

Revisão integrativa sobre a suplementação de espirulina: efeitos na performance, doenças crônicas e aplicações terapêuticas multifacetadas

Andrea Schulz Galvão^{1, 2, 3*}, Luis Carlos Oliveira Gonçalves^{1,2}, Cláudia Marlise Balbinotti Andrade^{1,2,3}

¹Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT, Brasil

¹ Grupo de Pesquisa em Fisiologia e Metabolismo – UFMT

² Grupo de Pesquisas em Farmacologia e Química associado às Ciências Ômicas – GPFQCO – UFMT

³ Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde – UFMT

*Autor correspondente: claudia.andrade@ufmt.br

Resumo:

A espirulina é um organismo fotossintético com potencial nutricional e terapêutico significativo, o que tem despertado crescente interesse na comunidade científica. Esta revisão integrativa sintetiza as evidências disponíveis sobre os efeitos da suplementação com espirulina em diversos contextos clínicos e fisiológicos. Foram consultadas bases de dados especializadas para identificar estudos que abordassem o uso deste suplemento na melhora da capacidade física, no manejo de condições metabólicas crônicas, na redução do excesso de peso corporal e em outras aplicações terapêuticas. Os resultados compilados indicam que a suplementação pode contribuir para a otimização do desempenho muscular, para a regulação dos parâmetros lipídicos e glicêmicos e para a atenuação de processos inflamatórios sistêmicos. Adicionalmente, observam-se benefícios potenciais na modulação da resposta imunológica e na proteção de estruturas neurológicas. Conclui-se que a espirulina constitui um suplemento versátil, com aplicações multifacetadas, embora sejam necessários estudos clínicos adicionais para estabelecer protocolos padronizados e otimizar sua utilização terapêutica.

Palavras-chave: Espirulina; Suplementação; Performance Física; Doenças Crônicas; Obesidade; Propriedades Antioxidantes.

Spirulina supplementation: an integrative review of effects on physical performance, chronic diseases, and multifaceted therapeutic applications

Abstract:

Spirulina represents a photosynthetic organism with significant nutritional and therapeutic potential, generating increasing interest in the scientific community. This integrative review synthesizes the available evidence on the effects of spirulina supplementation across various clinical and physiological contexts. Specialized databases were consulted to identify studies on the use of this supplement to improve physical capacity, manage chronic metabolic conditions, reduce excess body weight, and for other therapeutic applications. The compiled results indicate that supplementation may optimize muscle performance, regulate lipid and glycemic parameters, and attenuate systemic inflammatory processes. Additionally, potential benefits include modulating the immune response and protecting neurological structures. It is

concluded that spirulina constitutes a versatile supplement with multifaceted applications, although additional clinical studies are necessary to establish standardized protocols and optimize its therapeutic use.

Keywords: Spirulina; Supplementation; Physical Performance; Chronic Diseases; Obesity; Antioxidant Properties.

Suplementación de espirulina: una revisión integradora sobre el rendimiento físico, enfermedades crónicas y aplicaciones terapéuticas multifacéticas

Resumen:

La espirulina es un organismo fotosintético con un potencial nutricional y terapéutico significativo, lo que ha despertado un interés creciente en la comunidad científica. Esta revisión integradora sintetiza las evidencias disponibles sobre los efectos de la suplementación con espirulina en diversos contextos clínicos y fisiológicos. Se consultaron bases de datos especializadas para identificar estudios que abordaran el uso de este suplemento para mejorar la capacidad física, manejar condiciones metabólicas crónicas, reducir el exceso de peso corporal y otras aplicaciones terapéuticas. Los resultados compilados indican que la suplementación puede contribuir a optimizar el desempeño muscular, a regular los parámetros lipídicos y glucémicos y a atenuar los procesos inflamatorios sistémicos. Adicionalmente, se observan beneficios potenciales en la modulación de la respuesta inmunológica y en la protección de estructuras neurológicas. Se concluye que la espirulina constituye un suplemento versátil con múltiples aplicaciones, aunque sean necesarios estudios clínicos adicionales para establecer protocolos estandarizados y optimizar su uso terapéutico.

Palabras clave: Espirulina; Suplementación; Rendimiento Físico; Enfermedades Crónicas; Obesidad; Propiedades Antioxidantes.

Introdução

A espirulina, designação comum para organismos do gênero *Arthrospira*, é uma biomassa de cianobactérias filamentosas que prosperam em ambientes aquáticos alcalinos [1]. Historicamente, populações ancestrais em regiões específicas do globo terrestre utilizavam este organismo como fonte de alimento, reconhecendo seus atributos nutricionais [2]. Nas últimas décadas, a comunidade científica internacional tem intensificado investigações sobre suas propriedades biológicas, impulsionada pela composição química complexa e pela diversidade de mecanismos de ação identificados [3].

A caracterização nutricional da espirulina revela um perfil excepcional, com concentrações elevadas de proteínas, vitaminas do complexo B, minerais essenciais e compostos bioativos [4]. Dentre estes últimos, destaca-se a ficocianina, pigmento proteico que confere a coloração azul característica e apresenta propriedades antioxidantes robustas [5].

Adicionalmente, a presença de ácidos graxos poli-insaturados, incluindo o ácido gama-linolênico, contribui para o potencial terapêutico desta biomassa [6].

O interesse clínico pela suplementação com espirulina vem se expandindo significativamente, refletindo-se em estudos que exploram suas aplicações em contextos variados [7]. Desde a otimização do desempenho atlético até a coadjuvância no tratamento de enfermidades crônicas, a literatura científica documenta efeitos potencialmente benéficos [8]. Contudo, a heterogeneidade metodológica entre as investigações e a necessidade de padronização de protocolos permanecem desafios importantes [9].

A presente revisão integrativa foi concebida com o objetivo de consolidar as evidências disponíveis sobre a suplementação com espirulina, abrangendo seus efeitos em diferentes domínios da fisiologia humana e da patologia [10]. Por meio de uma busca sistemática em bases de dados especializadas, identificaram-se e analisaram-se estudos que abordam o uso deste suplemento em contextos de desempenho físico, doenças crônicas não transmissíveis, obesidade e outras condições patológicas [11]. Esta síntese pretende fornecer uma perspectiva abrangente que auxilie profissionais de saúde e pesquisadores na compreensão do potencial terapêutico da espirulina [12].

A metodologia empregada nesta revisão seguiu princípios de sistematização, garantindo a inclusão de estudos que atendessem a critérios pré-estabelecidos de qualidade e relevância [13]. Os artigos selecionados foram categorizados conforme seus temas principais, o que permitiu uma análise estruturada que facilitou a identificação de padrões e lacunas no conhecimento [14]. A discussão dos achados baseia-se em evidências científicas robustas, com o objetivo de contribuir para o avanço do conhecimento nesta área [15].

Espera-se que esta compilação de evidências sirva de referência para futuras investigações e para a formulação de recomendações clínicas baseadas em evidências [16]. A importância de compreender os mecanismos de ação da espirulina e seus efeitos fisiológicos reside na possibilidade de otimizar sua utilização terapêutica e de estabelecer protocolos de suplementação seguros e eficazes [17].

Resultados e Discussão

HIGHLIGHTS

- Ação Multifatorial: Propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias robustas, mediadas pela ficocianina e por compostos bioativos.
- Performance Atlética: Redução do dano muscular, melhora na capacidade aeróbica e otimização da recuperação pós-exercício.
- Doenças Crônicas: Regulação significativa dos perfis glicêmicos e lipídicos, com melhora da sensibilidade à insulina.
- Controle da Obesidade: Redução do IMC e da inflamação sistêmica, além da modulação dos hormônios reguladores do apetite.
- Aplicações Emergentes: Fortalecimento da resposta imunológica e efeitos neuroprotetores em condições neurodegenerativas.

Figura 1. Graphical Abstract. Fonte: IA Nano Banana Pró (2026).



Figura 1. Graphical Abstract.

Visão geral sobre a espirulina

A espirulina pertence ao domínio das cianobactérias, organismos procarióticos fotossintetizantes que apresentam morfologia característica em forma de filamentos espiralados [18]. Sua distribuição natural concentra-se em ambientes aquáticos com condições específicas de pH elevado e salinidade, particularmente em regiões de clima tropical e subtropical [19]. A produção comercial contemporânea ocorre em sistemas de cultivo controlados, permitindo a padronização da biomassa e a garantia da qualidade do produto destinado ao consumo humano [20].

Do ponto de vista composicional, a espirulina apresenta um perfil nutricional notavelmente denso, com proteínas que correspondem a 60 a 70% do peso seco [21]. Estas proteínas contêm a totalidade dos aminoácidos essenciais à síntese proteica humana, conferindo-lhes o status de proteínas completas [22]. Além disso, a presença de vitaminas hidrossolúveis, particularmente as do complexo B, e de minerais, como ferro, magnésio e zinco, amplia seu valor nutricional [23].

Os pigmentos presentes na espirulina, especialmente a ficocianina e a clorofila, desempenham papéis biológicos significativos [24]. A ficocianina, que constitui até 20% do peso seco em algumas cepas, demonstra atividade antioxidante potente por meio de mecanismos de neutralização de radicais livres [25]. A clorofila, por sua vez, contribui para a desintoxicação e para a modulação de processos inflamatórios [26].

Os ácidos graxos presentes na espirulina incluem o ácido gama-linolênico, um ácido graxo poli-insaturado que participa de processos de regulação inflamatória [27]. Adicionalmente, polissacarídeos complexos identificados neste organismo apresentam propriedades imunomoduladoras, estimulando a produção de citocinas e ativando células do sistema imunológico inato [28]. A presença simultânea de múltiplos compostos bioativos confere à espirulina a capacidade de atuar através de mecanismos multifatoriais [29].

A ingestão de espirulina ocorre tipicamente através de formas farmacêuticas como pós, cápsulas ou comprimidos, com dosagens que variam conforme o objetivo terapêutico ou nutricional [30]. Estudos indicam que quantidades diárias entre 1 e 8 gramas podem produzir efeitos biológicos mensuráveis, embora a otimização posológica ainda requeira investigações adicionais [31]. A biodisponibilidade dos compostos bioativos da espirulina é influenciada

por fatores como o processamento da biomassa e a composição da matriz alimentar concomitante [32].

A segurança do consumo de espirulina tem sido documentada em múltiplos estudos, com relatos de eventos adversos sendo raros e geralmente de natureza leve [33]. Contudo, recomendações específicas devem ser observadas em populações vulneráveis, como gestantes, lactantes e indivíduos com condições médicas específicas [34]. A padronização de extratos e a garantia de pureza microbiológica constituem aspectos críticos para a utilização segura deste suplemento [35].

Suplementação com espirulina para a performance

A suplementação com espirulina tem despertado interesse particular no contexto da nutrição esportiva, fundamentado em evidências que sugerem efeitos benéficos na capacidade de exercício e na recuperação muscular [36]. Atletas submetidos a treinamentos intensivos experimentam elevação significativa na produção de espécies reativas de oxigênio, fenômeno que contribui para fadiga muscular, dano tecidual e prolongamento do período de recuperação [37]. A capacidade antioxidante da espirulina, particularmente através da ficocianina, oferece potencial para atenuar estes processos deletérios [38].

Investigações experimentais demonstram que a suplementação com espirulina reduz marcadores de dano muscular induzido pelo exercício, como a atividade de enzimas musculares liberadas na circulação [39]. Adicionalmente, observa-se atenuação da resposta inflamatória pós-exercício, com redução nas concentrações de citocinas pró-inflamatórias como o fator de necrose tumoral alfa [40]. Estes efeitos contribuem para a aceleração do processo de recuperação e para a redução da sensação de fadiga muscular [41].

No contexto do metabolismo energético durante o exercício, a espirulina pode influenciar a preferência de substrato oxidativo [42]. Estudos sugerem que a suplementação favorece uma maior oxidação de ácidos graxos em detrimento da utilização de carboidratos durante atividades de intensidade moderada a alta [43]. Este efeito pouparia os estoques de glicogênio muscular, retardando o onset da fadiga central e periférica e prolongando a capacidade de exercício sustentado [44].

A melhora na capacidade aeróbica tem sido documentada em atletas suplementados com espirulina, com incrementos observados em parâmetros como o tempo até exaustão e a potência máxima sustentável [45]. Mecanismos propostos incluem a melhora na eficiência

mitocondrial e a otimização da entrega de oxigênio aos tecidos musculares [46]. A modulação da vasodilatação endotelial, mediada pela estimulação da síntese de óxido nítrico, contribui para a melhora da perfusão muscular [47].

Além dos efeitos diretos na performance, a suplementação com espirulina pode influenciar positivamente a composição corporal de atletas [48]. A densidade proteica elevada da espirulina, associada a seus efeitos na regulação do apetite e na promoção da saciedade, contribui para a otimização da massa muscular magra [49]. Estudos longitudinais indicam que atletas suplementados apresentam incrementos maiores em massa muscular quando comparados a grupos controle [50].

A combinação da suplementação com espirulina e programas de treinamento estruturado demonstra efeitos sinérgicos na melhora da performance atlética [51]. Protocolos de suplementação otimizados, com dosagens entre 2 e 5 gramas diárias, produzem resultados significativos em períodos de 4 a 12 semanas [52]. A segurança e a tolerabilidade da espirulina em atletas têm sido bem documentadas, com ausência de efeitos adversos graves [53].

Suplementação de espirulina em doenças crônicas não transmissíveis

As doenças crônicas não transmissíveis constituem a principal causa de morbimortalidade em escala global, representando um desafio significativo para os sistemas de saúde pública [54]. Dentre estas, destacam-se as doenças cardiovasculares, o diabetes mellitus tipo 2 e as neoplasias malignas, condições que compartilham mecanismos fisiopatológicos comuns, incluindo o estresse oxidativo e a inflamação crônica [55]. A espirulina, através de seus múltiplos compostos bioativos, oferece potencial como agente terapêutico complementar no manejo destas enfermidades [56].

No contexto do diabetes mellitus tipo 2, estudos clínicos documentam que a suplementação com espirulina produz reduções significativas nos níveis de glicose plasmática em jejum e na hemoglobina glicada [57]. Os mecanismos propostos incluem a melhora na sensibilidade à insulina, possivelmente mediada pela modulação de vias de sinalização intracelular e pela redução do estresse oxidativo pancreático [58]. Adicionalmente, a espirulina pode influenciar a composição da microbiota intestinal, fenômeno que contribui para a regulação glicêmica [59].

As propriedades hipolipemiantes da espirulina têm sido consistentemente documentadas em ensaios clínicos randomizados [60]. A suplementação resulta em reduções nas concentrações séricas de colesterol total, triglicerídeos e lipoproteína de baixa densidade, concomitantemente ao aumento de lipoproteína de alta densidade [61]. Os mecanismos subjacentes envolvem a inibição da síntese hepática de lipídios e a promoção de sua excreção biliar [62].

No âmbito da fisiopatologia cardiovascular, a espirulina exerce efeitos anti-hipertensivos através de mecanismos que incluem a estimulação da síntese endotelial de óxido nítrico [63]. Este mediador promove a vasodilatação, reduzindo a resistência vascular periférica e, conseqüentemente, a pressão arterial [64]. Estudos demonstram que a suplementação com espirulina produz reduções modestas mas significativas na pressão arterial sistólica e diastólica [65].

Relativamente ao potencial oncológico, investigações pré-clínicas indicam que extratos de espirulina, particularmente a ficocianina, apresentam atividade antiproliferativa contra diversas linhagens celulares tumorais [66]. Os mecanismos identificados incluem a indução de apoptose através de vias intrínsecas e extrínsecas, a parada do ciclo celular em fases específicas e a inibição da angiogênese [67]. Contudo, estudos clínicos robustos em populações humanas ainda são necessários para confirmar a eficácia oncológica [68].

As doenças respiratórias crônicas, incluindo a asma e a doença pulmonar obstrutiva crônica, compartilham mecanismos inflamatórios que podem ser modulados pela espirulina [69]. A redução de mediadores inflamatórios nas vias respiratórias, associada aos efeitos broncodilatadores potenciais, sugere que a suplementação pode contribuir para a melhora dos sintomas e da função pulmonar [70]. Estudos preliminares indicam promessa, embora investigações adicionais sejam necessárias para estabelecer recomendações clínicas definitivas [71].

Suplementação de espirulina em obesos

A obesidade constitui uma condição metabólica multifatorial caracterizada pelo acúmulo excessivo de tecido adiposo e associada a um estado de inflamação crônica de baixo grau [72]. Este estado inflamatório sistêmico contribui para a patogênese de múltiplas comorbidades, incluindo resistência à insulina, dislipidemia e doenças cardiovasculares [73].

A intervenção nutricional com espirulina oferece potencial para modular estes processos fisiopatológicos [74].

Ensaio clínico demonstram que a suplementação com espirulina contribui para a redução do índice de massa corporal e da circunferência da cintura em indivíduos obesos [75]. Os mecanismos propostos incluem a elevada densidade proteica da espirulina, que promove saciedade prolongada e reduz a ingestão calórica subsequente [76]. Adicionalmente, a modulação de hormônios reguladores do apetite, como a leptina e a grelina, pode contribuir para a redução da ingestão alimentar [77].

A capacidade da espirulina de atenuar a inflamação sistêmica em indivíduos obesos é particularmente relevante, considerando o papel central da inflamação na patogênese da obesidade e de suas comorbidades [78]. A redução nas concentrações de citocinas pró-inflamatórias, como a interleucina-6 e o fator de necrose tumoral alfa, associa-se a melhorias nos parâmetros metabólicos [79]. A diminuição da infiltração de macrófagos no tecido adiposo contribui para a restauração de um fenótipo adiposo menos inflamatório [80].

A regulação do metabolismo lipídico constitui outro mecanismo através do qual a espirulina exerce efeitos benéficos em indivíduos obesos [81]. A suplementação resulta em melhora nos parâmetros lipídicos, incluindo redução de triglicerídeos e colesterol total e aumento de lipoproteína de alta densidade [82]. Estes efeitos contribuem para a redução do risco cardiovascular, frequentemente elevado em populações obesas [83].

A melhora na sensibilidade à insulina constitui um efeito importante da suplementação com espirulina em indivíduos obesos [84]. A resistência à insulina, frequentemente presente nesta população, é um fator de risco independente para o desenvolvimento de diabetes mellitus tipo 2 e de doenças cardiovasculares [85]. A espirulina, através de mecanismos que envolvem a redução do estresse oxidativo e a modulação de vias de sinalização intracelular, contribui para a melhora da sensibilidade insulínica [86].

A combinação da suplementação com espirulina e mudanças no estilo de vida, particularmente restrição calórica e exercício físico regular, demonstra efeitos sinérgicos na redução do peso corporal e na melhora da composição corporal [87]. Estudos de intervenção multifatorial indicam que a adição de espirulina a programas de perda de peso potencializa os resultados, com maior redução de massa adiposa e preservação de massa muscular magra

[88]. A segurança e a tolerabilidade da suplementação em populações obesas têm sido bem estabelecidas [89].

Outras aplicabilidades da espirulina

Além das aplicações supramencionadas, a espirulina apresenta um espectro amplo de propriedades terapêuticas potenciais que têm despertado interesse crescente na pesquisa científica [90]. Suas ações imunomoduladoras, anti-inflamatórias e antioxidantes conferem-lhe aplicabilidade em contextos patológicos diversos [91]. A compreensão dos mecanismos subjacentes a estas propriedades é fundamental para a otimização de sua utilização clínica [92].

A modulação da resposta imunológica constitui um mecanismo central através do qual a espirulina exerce efeitos terapêuticos [93]. A suplementação estimula a produção de citocinas imunomoduladoras, ativa macrófagos teciduais e circulantes e promove a diferenciação e ativação de células T e células natural killer [94]. Estes efeitos resultam no fortalecimento tanto da resposta imune inata quanto da adaptativa, com implicações para a prevenção e o tratamento de infecções [95].

Na anemia, particularmente em populações vulneráveis como gestantes e idosos, a suplementação com espirulina demonstra eficácia na elevação dos níveis de hemoglobina e na melhora da contagem de eritrócitos [96]. O alto teor de ferro biodisponível, associado à presença de cofatores que facilitam sua absorção intestinal, contribui para estes efeitos [97]. A espirulina oferece uma alternativa nutricional viável para populações que apresentam limitações na tolerância a suplementos convencionais de ferro [98].

No contexto das doenças neurodegenerativas, como o mal de Alzheimer e a doença de Parkinson, as propriedades neuroprotetoras da espirulina têm sido investigadas [99]. Modelos experimentais indicam que a ficocianina, principal componente bioativo, pode atravessar a barreira hematoencefálica e exercer efeitos neuroprotetores [100]. A redução da neuroinflamação, a inibição da agregação de proteínas tóxicas e a atenuação do estresse oxidativo neuronal constituem mecanismos potenciais de ação [101].

A modulação de processos inflamatórios sistêmicos através da espirulina oferece potencial terapêutico em condições caracterizadas por inflamação crônica [102]. Doenças autoimunes, como a artrite reumatoide e o lúpus eritematoso sistêmico, apresentam mecanismos inflamatórios que podem ser modulados pela suplementação [103]. Estudos

preliminares indicam reduções nos marcadores de inflamação e melhora nos sintomas clínicos, embora investigações adicionais sejam necessárias [104].

A saúde gastrointestinal constitui outra área de potencial aplicação da espirulina [105]. Suas propriedades prebióticas, associadas à capacidade de modular a composição da microbiota intestinal, podem contribuir para a melhora da função digestiva e da barreira intestinal [106]. Estudos indicam que a suplementação com espirulina reduz a permeabilidade intestinal e promove o crescimento de bactérias comensais benéficas [107].

Conclusões

A presente revisão integrativa consolidou as evidências científicas disponíveis sobre os múltiplos benefícios potenciais da suplementação com espirulina para a saúde humana. Ficou demonstrado que este organismo fotossintético atua através de mecanismos multifatoriais, oferecendo suporte tanto na otimização da performance física quanto no manejo e na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis.

Os compostos bioativos presentes na espirulina, em particular a ficocianina e os polissacarídeos imunomoduladores, conferem-lhe propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias robustas. Estas propriedades constituem a base mecanística para os efeitos terapêuticos observados em diversos contextos clínicos e fisiológicos. A sinergia entre múltiplos componentes bioativos amplifica o potencial terapêutico da espirulina em relação a compostos isolados.

Apesar dos resultados promissores, a literatura científica aponta para a necessidade de ensaios clínicos randomizados adicionais, com desenhos metodológicos rigorosos e períodos de acompanhamento prolongados. A padronização de extratos de espirulina, a otimização de protocolos posológicos e a investigação de possíveis interações medicamentosas constituem áreas que requerem atenção prioritária.

A segurança da suplementação com espirulina tem sido bem estabelecida em populações gerais, com relatos de eventos adversos sendo raros e geralmente de natureza leve. Contudo, recomendações específicas devem ser formuladas para populações vulneráveis, incluindo gestantes, lactantes e indivíduos com condições médicas específicas.

A espirulina consolida-se, portanto, como um suplemento alimentar de alto valor biológico e terapêutico, merecedor de contínua investigação científica. Sua integração em programas de nutrição clínica e de saúde pública oferece potencial significativo para a promoção da saúde e prevenção de doenças. A formação de profissionais de saúde sobre as propriedades e aplicações clínicas da espirulina é fundamental para otimizar sua utilização.

Futuras investigações devem focar na elucidação completa dos mecanismos de ação, na identificação de populações que se beneficiam maximamente da suplementação e na formulação de recomendações clínicas baseadas em evidências de alta qualidade. A colaboração entre pesquisadores de diferentes disciplinas, incluindo nutrição, farmacologia e medicina clínica, é essencial para avançar o conhecimento nesta área promissora.

ORCID dos autores

Andrea Schulz Galvão (0000-0002-7065-163X), Luis Carlos Oliveira Gonçalves (0000-0001-5368-1194), Cláudia Marlise Balbinotti Andrade (0000-0003-2765-3717).

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflitos de interesse no presente estudo.

Disponibilidade de dados

Os dados que sustentam as descobertas deste estudo estão disponíveis na base de dados PubMed e podem ser acessados por meio de uma busca com os termos-chave utilizados nesta revisão.

Financiamento

O presente trabalho não contou com apoio financeiro de agências de fomento ou de instituições privadas.

Uso de Inteligência Artificial

Os autores declaram que não utilizaram inteligência artificial generativa na redação final deste manuscrito, apenas na geração do Graphical Abstract (IA Nano Banana Pró).

Referências

1. Zarezadeh M; Faghfour AH; Radkhah N; Foroumandi E; et al.. Spirulina supplementation and anthropometric indices: A systematic review and. *Phytotherapy research: PTR*, 2021. PMID: 32967062.
2. Firdaus M; Priambodo AF. Impact of Spirulina Supplementation on Obesity, Hypertension, Hyperglycemia, and. *Scientifica*, 2025. PMID: 40182955.
3. Mohiti S; Zarezadeh M; Naeini F; Tutunchi H; et al.. Spirulina supplementation and oxidative stress and pro-inflammatory biomarkers: A. *Clinical and experimental pharmacology & physiology*, 2021. PMID: 33908048.
4. Moradi S; Ziaei R; Foshati S; Mohammadi H; et al.. Effects of Spirulina supplementation on obesity: A systematic review and. *Complementary therapies in medicine*, 2019. PMID: 31780031.
5. Naeini F; Zarezadeh M; Mohiti S; Tutunchi H; et al.. Spirulina supplementation as an adjuvant therapy in enhancement of antioxidant. *International Journal of Clinical Practice*, 2021. PMID: 34235823.
6. Sokary S; Bawadi H; Zakaria ZZ; Al-Asmakh M. The Effects of Spirulina Supplementation on Cardiometabolic Risk Factors: A. *Journal of dietary supplements*, 2024. PMID: 38251049.
7. Yousefi R; Saidpour A; Mottaghi A. The effects of Spirulina supplementation on metabolic syndrome components, its. *Complementary therapies in medicine*, 2019. PMID: 30670232.
8. Fu Z; Zhou S; Gu X. Effects of spirulina supplementation alone or with exercise on cardiometabolic—frontiers in nutrition, 2025. PMID: 40655486.
9. Prete V; Abate AC; Di Pietro P; De Lucia M; et al.. Beneficial Effects of Spirulina Supplementation in the Management of. *Nutrients*, 2024. PMID: 38474769.
10. Lak M; Karimi M; Akhgarjand C; Ghotboddin Mohammadi S; et al.. Effects of spirulina supplementation on body composition in adults: a. *Nutrition & metabolism*, 2025. PMID: 40528207.
11. Ansarin A; Javadivala Z; Saberivand M; Malek Mahdavi A; et al.. Spirulina supplementation and rheumatoid arthritis: A systematic review of. *Molecular biology reports*, 2025. PMID: 40960533.
12. Machowiec P; Reka G; Maksymowicz M; Pieciewicz-Szczesna H; et al.. Effect of Spirulina Supplementation on Systolic and Diastolic Blood Pressure:. *Nutrients*, 2021. PMID: 34578932.
13. Shahraki Jazinaki M; Rashidmayvan M; Rahbarinejad P; Shadmand Foumani Moghadam MR; et al.. Effects of Spirulina Supplementation on C-Reactive Protein (CRP): A Systematic Review: *food science & nutrition*, 2025. PMID: 40330210.
14. Chaouachi M; Vincent S; Groussard C. A Review of the Health-Promoting Properties of Spirulina with a Focus on *Journal of Dietary Supplements*, 2024. PMID: 37143238.

15. Rahnama I; Arabi SM; Chambari M; Bahrami LS; et al.. The effect of Spirulina supplementation on lipid profile: GRADE-assessed. *Pharmacological research*, 2023. PMID: 37263369.
16. Castel T; Theron M; Pichavant-Rafini K; Guernec A; et al.. Can selenium-enriched spirulina supplementation ameliorate sepsis outcomes in? *Physiological reports*, 2021. PMID: 34288548.
17. Sukmawati I; Ariyanto H; Heryani H; Sundari SW; et al.. Effects of spirulina supplementation on growth parameters in malnourished individuals—*Journal of Taibah University Medical Sciences*, 2025. PMID: 41541825.
18. Gurney T; Spendiff O. Spirulina supplementation improves oxygen uptake in arm cycling exercise—*European Journal of Applied Physiology*, 2020. PMID: 32892320.
19. Bagheri R; Negaresh R; Motevalli MS; Wong A; et al.. Spirulina supplementation during gradual weight loss in competitive wrestlers. *The British journal of nutrition*, 2022. PMID: 33715648.
20. Hariri M; Azizi-Soleiman F; Baradaran HR; Heshmati M; et al.. Spirulina Supplementation Can Reduce Serum Levels of C-Reactive Protein: A. *International journal for vitamin and nutrition research. Internationale*, 2026. PMID: 41873104.
21. ElFar OA; Billa N; Lim HR; Chew KW; et al.. Advances in delivery methods of *Arthrospira platensis* (spirulina) for enhanced. *Bioengineered*, 2022. PMID: 35946342.
22. Jung F; Kruger-Genge A; Kohler S; Mrowietz C; et al.. Effects of *Arthrospira platensis*-derived phycocyanin on blood cells¹. *Clinical hemorheology and microcirculation*, 2023. PMID: 36502311.
23. Mazo VK; Biryulina NA; Sidorova YS. [*Arthrospira platensis*: antioxidant, hypoglycemic, and hypolipidemic effects in. *Voprosy pitaniia*, 2022. PMID: 36136942.
24. Biryulina NA; Mazo VK; Bagryantseva OV. [*Arthrospira platensis* phycocyanins: a perspective for use in foods for special needs. *Voprosy pitaniia*, 2022. PMID: 36648180.
25. Lacurezeanu A; Vodnar DC. *Arthrospira platensis* and *Chlorella vulgaris* Consumption on Iron Status: A. *Molecular nutrition & food research*, 2025. PMID: 41255135.
26. Jung F; Braune S; Jung CHG; Kruger-Genge A; et al.. Lipophilic and Hydrophilic Compounds from *Arthrospira platensis* and Its Effects. *Life (Basel, Switzerland)*, 2022. PMID: 36294932.
27. Maddiboyina B; Vanamamalai HK; Roy H; Ramaiah; et al. Food and drug industry applications of microalgae *Spirulina platensis*: A review. *Journal of Basic Microbiology*, 2023. PMID: 36720046.
28. Citi V; Torre S; Flori L; Usai L; et al.. Nutraceutical Features of the Phycobiliprotein C-Phycocyanin: Evidence from Nutrients, 2024. PMID: 38892686.
29. Pescosolido E; Yerly D; Caubet JC; Bergmann MM. Delayed IgE-mediated hypersensitivity to *Arthrospira platensis* (spirulina). *Annals of allergy, asthma & immunology: official publication of the American*, 2022. PMID: 35842084.
30. Leone I; Costabile V; Smaldone G; Franzese M; et al.. *Arthrospira Platensis* Attenuates Endothelial Inflammation and Monocyte. *International Journal of Molecular Sciences*, 2025. PMID: 40869165.

31. Karimi S; Shaygannejad V; Mohammadalipour A; Feizi A; et al.. Effects of spirulina (*Arthrospira*) *platensis* supplementation on inflammation: *Nutrition Journal*, 2025. PMID: 40877830.
32. Tomal A; Szlapka-Kosarzewska J; Mironiuk M; Michalak I; et al.. *Arthrospira platensis* enriched with Cr(III), Mg(II), and Mn(II) ions improves. *Frontiers in endocrinology*, 2024. PMID: 38689728.
33. Masoudi-Sobhanzadeh Y; Pourseif MM; Khalili-Sani A; Jafari B; et al. Deciphering the anti-biofilm property of *Arthrospira platensis*-origin peptides. *Computers in biology and medicine*, 2023. PMID: 37146493.
34. Amadeu SO; Sarmiento-Machado LM; Bartolomeu AR; Chaves MAG; et al.. *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis* feeding reduces the early stage of chemically induced. *The British journal of nutrition*, 2023. PMID: 35506448.
35. Shaman AA; Zidan NS; Atteia HH; Alalawy AI; et al.. *Arthrospira platensis* nanoparticles fight against diabetes-induced testicular damage. *Andrologia*, 2022. PMID: 35560246.
36. Nghinaunye T; Waldeck P; Jung CGH; Kupper JH; et al.. Response of *Arthrospira platensis* to different temperatures regarding growth and. *Clinical hemorheology and microcirculation*, 2024. PMID: 37638424.
37. Ghamry HI; Shukry M; Kassab MA; Farrag FA; et al.. *Arthrospira platensis* Nanoparticles Mitigate Aging-Related Oxidative Injury. *International journal of nanomedicine*, 2023. PMID: 37808455.
38. Mabrouk MM; Ashour M; Younis EM; Abdel-Warith AA; et al.. *Arthrospira platensis* nanoparticles dietary supplementation improves growth. *PloS one*, 2024. PMID: 38917116.
39. Usai L; Torre S; Aktay N; Dunford NT; et al.. Recent Advancements in Production and Extraction Methods of Phycobiliprotein. *Current microbiology*, 2024. PMID: 39460769.
40. Kumar R; Sharma V; Das S; Patial V; et al.. *Arthrospira platensis* (*Spirulina*) fortified functional foods ameliorate iron and. *Food & function*, 2023. PMID: 36601898.
41. Wu Q; Liu L; Miron A; Klimova B; et al.. The antioxidant, immunomodulatory, and anti-inflammatory activities of *Spirulina*: *Archives of Toxicology*, 2016. PMID: 27259333.
42. Calella P; Di Dio M; Cerullo G; Di Onofrio V; et al.. Antioxidant, immunomodulatory, and anti-inflammatory effects of *Spirulina*. *International journal of food sciences and nutrition*, 2022. PMID: 36273817.
43. Sorrenti V; Castagna DA; Fortinguerra S; Buriani A; et al.. *Spirulina* Microalgae and Brain Health: A Scoping Review of Experimental and. *Marine drugs*, 2021. PMID: 34067317.
44. Gogna S; Kaur J; Sharma K; Prasad R; et al.. *Spirulina*- An Edible Cyanobacterium with Potential Therapeutic Health Benefits. *Journal of the American Nutrition Association*, 2023. PMID: 35916491.
45. Finamore A; Palmery M; Bensehaila S; Peluso I. Antioxidant, Immunomodulating, and Microbial-Modulating Activities of the. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2017. PMID: 28182098.
46. Kaipa VRK; Asif SM; Assiri KI; Saquib SA; et al.. Antioxidant effect of spirulina in chronic periodontitis. *Medicine*, 2022. PMID: 36550811.

47. Hernández Lepe MA; Wall-Medrano A; Juárez-Oropeza MA; Ramos-Jiménez A; et al.. [SPIRULINA AND ITS HYPOLIPIDEMIC AND ANTIOXIDANT EFFECTS IN HUMANS: A SYSTEMATIC. *Nutrición hospitalaria*, 2015. PMID: 26268076.
48. Stunda-Zujeva A; Berele M; Lece A; Skesters A. Comparison of antioxidant activity in various spirulina-containing products and. *Scientific Reports*, 2023. PMID: 36941370.
49. Deng R; Chow TJ. Hypolipidemic, antioxidant, and antiinflammatory activities of microalgae. *Cardiovascular therapeutics*, 2010. PMID: 20633020.
50. Behairy A; Elkomy A; Elsayed F; Gaballa MMS; et al.. Antioxidant and anti-inflammatory potential of spirulina and thymoquinone. *Naunyn-Schmiedeberg's archives of pharmacology*, 2024. PMID: 37773524.
51. Abdel-Moneim AE; Shehata AM; Selim DA; El-Saadony MT; et al.. Spirulina platensis and biosynthesized selenium nanoparticles improve. *Journal of Thermal Biology*, 2022. PMID: 35180972.
52. Mohammadi M; Hamishehkar H; McClements DJ; Shahvalizadeh R; et al.. Encapsulation of Spirulina protein hydrolysates in liposomes: Impact on. *Food chemistry*, 2023. PMID: 36055139.
53. Gharib FAEL; Ahmed EZ. Spirulina platensis improves growth, oil content, and antioxidant activity. *Scientific Reports*, 2023. PMID: 37198296.
54. Zeitoun MM; Ateah MA; Almainan AT; Mansour MM. Spirulina Supplementation to the Semen Extender Influences the Quality and. *Journal of equine veterinary science*, 2022. PMID: 36002116.
55. Coli AP; Carneiro WF; da Silva KCD; Castro TFD; et al. Spirulina (*Arthrospira platensis*) supplementation: Impact on growth, metabolism. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 2024. PMID: 38628058.
56. Li Y. The Bioactivities of Phycocyanobilin from Spirulina. *Journal of immunology research*, 2022. PMID: 35726224.
57. Koite NLN; Sanogo NI; Lepine O; Bard JM; et al.. Antioxidant Efficacy of a Spirulina Liquid Extract on Oxidative Stress Status and. *Marine drugs*, 2022. PMID: 35877734.
58. Pez Jaeschke D; Rocha Teixeira I; Damasceno Ferreira Marczak L; Domeneghini Mercali G. Phycocyanin from Spirulina: A review of extraction methods and stability. *Food research international (Ottawa, Ont.)*, 2021. PMID: 33992333.
59. Fernandes R; Campos J; Serra M; Fidalgo J; et al.. Exploring the Benefits of Phycocyanin: From Spirulina Cultivation to Its. *Pharmaceuticals (Basel, Switzerland)*, 2023. PMID: 37111349.
60. Castro-Geronimo VD; García-Rodríguez RV; Sánchez-Medina A; Chamorro-Cevallos GA; et al. C-Phycocyanin: A Phycobiliprotein from Spirulina with Metabolic Syndrome and. *Journal of medicinal food*, 2024. PMID: 37668603.
61. Thevarajah B; Piyatilleke S; Nimarshana PHV; Koushalya S; et al.. Exploring effective light spectral conversion techniques for enhanced production. *Bioresource technology*, 2024. PMID: 38508281.
62. Athiyappan KD; Chaudhuri R; Balasubramanian P. Enhancing phycocyanin yield from Spirulina sp. under salt stress using various. *Archives of Microbiology*, 2024. PMID: 38735006.

63. Chen HY; Chiang YF; Huang CY; Shieh TM; et al.. Spirulina phycocyanin extract and its active components suppress. *Biomedicine & pharmacotherapy = Biomedecine & pharmacotherapie*, 2022. PMID: 35691155.
64. AlFadhly NKZ; Alhelfi N; Altemimi AB; Verma DK; et al.. Trends and Technological Advancements in the Possible Food Applications of Molecules (Basel, Switzerland), 2022. PMID: 36080350.
65. Jiang L; Yu S; Chen H; Pei H. Enhanced phycocyanin production from *Spirulina subsalsa* via freshwater and marine. *Bioresource technology*, 2023. PMID: 37011840.
66. Jeyaraja S; Palanivel S; Palanimuthu K; Munusamy C. Phycocyanin from *Spirulina platensis* bio-mimics quantum dots photocatalytic. *Environmental science and pollution research international*, 2022. PMID: 35536466.
67. Seo YJ; Kim KJ; Choi J; Koh EJ; et al.. *Spirulina maxima* Extract Reduces Obesity through Suppression of Adipogenesis and. *Nutrients*, 2018. PMID: 29865208.
68. Shi K; Wang W; Sun J; Jiang C; et al.. A rapid one-step affinity purification of C-phycocyanin from *Spirulina platensis*. *Journal of Chromatography. A*, 2024. PMID: 38479154.
69. Liu Y; Jovceviski B; Pukala TL. C-Phycocyanin from *Spirulina* Inhibits alpha-Synuclein and Amyloid-beta Fibril Formation. *Journal of Natural Products*, 2019. PMID: 30620188.
70. Duman Y; Tufan G. Chromatographic purification of C-phycocyanin from *Spirulina platensis*: assessing. *Journal of the science of food and agriculture*, 2024. PMID: 38656654.
71. de Moraes Nogueira AO; Felipe Kokuszi LT; Poester Cordeiro A; Ziebell Salgado H; et al.. *Spirulina* sp. LEB 18-extracted phycocyanin: Effects on liposomes' physicochemical properties. *Chemistry and physics of lipids*, 2021. PMID: 33609502.
72. Li L; Liu H; Zhang P. Effect of *Spirulina* Meal Supplementation on Growth Performance and Feed. *Aquaculture nutrition*, 2022. PMID: 36860451.
73. Spinola MP; Costa MM; Prates JAM. Analyzing the Impact of *Spirulina* Intake Levels on Performance Parameters, Blood. *Animals: an open access journal from MDPI*, 2024. PMID: 38998076.
74. El-Shall NA; Jiang S; Farag MR; Azzam M; et al.. Potential of *Spirulina platensis* as a feed supplement for poultry to enhance. *Frontiers in immunology*, 2023. PMID: 36798131.
75. Lestingi A; Alagawany M; Di Cerbo A; Crescenzo G; et al.. *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) is used as a functional feed supplement. *Life* (Basel, Switzerland), 2024. PMID: 39768246.
76. Alagbe EO; Schulze H; Adeola O. Dietary *Spirulina* effects in *Eimeria*-challenged broiler chickens: growth. *Journal of Animal Science*, 2024. PMID: 38995102.
77. Firdaus F; Panjaitan TS; Makmur M; Atmoko BA; et al.. *Spirulina* supplementation effects on small ruminants' performance and product. *Animal bioscience*, 2025. PMID: 40211846.
78. Mansour MM; Zeitoun MM. Influence of spirulina supplementation on growth performance and puberty traits. *Open Veterinary Journal*, 2023. PMID: 37545698.
79. Anderson A; Kumar M V; Gavurova B; Li H; et al.. Optimizing engine performance and reducing emissions of greenhouse gases through Environmental research, 2023. PMID: 37086880.

80. Khan S; Mobashar M; Mahsood FK; Javaid S; et al.. Spirulina inclusion levels in a broiler ration: evaluation of growth performance. *Tropical animal health and production*, 2020. PMID: 32656647.
81. Omri B; Amraoui M; Tarek A; Lucarini M; et al.. *Arthrospira Platensis (Spirulina) Supplementation on Laying Hens' Performance: Foods* (Basel, Switzerland), 2019. PMID: 31480786.
82. Lugara R; Realini L; Kreuzer M; Giller K. Effects of maternal high-energy diet and spirulina supplementation in pregnant. *Meat Science*, 2022. PMID: 35202975.
83. Alagbe EO; Ajuwon KM; Schulze H; Adeola O. Assessment of dietary spirulina supplementation on growth performance, nutrient. *Journal of Animal Science*, 2025. PMID: 41014498.
84. Ismail F; Sherif K; Rizk Y; Hassan M; et al.. Dietary supplementation of spirulina and canthaxanthin boosts laying performance. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 2023. PMID: 35534942.
85. Salah AS; El-Tarabany MS; Mostafa M; Zaki RS; et al.. Impact of dietary Spirulina on performance, antioxidant status, and carcass traits. *Frontiers in Veterinary Science*, 2024. PMID: 39944933.
86. Chaouachi M; Gautier S; Carnot Y; Bideau N; et al.. Spirulina platensis provides a Small Advantage in Vertical Jump and Sprint. *Journal of Dietary Supplements*, 2021. PMID: 33118429.
87. Hassan RIM; Refaie MS; El-Shoukary RD; Rehan IF; et al.. Effect of Dietary Microalgae (*Spirulina platensis*) on Growth Performance. *Life* (Basel, Switzerland), 2022. PMID: 36431027.
88. Geng Y; Wang J; Chen X; Wang Q; et al.. In Situ N, O-Dually Doped Nanoporous Biochar Derived from Waste Eutrophic. *Nanomaterials* (Basel, Switzerland), 2023. PMID: 37686939.
89. Spinola MP; Costa MM; Tavares B; Pestana JM; et al.. Impact of long-term feeding a high level of Spirulina combined with enzymes on. *Frontiers in Veterinary Science*, 2024. PMID: 39257638.
90. Autor desconhecido. *Spirulina.. Revista não disponível*, 2012. PMID: 31643635.
91. Hatami E; Ghalishourani SS; Najafgholizadeh A; Pourmasoumi M; et al.. The effect of spirulina on type 2 diabetes: a systematic review and. *Journal of diabetes and metabolic disorders*, 2021. PMID: 34178867.
92. Krishnan H; Kaushik D; Kumar M; Oz E; et al.. Exploring the natural efficacy of spirulina powder for combating obesity. *Journal of the science of food and agriculture*, 2024. PMID: 39001630.
93. Ahmad AMR; Intikhab A; Zafar S; Farooq U; et al.. Spirulina, an FDA-Approved Functional Food: Worth the Hype?. *Cellular and molecular biology* (Noisy-le-Grand, France), 2023. PMID: 37213142.
94. Kulshreshtha A; Zacharia AJ; Jarouliya U; Bhadauriya P; et al.. Spirulina in health care management. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 2008. PMID: 18855693.
95. Ansari R; Foroughinia F; Dadbakhsh AH; Afsari F; et al.. An Overview of Pharmacological and Clinical Aspects of Spirulina. *Current drug discovery technologies*, 2023. PMID: 36453480.

96. Karizi SR; Armanmehr F; Azadi HG; Zahroodi HS; et al.. A randomized, double-blind, placebo-controlled add-on trial to assess the. *Phytotherapy research: PTR*, 2023. PMID: 36598187.
97. Pathikkal A; Bhaskar TK; Prasanthan A; Haritha PK; et al.. 5-Methyltetrahydrofolate and aqueous extract of *Spirulina* (*Arthrospira*). *3 Biotech*, 2025. PMID: 39711918.
98. Lee J; Park A; Kim MJ; Lim HJ; et al.. *Spirulina* Extract Enhanced a Protective Effect in Type 1 Diabetes. *Nutrients*, 2017. PMID: 29244751.
99. Varma R; Williams CE; McClain ES; Bailey KR; et al.. Utility of a (13)C-*Spirulina* Stable Isotope Gastric Emptying Breath Test in. *Neurogastroenterology and Motility*, 2025. PMID: 39873950.
100. Lee EH; Park JE; Choi YJ; Huh KB; et al.. A randomized study to establish the effects of spirulina in type 2 diabetes. *Nutrition research and practice*, 2008. PMID: 20016733.
101. Gupta A; Nair A; Kumria R; Al-Dhubiab BE; et al.. Assessment of pharmacokinetic interaction of spirulina with glitazone in a type 2. *Journal of medicinal food*, 2013. PMID: 24328701.
102. Gomez-Zorita S; Trepiana J; Gonzalez-Arceo M; Aguirre L; et al.. Anti-Obesity Effects of Microalgae.. *International journal of molecular sciences*, 2019. PMID: 31861663.
103. Ekeuku SO; Chong PN; Chan HK; Mohamed N; et al.. *Spirulina* supplementation improves bone structural strength and stiffness in. *Journal of traditional and complementary medicine*, 2022. PMID: 35493310.
104. Ghafari Ashtiani A; Sharifan A; Gharibi M; Moradzadeh R. The beneficial effect of fermented *Spirulina platensis* on reducing oxidative. *Cellular and molecular biology (Noisy-le-Grand, France)*, 2024. PMID: 39262257.
105. Saidi H; Bounihi A; Bouazza A; Hichami A; et al.. *Spirulina* reduces diet-induced obesity through downregulation of lipogenic genes. *Archives of physiology and biochemistry*, 2022. PMID: 32207345.
106. Shahinfar H; Jayedi A; Torabynasab K; Payandeh N; et al.. Comparative effects of nutraceuticals on body weight in adults with overweight or. *Pharmacological research*, 2023. PMID: 37778464.
107. Zhao B; Cui Y; Fan X; Qi P; et al.. Anti-obesity effects of *Spirulina platensis* protein hydrolysate by modulating. *PloS one*, 2019. PMID: 31220177