع تولید باید انجام گردد. علاوه بر این، تکنیک‌های پیشرفته نیز می‌توانند بهبود عملکرد و کیفیت پروتئین *Spirulina* را از طریق پرورش تسهیل کنند و در نهایت، اگرچه *Spirulina* نسبت بالایی از پروتئین خام دارد، بهبود کیفیت پروتئین می‌تواند از طریق تحقیقات اصلاحی و تغذیه/تولید امکان‌پذیر باشد. بنابراین، تحقیقات آتی با تمرکز بر تولید پایدار و پردازش و پذیرش محصول، باید مبادلات ترکیب *Spirulina* در جیره طیور را بررسی کند (Jamil et al., 2015).

نتیجه گیری

متابولیت‌های زیست فعال موجود در ریز جلبک‌ها به وفور یافت می‌شوند و به دلیل خواص دارویی خود مورد استفاده قرار می‌گیرند. محصولات طبیعی مستخرج از ریز جلبک‌ها بسیار مغذی و آنتی اکسیدانی هستند و توانایی بهبود عملکرد تولید را در رشد، جوجه ریزی و یا تولید تخم دارند. فعالیت‌های ضد میکروبی ریز جلبک‌ها باعث افزایش مقاومت در برابر بیماری‌ها، بهبود بقا و نرخ رشد در ریز جلبک‌ها می‌شود. با این حال، مطالعات بیشتر در مورد دوز بهینه ریز جلبک‌ها برای گونه‌های مختلف طیور در سنین مختلف مورد نیاز است.

منابع

1. Abd El-Hady, A. M., Elghalid, O. A., Elnaggar, A. S., & Abd El-khalek, E. (2022). Growth performance and physiological status evaluation of *Spirulina platensis* algae supplementation in broiler chicken diet. Livestock Science, 263, 105009.
2. Abed, S., Nowruzi, B., & Anvar, S. A. A. (2025). Production of *Oncorhynchus*



- alginolyticus in shrimp. *Fish & shellfish immunology*, 55, 690-698.
18. El-Shall, N. A., Jiang, S., Farag, M. R., Azzam, M., Al-Abdullatif, A. A., Alhotan, R., . . . Alagawany, M. (2023). Potential of *Spirulina platensis* as a feed supplement for poultry to enhance growth performance and immune modulation. *Frontiers in Immunology*, 14, 1072787.
19. Elbaz, A. M., Ahmed, A. M., Abdel-Maqsoud, A., Badran, A. M., & Abdel-Moneim, A.-M. E. (2022). Potential ameliorative role of *Spirulina platensis* in powdered or extract forms against cyclic heat stress in broiler chickens. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(30), 45578-45588.
20. Fathi, M. A. (2018). Effect of dietary supplementation of algae meal (*Spirulina platensis*) as growth promoter on performance of broiler chickens. *Egyptian Poultry Science Journal*, 38(2), 375-389.
21. Hajati, H., & Zaghari, M. (2019). Effects of *Spirulina platensis* on growth performance, carcass characteristics, egg traits and immunity response of Japanese quails. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 9(2), 347-357.
22. Holman, B., & Malau-Aduli, A. (2013). *Spirulina* as a livestock supplement and animal feed. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 97(4), 615-623.
23. Iry, N., Nowruzi, B., & Ghazi, S. (2023). Study of the effect of phycocyanin pigment on physicochemical, sensory, microbial and antioxidant properties of cheese. *Research and Innovation in Food Science and Technology*, 12(1), 55-76.
24. Jamil, A. R., Akanda, M. R., Rahman, M. M., Hossain, M. A., & Islam, M. S. (2015). Prebiotic competence of *Spirulina* on the production performance of broiler chickens.
25. Kaoud, H. A. (2015). Effect of *Spirulina platensis* as a dietary supplement on broiler performance in comparison with prebiotics. *specialty Environmental Science and Pollution Research*, 28, 1801-1811.
10. Anvar, A., & Nowruzi, B. (2021). Bioactive properties of spirulina: A review. *Microb. Bioact*, 4, 134-142.
11. Anvar, S., & Nowruzi, B. (2022). A review of microalgae as dietary and medicinal useful complements.
12. Anvar, S. A. A., Nowruzi, B., & Afshari, G. (2023). A review of the application of nanoparticles biosynthesized by microalgae and cyanobacteria in medical and veterinary sciences.
13. Behjati, M., Ataee, M., Nowruzi, B., Anvar, S. A. A., & Ahari, H. (2025). STUDYING THE ANTIOXIDANT AND ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF PHYCOERYTHRIN TO INCREASE THE SHELF LIFE OF HAMBURGERS AT REFRIGERATOR TEMPERATURE. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*, 14(5), e11625-e11625.
14. Bonos, E., Kasapidou, E., Kargopoulos, A., Karampampas, A., Nikolakakis, I., Christaki, E., & Florou-Paneri, P. (2016). *Spirulina* as a functional ingredient in broiler chicken diets. *South African Journal of Animal Science*, 46(1), 94-102.
15. Bortolini, D. G., Maciel, G. M., Fernandes, I. d. A. A., Pedro, A. C., Rubio, F. T. V., Branco, I. G., & Haminiuk, C. W. I. (2022). Functional properties of bioactive compounds from *Spirulina* spp.: Current status and future trends. *Food Chemistry: Molecular Sciences*, 5, 100134.
16. Chamari, M., Anvar, S. A. A., Pourahmad, R., Nowruzi, B., & Yousefi, S. (2024). Study of alginate-encapsulated phycoerythrin in promoting the biological activity of synbiotic ice cream with *Lactobacillus casei*. *Scientific reports*, 14(1), 15471.
17. Chen, Y.-Y., Chen, J.-C., Tayag, C. M., Li, H.-F., Putra, D. F., Kuo, Y.-H., . . . Chang, Y.-H. (2016). *Spirulina* elicits the activation of innate immunity and increases resistance against *Vibrio*



- Microalgae. Journal of Biosafety, 16(3), 99-124.
33. Nowruzi, B., & Beiranvand, H. (2024a). A review of medical applications of cyanobacteria. Journal of Isfahan Medical School, 42(755), 69-83.
 34. Nowruzi, B., & Beiranvand, H. (2024b). A review of medical applications of cyanobacteria. Journal of Isfahan Medical School.
 35. Nowruzi, B., Jafari, M., Babaie, S., Motamedi, A., & Anvar, A. (2020). Spirulina: A healthy green sun with bioactive properties. Journal of Microbial World, 13(4), 322-348.
 36. Qureshi, M., Kidd, M., & Ali, R. (1996). Spirulina platensis extract enhances chicken macrophage functions after in vitro exposure. Journal of Nutritional Immunology, 3(4), 35-45.
 37. Satyaraj, E., Reynolds, A., Engler, R., Labuda, J., & Sun, P. (2021). Supplementation of diets with spirulina influences immune and gut function in dogs. Frontiers in Nutrition, 8, 667072.
 38. Selim, S., Hussein, E., & Abou-Elkhair, R. (2018). Effect of Spirulina platensis as a feed additive on laying performance, egg quality and hepatoprotective activity of laying hens. European Poultry Science, 82, 1-13.
 39. Seyidoglu, N., Inan, S., & Aydin, C. (2017). A prominent superfood: Spirulina platensis. Superfood and functional food the development of superfoods and their roles as medicine, 22, 1-27.
 40. Shafaei Bajestani, M., Anvar, S. A. A., Nowruzi, B., & Golestan, L. (2000). Production of Cheese and Ice Cream Enriched With Biomass and Supernatant of Spirulina platensis With Emphasis on Organoleptic and Nutritional Properties. Iranian Journal of Veterinary Medicine, 18(2), 263-278.
 41. Shanmugapriya, B., Babu, S. S., Hariharan, T., Sivanewaran, S., & Anusha, M. (2015). Dietary administration of Spirulina platensis as journal of biological sciences, 1(2-2015), 1-6.
 26. Kashi, M. S., Ghazi, S., & Nowruzi, B. (2024). Industrial application of Natural Phycocyanin Edible Pigment isolated from Spirulina platensis in Preparation of fortified ice cream with emphasize on microbial and antioxidant properties. Iranian journal of food science and industry, 21(149).
 27. Khan, S., Mobashar, M., Mahsood, F. K., Javaid, S., Abdel-Wareth, A., Ammanullah, H., & Mahmood, A. (2020). Spirulina inclusion levels in a broiler ration: evaluation of growth performance, gut integrity, and immunity. Tropical Animal Health and Production, 52, 3233-3240.
 28. Kharde, S., Shirbhate, R., Bahiram, K., & Nipane, S. (2012). Effect of Spirulina supplementation on growth performance of broilers. Indian Journal of Veterinary Research (The), 21(1), 66-69.
 29. Mirzaie, S., Zirak-Khattab, F., Hosseini, S. A., & Donyaei-Darian, H. (2018). Effects of dietary Spirulina on antioxidant status, lipid profile, immune response and performance characteristics of broiler chickens reared under high ambient temperature. Asian-Australasian journal of animal sciences, 31(4), 556.
 30. Mohammad Shirazi, R. H. S., Tala, M., Anvar, S. A. A., Nowruzi, B., Saeidi, Z., & Negahban, M. (2021). Investigating Nitrate and Nitrite Concentrations in Drinking Water of Five Districts in Tehran and Assessing the Presence of Nitrate Reducing Bacteria. Journal of Chemical Health Risks, 11(3).
 31. Nowruzi, B. (2024). Industrial application of Natural Phycocyanin Edible Pigment isolated from Spirulina platensis in Preparation of fortified ice cream with emphasize on microbial and antioxidant properties. Journal of food science and technology (Iran), 21(149), 54-80.
 32. Nowruzi, B., & Bagheri, F. (2023). An Overview of the Probiotics, Prebiotics, and Metabiotics Functions of



- chicks. South African Journal of Animal Science, 48(1), 98-107.
43. Valikboni, S. Q., Anvar, S. A. A., & Nowruzi, B. (2024). Study of the effect of phycocyanin powder on physicochemical characteristics of probiotic acidified feta-type cheese during refrigerated storage. Nutrire, 49(2), 41.
- probiotics on growth performance and histopathology in broiler chicks. Int. J. Recent Sci. Res, 6(2), 2650-2653.
42. Sugiharto, S., Yudiarti, T., Isroli, I., & Widiastuti, E. (2018). Effect of feeding duration of *Spirulina platensis* on growth performance, haematological parameters, intestinal microbial population and carcass traits of broiler

A review on the effect of microalgae dietary supplement on the growth and poultry immunity

S Bahareh Nowruzi^{1*} Tahereh Taghizadeh Ashrafi²

¹Associate professor, Department of Biology, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran

² Department of Food Hygiene, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran

Received: 13 August 2024

Accepted: 11 June 2025

Abstract

Today, increasing drug resistance against various pathogens is a significant threat in the poultry industry. Meanwhile, microalgae are considered as food supplements for humans, animals, poultry and aquatic animals, which contain protein, vitamins, minerals, fatty acids, pigments and essential amino acids. In addition, they contain significant amounts of unique natural antioxidants, including polyphenols, carotenoids, and phycocyanin. Spirulina food supplement can have a beneficial effect on the intestinal microbial population, serum biochemical parameters, and growth performance of chickens, because it contains polyphenolic contents that have antibacterial effects and prevent bacterial motility, invasion, and biofilm formation. In addition, they play an important role in killing bacteria by directly affecting bacteria by weakening and making the cell walls more porous, resulting in the leakage of cytoplasmic content. Since microalgae have potential antiviral activities against some common human or animal viruses, they can also be effective against bird viruses. In this review article, the immunological effects of cyanobacteria as supplementary feed in poultry to increase growth, intestinal health and disease resistance will be investigated.

Keywords: antimicrobial activity, antiviral, nutrition, microalgae, poultry

* Corresponding Author: Bahareh Nowruzi

Address: Department of Biotechnology, Faculty of Converging Sciences and Technologies, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

Email: bahareh.nowruzi@srbiau.ac.ir

