

# ASPECTOS NUTRICIONAIS E BENEFÍCIOS À SAÚDE ASSOCIADOS AO CONSUMO DE SPIRULINA (*spirulina plantensis*): UMA REVISÃO

Data de submissão: 09/06/2023

Data de aceite: 01/08/2023

### **Bárbara Carvalho Padovani**

Faculdades Integradas Einstein de Limeira  
Limeira – SP  
<https://lattes.cnpq.br/6897595801259011>

### **Nataly Maria Viva de Toledo**

Faculdades Integradas Einstein de Limeira  
Limeira – SP  
<https://lattes.cnpq.br/9834397695213238>

**RESUMO:** Este trabalho teve como objetivo revisar as evidências sobre a composição nutricional, aspecto sensorial e benefícios à saúde associados ao consumo de *Spirulina plantensis*. Para tal, foram analisadas as seguintes bases de dados: Scielo, PubMed, MedLine e Google Scholar utilizando como termos descritores de busca “Spirulina”; “ingestão de Spirulina”; “Spirulina e proteína”; “Spirulina e ômega 3” e seus correspondentes em inglês. Foram utilizados artigos publicados no período de 2001 a 2021. A partir dos resultados encontrados, observou-se que a Spirulina é uma importante fonte de aminoácidos essenciais, ômega 3, além de vitaminas e minerais. Estudos demonstraram diversos resultados positivos em relação ao consumo da microalga por humanos e animais, tais

como auxílio na redução de peso, controle da glicemia e prevenção de doenças cardiovasculares. O uso da microalga em diversas formulações alimentícias (ex. pães, shakes, massas, etc.) demonstrou resultados promissores quanto ao aspecto sensorial, demonstrando que a Spirulina pode ser empregada como ingrediente no desenvolvimento de novos produtos. Assim, acredita-se que a Spirulina pode ser utilizada tanto como um ingrediente, quanto como um fitoterápico, cujo consumo pode ser empregado como estratégia para que indivíduos atinjam as necessidades nutricionais de proteína e ômega 3.

**PALAVRAS-CHAVE:** microalgas. proteínas vegetais. ácidos graxos essenciais. aminoácidos.

### NUTRITIONAL ASPECTS AND HEALTH BENEFITS ASSOCIATED WITH SPIRULINA CONSUMPTION (*Spirulina plantensis*): A REVIEW

**ABSTRACT:** This work aimed to review the evidence on the nutritional composition, sensory aspect and health benefits associated with the consumption of *Spirulina plantensis*. For this, the following databases were analyzed: Scielo, PubMed,

MedLine and Google Scholar using “Spirulina” as search descriptor terms; “Spirulina ingestion”; “Spirulina and protein”; “Spirulina and omega 3” and its correspondents in English. Articles published from 2001 to 2021 were used. From the results found, it was observed that Spirulina is an important source of essential amino acids, omega 3, in addition to vitamins and minerals. Studies have shown several positive results in relation to the consumption of microalgae by humans and animals, such as aid in weight reduction, glycemic control and prevention of cardiovascular diseases. The use of microalgae in various food formulations (eg bread, shakes, pasta, etc.) has shown promising results in terms of the sensory aspect, demonstrating that Spirulina can be used as an ingredient in the development of new products. Thus, it is believed that Spirulina can be used both as an ingredient and as a herbal medicine, whose consumption can be used as a strategy for individuals to meet the nutritional needs of protein and omega 3.

**KEYWORDS:** Microalgae. plant proteins. essential fatty acids. amino acids.

## 1 | INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, com a industrialização e mudanças dos hábitos alimentares da sociedade, observa-se uma maior ocorrência de Doenças Crônicas Não Transmissíveis (DCNT). No entanto, alguns povos demonstraram menores incidências de casos dessas doenças, o que estaria relacionado à sua alimentação, a qual inclui alimentos funcionais, os quais não apenas nutrem, mas promovem benefícios fisiológicos à saúde (MORAES; COLLA, 2006).

Estudos indicam que uma dieta equilibrada e variada é primordial no tratamento de doenças crônicas, tornando importante conhecer a funcionalidade dos alimentos. Frente a essas questões, o estudo de novos ingredientes se faz necessário, a fim de ofertar ao consumidor produtos versáteis e que tragam efeitos benéficos à saúde.

Nesse contexto, microalgas, como a *Spirulina platenses*, têm ganhado destaque. Essas plantas costumam ser empregadas por apresentarem em sua composição elementos que podem, como um todo ou isoladamente, auxiliar na saúde humana, sendo então consideradas nutracêuticas e alimentos funcionais (CAMACHO; MACEDO; MALCATA, 2019).

Vale destacar, que a Spirulina possui grande quantidade de ácidos graxos (em especial o ômega 3), sendo que seu conteúdo ultrapassa em dez vezes o do vegetal considerado de maior produção lipídica, a palma (RADMANN; COSTA, 2008). Também é rica em proteínas, as quais estão presentes em 65-70% de seu peso seco (ROGATTO *et al.*, 2004).

As microalgas apresentam ainda vantagem de serem consideradas sustentáveis, além de possuírem biomassa classificada como Generally Recognized as Safe (GRAS) (FDA, 2003), ou seja, são alimentos considerados seguros para consumo humano, fator este que as tornam muito visadas para o desenvolvimento de novos produtos.

Frente ao exposto, e visto que a Spirulina foi classificada e recomendada como ingrediente de uso diário pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2018), o objetivo do presente trabalho foi elaborar uma revisão de literatura para apresentar informações sobre a composição nutricional da Spirulina e os benefícios à saúde humana associados ao seu consumo.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho trata-se de uma revisão bibliográfica narrativa. A pesquisa foi efetuada entre os meses de junho a setembro de 2021, sendo coletadas informações de artigos científicos disponíveis em plataformas de busca eletrônica, tais como: Scielo, PubMed, MedLine e Google Scholar. Foram utilizados artigos cuja publicação ocorreu entre 2001 e 2021, sendo considerados os seguintes termos para pesquisa: Spirulina, ingestão de Spirulina, Spirulina e proteína, Spirulina e ômega 3, Spirulina e alimentos e seus correspondentes em inglês.

Os artigos encontrados por meio da pesquisa passaram por uma pré-seleção através da leitura de seus respectivos títulos e resumos e, posteriormente, foi realizada a leitura completa de seu conteúdo para organização das informações pertinentes. Permaneceram inclusas nesta revisão as publicações, tanto em inglês quanto em português, que atenderam ao período estipulado e cujo conteúdo esteve condizente ao tema abordado e aos objetivos do presente trabalho.

## 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 *Arthrospira platensis* (ou *S. plantensis*)

A *Arthrospira platensis* trata-se de uma cianobactéria, também conhecida como alga azul-esverdeada. São seres fotossintetizantes, procarióticos, cujos tricomas possuem formato helicoidal aberto. São consideradas sustentáveis, de fácil cultivo e uma excelente matéria-prima para fins diversos, como uso farmacêutico ou na produção de alimentos, além de ter grande interesse comercial pela produção de sua biomassa (CAMACHO; MACEDO; MALCATA, 2019).

As microalgas apresentam grande potencial para nutrição humana por serem consideradas fontes de ácidos graxos essenciais, além de possuírem vitaminas e minerais em sua composição (MORAIS; COSTA, 2008). Sua capacidade de sintetizar ácidos graxos é de grande interesse industrial devido à sua aplicabilidade, como a produção de biocombustíveis e também para a nutrição humana e a animal (FERREIRA *et al.*, 2013).

Além disso, essas algas são facilmente cultivadas e, através de alterações ambientais, podem sofrer modificações na produção de seus lipídeos (YANG *et al.*, 2015). Assim, é possível modificar tanto a quantidade, quanto o perfil lipídico produzido para

obtenção da matéria-prima desejada (JAMES *et al.*, 2013). Nesse sentido, estudos já têm visado sua produção de forma controlada e em larga escala para fins industriais.

### 3.2 Habitat e produção em escala industrial

A espécie *Arthrospira plantensis* tem origem africana, possui afinidade com alta concentração de sal, pH básico e temperatura ambiente, sendo suas condições ideais de crescimento pH entre 9,5 e 11 e temperatura entre 25 e 30°C. Dessa forma, essa microalga é facilmente encontrada em ambientes de climas tropicais e subtropicais (SAMPAIO *et al.*, 2016). A Spirulina cresce em água e, dependendo das condições de cultivo as quais é submetida, pode gerar uma biomassa de diferente composição. A luz, a temperatura e os nutrientes com os quais entra em contato estão diretamente relacionados ao seu desenvolvimento e metabolismo (SONI; SUDHAKAR; RANA, 2019).

A Spirulina pode ser cultivada em sistemas aberto ou fechados, sendo mais comum e economicamente viável para produção em larga escala o cultivo em fotobiorreatores de canaleta, nos quais são inseridos a cianobactéria, água e nutrientes, que se movimentam através de lâminas giratórias, as quais possibilitam que a Spirulina fique submersa e exposta à luz em uma frequência pré-estabelecida (UEBEL *et al.*, 2019).

Os fotobiorreatores têm vantagens sobre os tanques abertos, pois além de ocuparem menos espaço, o cultivo em sistemas fechados permite maior controle do meio, prevenindo, por exemplo, a evaporação e a perda de CO<sub>2</sub>, reduzindo também o risco de contaminação microbiológica (BARROS, 2010).

Para que ela capture o carbono necessário para obtenção de energia por meio da fotossíntese, em seu meio de crescimento padrão é adicionado bicarbonato de sódio, o qual fornecerá CO<sub>2</sub>. Porém, vale destacar que a cianobactéria também é capaz de assimilar outras substâncias orgânicas (ANDRADE; COSTA, 2008).

No cultivo da biomassa da Spirulina o tanque mais utilizado é o tipo *raceways*, que proporciona melhor circulação ao meio, auxiliando no cultivo das células que, após alcançarem densidade suficiente, são recolhidas usualmente pelo método de filtragem e posteriormente submetidas ao processo de secagem para remoção da água da microalga (DEMARCO, 2020).

Na produção de Spirulina, estratégias como suplementação de glicose, alterações de temperatura, intensidade da luz, os nutrientes adicionados ao meio, ou ainda alterações de pH e na agitação do meio de cultivo podem interferir tanto no crescimento quanto na composição da microalga, sendo que a restrição de nitrito e o aumento da temperatura e da concentração de nitrogênio e de gás carbônico promovem o aumento da síntese lipídica, enquanto temperaturas acima de 35°C acarretam a redução na produção de biomassa (ANDRADE; COSTA, 2008; RADMANN; COSTA, 2008; BORBA; FERREIRA CAMARGO, 2018).

### 3.3 Composição nutricional da Spirulina

A microalga é um alimento rico em nutrientes como ácidos graxos poli-insaturados, vitaminas, aminoácidos essenciais, minerais e fibras. Além disso, pode ser considerada um prebiótico e alimento funcional (PEREIRA et al., 2015). Na literatura, já existem dados em relação a sua composição, sendo que estudo de Zheng *et al.* (2017) traz os seguintes teores em relação aos macronutrientes (100g de Spirulina): 69 g de proteínas, 3 g de fibras, 1500 mg de ácido linolênico. Já Tang-Suter (2011) apresenta a composição da Spirulina comercial (em pó), a qual contém 63 g de proteínas e 1,93 g de ácidos graxos poli-insaturados em 100 g do produto.

Sabe-se que as proteínas correspondem a um dos componentes majoritários encontrados na microalga. Enquanto carnes e peixes apresentam percentual médio de 20% de proteína em sua composição, a Spirulina possui uma média de 65% do seu peso seco, contendo ainda todos os aminoácidos essenciais. Além disso apenas 25g/dia desta alga já atenderia a demanda de aminoácidos essenciais de um adulto. Porém, devido ao seu paladar e odor, ainda há alguns desafios e restrições que impulsionem seu consumo por humanos (SAMPAIO *et al.*, 2016).

O déficit de proteínas é uma condição que pode levar à desnutrição energético-proteica, além da sarcopenia, que afeta muitos idosos (PÍCOLI; FIGUEIREDO; PATRIZZI, 2011). Atualmente, há ainda a preocupação com novas tendências alimentares, como o vegetarianismo, que quando praticado de forma desequilibrada, pode resultar em deficiências nutricionais ligadas à qualidade proteica. (FERREIRA; BURINI; MAIA, 2006). Nesse sentido, a Spirulina pode se apresentar como estratégia para auxiliar nesses quadros.

Frente a composição proteica das microalgas, nas pesquisas de Richmond (2004) e Sampaio *et al.* (2016) foram compiladas informações para comparar a composição da *Spirulina platensis* e outros alimentos de forma quantitativa. Assim, a Tabela 1 demonstra esse levantamento e a quantidade de aminoácidos presentes em sua composição.

Aminoácido	Percentual (%)	Aminoácido	Percentual (%)
*Isoleucina	6,7	Arginina	7,3
*Leucina	9,8	Cisteína	0,9
*Lisina	4,8	Tirosina	5,3
*Metionina	2,5	Alanina	9,5
*Fenilalanina	5,3	Ácido aspártico	11,8
*Treonina	6,2	Ácido glutâmico	10,3
*Triptofano	0,3	Glicina	5,7
*Valina	7,1	Prolina	0,2
*Histidina	2,2	Serina	5,1
Asparagina	ND	Glutamina	ND

Tabela 1. Composição de aminoácidos da *Spirulina platensis* (base seca).

Legenda: \* Aminoácidos essenciais; ND - Não determinado.

Fonte: Richmond (2004); Sampaio *et al.* (2016).

Como pode-se observar, a microalga possui todos os aminoácidos essenciais, os quais não são produzidos pelo organismo humano (ROGERO; TIRAPGUI, 2008). É importante que a alimentação englobe todos os aminoácidos essenciais e em quantidade suficiente, visto que os mesmos são responsáveis pelo controle de funções metabólicas e principal matéria-prima para a síntese proteica (OLIVEIRA, 2020). Logo, a Spirulina é capaz de auxiliar na obtenção dos teores adequados desses aminoácidos ao organismo.

Foram também levantados os percentuais de ácidos graxos contidos na Spirulina (base seca). Nota-se, que a alga possui em sua composição os ácidos linoleico e linolênico (Tabela 2), os quais são considerados essenciais por não serem sintetizados pelo organismo humano, sendo importante também sua inclusão na dieta (MANHEZI et al., 2008).

Ácidos graxos	Percentual (%)	Ácidos graxos	Percentual (%)
Ácido láurico	0,4	Ácido esteárico	1,3
Ácido mirístico	0,7	Ácido oleico	3,8
Ácido miristoleico	0,2	Ácido linoleico	14,5
Ácido palmítico	45,5	Ácido $\alpha$ -linolênico	0,3
Ácido palmitoleico	9,5	Ácido $\gamma$ -linolênico	21,03
Ácido hexadecadienoico	1,2	Ácido eicosadienoico	ND
Ácido heptadecanoico	0,3	Ácido eicosatrienoico	0,4

Tabela 2. Percentual de ácidos graxos presentes em *S. platensis* (base seca).

Legenda: ND - Não Determinado.

Fonte: Richmond (2004); Sampaio *et al.* (2016).

O ômega 3 é um ácido graxo que tem preferência sobre as enzimas desaturases D6 e D5. Logo, o consumo de ácidos graxos pertencentes à família do ômega 3 (ácido linolênico, EPA e DHA) auxiliará na resposta anti-inflamatória por favorecer a síntese de mediadores inflamatórios da série ímpar (GARÒFOLO, 2006).

Ainda sobre a composição da Spirulina, a Tabela 3 apresenta um comparativo entre as quantidades de cálcio, ferro, potássio, magnésio e manganês, e de outros alimentos ricos em proteínas como leite de vaca, soja e ovo de galinha.

Minerais	<i>S. platenses</i>	Leite de vaca em pó	Soja	Ovos de galinha
Ca	4.000	890	206	42
Fe	1.060	0,5	13,1	1,6
K	15.200	1.132	1.922	150
Mg	4.800	77	242	13
Mn	26	Tr	2,87	Tr

Tabela 3. Minerais identificados (mg/100g) em *S. platensis* (base seca), leite de vaca em pó, soja e ovo de galinha.

Legenda: Ca – cálcio; Fe – ferro; K – potássio; Mg – magnésio; Mn - Manganês; Tr - Traços; ND - Não determinado.

Fonte: Richmond (2004); Sampaio *et al.* (2016).

Verifica-se que a Spirulina é o alimento mais rico em relação a todos os minerais selecionados, possuindo quantidade até três vezes superior de cálcio em relação ao leite de vaca em pó, o que a torna uma fonte vegetal muito promissora desse mineral, uma vez que o leite e seus derivados são considerados importantes fontes de cálcio (BUENO; CZEPIELEWSKI, 2008).

Outros nutrientes essenciais, como as vitaminas, também foram quantificados na Spirulina e comparados com outros alimentos (leite de vaca em pó, soja e ovo de galinha), sendo os resultados descritos na Tabela 4.

Vitaminas	<i>S. platensis</i>	Leite de vaca em pó	Soja	Ovos de galinha
Ácido ascórbico	42,0 - 195,3	6	Tr	0
Calciferol	12000 U	ND	ND	ND
Tocoferol	10 – 19	ND	ND	ND
Tiamina	0,8 - 15,4	0,29	0,66	0,1
Riboflavina	0,2- 0,9	1,03	0,04	0,58
Nicotinamida	0,6 - 5,3	0,7	2,2	0,1
Piroxidina	0,3 - 4,0	Tr	0,03	Tr
Cianocobalamina	0,3 - 0,8	ND	ND	ND

Tabela 4. Vitaminas identificadas (mg/100g) em *S. platensis* (base seca), leite de vaca em pó, soja e ovo de galinha.

Legenda: Tr -Traços; ND - Não determinado.

Fonte: Richmond (2004); Sampaio *et al.* (2016).

Dentre as vitaminas selecionadas neste comparativo, nota-se que, com exceção das vitaminas B2 (riboflavina) e B3 (nicotinamida), todas foram identificadas em maiores quantidades na Spirulina, mostrando que a mesma possui uma grande variedade desses nutrientes. Destaque é dado para a vitamina D, a qual normalmente é encontrada em alimentos de origem animal como a gema do ovo, o leite e a manteiga (BUENO; CZEPIELEWSKI, 2008).

Dessa forma, frente a sua composição, a Spirulina se mostra como um ingrediente de grande potencial nutricional, tanto em vista das vitaminas, quanto dos minerais identificados. Vale destacar, que a microalga apresentou quantidades superiores de nutrientes, mesmo em comparação com outros alimentos de referência como o ovo de galinha, o qual é considerado um dos alimentos mais completos nutricionalmente.

### 3.4 Benefícios do consumo de Spirulina na alimentação humana

A *S. platensis* foi inserida na alimentação humana há séculos, através dos astecas que a preparavam em forma de molhos à base de cereais, o *chimolli*. A alga também fazia parte da rotina de alimentação da comunidade africana Kanembous, a qual fazia barras de microalgas ou as preparava também na forma um molho que utilizava como base salsa e pimenta, utilizado como acompanhamento durante as refeições (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

Atualmente, o interesse pela microalga vai além da cultura, pois tem-se descoberto suas diversas propriedades associadas a aspectos funcionais, nutracêuticos e até mesmo terapêuticos sendo, por exemplo, aliada no tratamento de DCNT. Melhoria nos quadros de anemia, além de efeitos antioxidantes, hipotensores e hipolipidêmicos em relação ao LDL e aos triglicerídeos também já foram associados ao consumo da microalga (OLIVEIRA *et al.*, 2013). Além destas qualidades, a alga também apresenta boa digestibilidade, baixo custo e não traz riscos de toxicidade e/ou patogenicidade (MORIST *et al.*, 2001).

Estudos demonstram que a Spirulina possui ação antioxidante e alto valor proteico, auxiliando ainda na eficiência imunológica e na prevenção de doenças. Já sendo utilizada há anos como alimento em países como China, México, Peru e Japão, e aprovada pela FDA, é considerada fonte de proteína e ácidos graxos poli-insaturados como o ômega 3. A microalga também se destaca pela presença de compostos fenólicos e nutrientes como a vitamina A (SAMPAIO *et al.*, 2016).

Outro ponto importante a ressaltar, é que essa microalga já possui o status de GRAS. Além disso, já foi utilizada como suplemento primordial na NASA, o que causa amplo interesse de uso frente a suas aplicações terapêuticas, como auxílio em respostas alérgicas, imunológicas e antidiabéticas, na anemia e na absorção intestinal. Seu consumo está associado ainda às atividades antitumorais e anti-hipertensiva, redução da replicação viral, da hipercolesterolemia, da nefrotoxicidade, além de agir como um prebiótico (OLIVEIRA *et al.*, 2013).

Frente a este panorama, estudos aplicando a microalga em novas formulações alimentícias foram desenvolvidos, sendo observados resultados positivos. Um exemplo dessa aplicação é a elaboração de um macarrão contendo Spirulina, com o intuito de combater a deficiência de vitamina A em crianças. Verificou-se que 1g/dia do consumo dessa alga fornece a dose diária necessária desse nutriente ao público infantil. A preparação foi fornecida às crianças por meio da alimentação escolar e, além de ser bem aceita, contribuiu para redução da hipovitaminose A nos escolares (AMBROSI *et al.*, 2008).

O uso da Spirulina na alimentação também foi estudado por meio de ensaios biológicos com animais, nos quais ratos foram submetidos a uma dieta restrita em proteína, sendo posteriormente ofertada Spirulina em sua alimentação. Verificou-se que a microalga auxiliou na recuperação dos animais, demonstrando a importância do consumo deste ingrediente, sobretudo para redução da desnutrição calórico-proteica (DONATO *et al.*, 2010).

A ingestão de Spirulina suplementar também foi analisada frente a seu efeito hipertensão arterial. Nesse sentido, Santos *et al.* (2020) verificaram que as algas podem ser benéficas à saúde cardíaca, já que contribuem para a redução da pressão arterial.

Já estudos de Silva (2018) e Guillen-Martin del Campo *et al.* (2020) comprovam que o consumo da cianobactéria trouxe benefícios para o tratamento da obesidade. Pacientes que inseriram a microalga em sua dieta obtiveram perda de peso significativa.

Tais informações estão de acordo com a pesquisa de Yousefi, Mottaghi e Saidpour (2018), que observaram a redução de peso em pacientes obesos e com sobrepeso ao se adotar o consumo de *Spirulina plantensis* como intervenção, havendo também redução nos níveis de triglicerídeos no sangue.

A alga também se mostrou eficaz para atletas, nos quais causou efeito antioxidante associado à prática de atividade física (JUSZKIEWICZ *et al.*, 2018). Este mesmo efeito protetor pôde ser observado por Karkos (2010) em seu estudo, o qual aponta a biliproteína C-ficocianina (C-PC) encontrada na *Spirulina* como tendo ações antioxidantes e eliminadora de radicais livres, o que atribui à microalga propriedades anti-inflamatórias e anticarcinogênicas. Tais observações condizem com o descrito por Ferrazzano *et al.* (2020), que verificaram que a microalga pode prevenir o câncer oral em camundongos.

Sendo assim, torna-se interessante e promissora a investigação de preparações e formulações que contenham *Spirulina* em sua composição, como forma de ampliar o consumo desse ingrediente, o qual demonstra diversas propriedades nutricionais.

### **3.5 Uso da *Spirulina* em formulações alimentícias e aspectos sensoriais**

Devido às propriedades da *Spirulina*, como alto teor proteico, alta digestibilidade, e também por ser considerada segura para ingestão humana, muitas formas de consumo estão sendo estudadas como estratégia para que a microalga seja incluída na dieta da população.

Preparações como massa fresca, batidos, pães, biscoitos e snacks têm sido analisadas. Aquelas cuja biomassa da mesma foi utilizada em sua composição, apresentaram um maior valor nutricional. Quanto aos snacks extrusados, foi observado que a adição da alga não alterou sua textura e apesar de tornar sua cor mais escura, isso não afetou sua aceitação sensorial, a qual foi superior a 70% (LUCAS *et al.*, 2018).

Na análise sensorial referente à massa fresca, o talharim desenvolvido com *Spirulina* teve boa aceitação, sendo a mesma superior à da formulação controle. Quanto aos atributos avaliados: aroma, sabor, textura e impressão global também não houve diferença significativa entre as amostras, demonstrando esse ser um produto promissor quanto às características sensoriais (ZEN, 2018).

Outro estudo comparou o desenvolvimento de massa integral com uma formulação equivalente contendo *Spirulina*. Os resultados demonstraram que o produto contendo 10% de biomassa de *Spirulina* foi melhor aceito sensorialmente, além de também ter apresentado maior teor de proteínas, ademais de ser considerado um alimento rico em fibras (LEMES *et al.*, 2012).

Produtos em pó também foram desenvolvidos empregando-se a microalga. Santos *et al.* (2016) elaboraram um pó tipo shake sabor chocolate enriquecido com *Spirulina* para o preparo de batidos, o qual destinava-se principalmente ao público idoso, com o intuito de melhorar a qualidade nutricional de sua dieta. A análise sensorial do produto resultou em

uma boa aceitação, demonstrando poucas diferenças sensoriais entre a amostra controle e a que levava Spirulina em sua formulação.

Além disso, pensando nos indivíduos celíacos, formulou-se um pão sem glúten enriquecido com Spirulina, a qual aumentou significativamente o teor de proteína do mesmo. As formulações contendo 3 e 5% de Spirulina foram submetidas à análise sensorial, demonstrando não haver diferença na preferência do provador entre os produtos (FIGUEIRA *et al.*, 2011).

Biscoitos de chocolate enriquecidos com a alga também foram elaborados e avaliados sensorialmente. Primeiramente, foram realizados testes em ratos, o que não demonstrou toxicidade ou efeito adverso quando consumidos níveis de 10 e 30% de Spirulina nas formulações. O segundo foi o teste de digestibilidade, comprovando que o biscoito enriquecido é mais facilmente digerido do que o controle. Por fim, realizou-se teste sensorial de aceitação com humanos, o qual não demonstrou diferenças significativas quanto a cor, aroma, sabor e mastigabilidade do produto (MORAIS; MIRANDA; COSTA, 2006).

Devido a grande quantidade de nutrientes e benefícios proporcionados pela Spirulina, como auxílio na prevenção a diabetes, anemia, câncer, aumento da imunidade e redução dos lipídeos séricos, a microalga é também produzida como suplemento alimentar. É usualmente fabricada e consumida na forma de cápsulas, as quais também se mostram eficientes prevenindo e auxiliando no combate de determinadas patologias (AL-DHABI, 2013).

### **3.6 Contraindicações da Spirulina**

De acordo com o FDA (2003), o consumo de Spirulina pode ser classificado como alto: quando o indivíduo faz uso de 6g/dia do ingrediente; médio: quando se consome em torno de 3g/dia; e baixo: se é feita a ingestão de 3-12g/mês, sendo que a ingestão média atual é de cerca de 1-5g/dia.

Em relação a sua toxicidade, diversos artigos demonstraram não haver efeitos colaterais associados à ingestão da microalga (CHAMORRO *et al.*, 1996; HUTADILOK-TOWATANA *et al.*, 2008; MOREIRA, 2010). Pesquisa de Carvajal (2009) contribui com essa afirmação, destacando que a Spirulina apresenta baixos níveis de fatores antinutricionais, como os taninos.

Por outro lado, a literatura aponta que seu consumo deve ser feito com cautela e acompanhamento por um profissional nutricionista, visto que há relatos de sintomas como dor de cabeça, dor de estômago, rubor facial, eritemas, diarreia, além de dores musculares após seu consumo. Alguns outros efeitos adversos mais graves também já foram reportados como hepatotoxicidade e rabdomiólise, o que também pode afetar os rins e sistema urinário. Frente à composição da microalga, pacientes com fenilcetonúria e doenças autoimunes também podem apresentar algum tipo de restrição de consumo devido a sua atividade imunomodulatória (HOSEINI; KHOSRAVI-DARANI; MOZAFARI, 2013).

## 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do estudo apresentado, conclui-se que a Spirulina é uma fonte vegetal rica em diversos nutrientes, como proteínas, ômega 3, fibras, vitaminas e minerais, além de compostos antioxidantes. Frente a isso, microalga pode ser utilizada para prevenir e tratar patologias, como a desnutrição, obesidade, dislipidemia e doenças cardiovasculares, e também auxiliando no combate aos radicais livre e no aumento da imunidade. Há ainda relatos de seus benefícios associados à ação anticarcinogênica, melhora no controle glicêmico e redução de lipídeos séricos frente a seu consumo.

Apesar de ser comumente ingerida na forma de pó ou cápsulas, seu consumo também pode se dar pelo uso na formulação de produtos alimentícios (ex. massas, pães, biscoitos, etc.) com boa aceitação sensorial. Dessa forma, a inserção da Spirulina na dieta humana se demonstrou bastante promissora, visto suas propriedades nutricionais, funcionais e sensoriais. Ademais, a microalga demonstrou ser uma fonte de baixo custo para obtenção de proteínas e ômega 3 oriundas de alimentos vegetais, o que pode ser interessante para países em desenvolvimento, como o Brasil, além de atender a determinados nichos de mercado, como os consumidores vegetarianos e veganos.

## REFERÊNCIAS

AL-DHABI, N. Heavy metal analysis in comercial *Spirulina* products for human consumption. *Saudi Journal of Biological Sciences*, Saudi Arabia, v. 20, n. 1, p. 383-388, abr. 2013.

AMBROSI, M. *et al.* Propriedades da saúde de *Spirulina* spp. *Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada*, Araraquara, v. 29, n. 2, p. 109-117, jul. 2008.

ANDRADE, M. da R.; COSTA, J. Cultivo da microalga *Spirulina plantensis* em fontes alternativas de nutrientes. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.32, n. 5, p. 1551-1556, out. 2008.

BARROS, K. Produção de biomassa de *Arthrospira plantensis* (*Spirulina plantensis*) para alimentação humana. (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. IN nº 28 de 26 de julho de 2018. Estabelece as listas de constituintes, de limites de uso, de alegações e de rotulagem complementar dos suplementos alimentares. *Diário Oficial da União*, seção 1, Brasília, DF, p. 141, 27 jun. 2018.

BORBA, V.; FERREIRA CAMARGO, L. Cianobactéria *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis*: Biotecnologia e Aplicações. *Revista Oswaldo Cruz*, local, v. 5, n. 19, p. 1-23, 2018.

BUENO, A.; CZEPIELEWSKI M. A importância do consumo dietético de cálcio e vitamina D no crescimento. *Jornal de Pediatria*, Rio de Janeiro, v. 84, n. 5, p. 386-394, maio, 2008.

CAMACHO, F.; MACEDO, A.; MALCATA, F. Potential industrial applications and commercialization of microalgae in the functional food and feed industries: a Short Review. *Marine Drugs*, [S.l.], v. 17, n. 6, p.1-25, maio, 2019.

- CARVAJAL, G. Caracterização e modificações químicas da proteína da microalga Spirulina (Spirulina Maxima). (Pós graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.
- CHAMORRO, G. et al. Farmacologia Y toxicologia del alga Spirulina. *Revista de Investigación Clínica*, México, v. 48, n. 5, p. 389-399, 1996.
- DEMARCO, M. Produção e caracterização de pós de Spirulina por diferentes métodos de secagem. Dissertação (Pós Graduação em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.
- DONATO, N. et al. Uso da *Spirulina platensis* na recuperação de ratos submetidos à dieta de restrição proteica. *Revista Instituto Adolfo Lutz*, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 69-77, mar. 2010.
- FDA. Food and Drug Administration. Agency Response Letter GRAS Notice No. GRN 000127 CFSAN/Office of Food Additive Safety. 2003. Disponível em <http://www.fda.gov/Food/FoodIngredientsPackaging/GenerallyRecognizedasSafeGRAS/GRASListings/ucm153944.htm>. Acesso em: 06 jun. 2023.
- FERRAZZANO, G. et al. Cyanobacteria and microalgae as sources of functional foods to improve human general and oral health. *Molecules*, Itália, v. 25, n.21, p. 51-64, nov., 2020.
- FERREIRA, L.; BURINI, R.C.; MAIA, A.F. Dietas vegetarianas e desempenho esportivo. *Revista de Nutrição*, Campinas, v. 19, n. 4, p. 469-477, ago. 2006.
- FERREIRA, S. et al. Revisão: microalgas: uma fonte alternativa na obtenção de ácidos gordos essenciais. *Revista de Ciências Agrárias*, Portugal, v. 36, n. 3, p. 275-287, jul. 2013.
- FIGUEIRA, F. et al. Pão sem glúten enriquecido com *Spirulina plantensis*. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, v. 14, n. 4, p. 308-316, dez. 2011.
- GUILLEN-MARTIN DEL CAMPO, J. A. et al. Espirulina um suplemento alimentício como posible alternativa en el control de peso. Um estudo com ratas Wistar. *Journal of the Selva Andina Research Society*, EUA, v. 11, n. 1, p. 49-56, fev., 2020.
- JAMES, G. et al. Temperature Modulation of Fatty Acid Profiles for Biofuel Production in Nitrogen Deprived *Chlamydomonas reinhardtii*. *Bioresour Technol.*, USA, v. 127, p. 441-447, jan. 2013.
- JUSZKIEWICZ, A. et al. An attempt to induce an immunomodulatory effect in rowers with spirulina extract. *Journal of the International Society Nutrition*, Poland, v. 15, n. 1, p. 1-12, fev., 2018.
- LEMES, A. et al. Massas alimentícias frescas enriquecidas com biomassa de *Spirulina plantensis*. *Arquivos Brasileiros de Biologia e Tecnologia*, v. 55, n. 3, p. 741-750, out. 2012.
- LUCAS, B. et al. Spirulina for snack enrichment: Nutritional, physical and sensory evaluations. *LWT*, Rio Grande, v. 90, n. 1, p. 270-276, abr. 2018.
- MORAES, F.; COLLA, L. Alimentos Funcionais e Nutracêuticos: Definições, legislação e benefícios à saúde. *Revista Eletrônica de Farmácia*, Passo Fundo, v. 3, n. 2, p. 109-122, nov. 2006.

- MORAIS, M.; MIRANDA, M.Z.; COSTA, J.A.V. Biscoitos de chocolate enriquecidos com *Spirulina plantensis*: Características físico-químicas, sensoriais e digestibilidade. *Alim. Nutri.*, Araraquara, v. 17, n. 3, p.323-328, set. 2006.
- MORAIS, M.; COSTA, J. Perfil de ácidos graxos de microalgas cultivadas com dióxido de carbono. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 32, n.4, p. 1245-1251, ago. 2008.
- MOREIRA, L. M. Efeito de diferentes concentrações de spirulina nos perfis bioquímico, hematológico e nutricional de ratos wistar nutridos e desnutridos. 2010. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia e Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2010.
- MORIST, A. *et al.* Recovery and treatment of *Spirulina platensis* cells cultured in a continuous photobioreactor to be used as food. *Process Biochemistry*, New York, v. 37, p. 535-547, 2001.
- OLIVEIRA, C. *et al.* Potencial nutricional, funcional e terapêutico da cianobactéria spirulina. *Revista da Associação Brasileira de Nutrição*, São Paulo, v. 5, n. 1, p. 52-59, mar. 2013.
- OLIVEIRA, T. *Perfil ideal de aminoácidos essenciais dietéticos para pacus adultos*. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) – Centro de Aquicultura, Universidade Estadual de São Paulo, Jaboticabal, 2020.
- PEREIRA, E. *et al.* Viabilidade de adição de *Spirulina plantensis* em requeijão cremoso simbiótico. *Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia*, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 28-35, 2015.
- PÍCOLI, T.; FIGUEIREDO, L.L.; PATRIZZI, L.L. Sarcopenia e envelhecimento. *Fisioterapia em Movimento*, Curitiba, v. 24, n. 3, p. 455-462, set. 2011.
- RADMANN, E.; COSTA, J. Conteúdo lipídico e composição de ácidos graxos de microalgas expostas aos gases CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> e NO. *Química Nova*, Rio Grande, v. 31, n. 7, p. 1609-1612, set. 2008.
- ROGATTO, G. *et al.* Influência da ingestão de Espirulina sobre o metabolismo de ratos exercitados. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, Rio Claro, v. 10, n. 4, p. 258-263, ago. 2004.
- ROGERO, M.; TIRAPGUI, J. Aspectos atuais sobre aminoácidos de cadeia ramificada e exercício físico. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*, São Paulo, v. 44, n. 4, p. 563-575, out./dez. 2008.
- SAMPAIO, U. *et al.* Aspectos gerais, cultivo, métodos de secagem e características da cianobactéria *Spirulina plantensis*. *Revista Processos Químicos*, Goiás, v. 10, n. 20, p. 133-143, dez. 2016.
- SANTOS, T. *et al.* Development of powdered food with the addition of spirulina for food supplementation of the elderly population. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, Netherlands, v. 37, n. 1, p. 216-220, out. 2016.
- SANTOS, L.G. *et al.* Efeitos da suplementação de spirulina (arthrospira SP.) Sobre a pressão arterial de indivíduos adultos e idosos: uma revisão sistemática. *Brazilian Journal of Development*, v.6, n.4, 17349–17363, 2020.
- SILVA, L. *Efeitos da Spirulina no combate da anemia ferropriva*. Monografia (Graduação em Nutrição) - Faculdade de Ciências da Educação e Saúde, Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2018.

- SONI, R. A.; SUDHAKAR, K.; RANA, R.S. Comparative study on the growth performance of *Spirulina plantensis* on modifying culture media. *Energy Reports*, United Kingdom, v. 5, n. 1, p. 327-336, fev. 2019.
- TOLEDO, M. *et al.* Aconselhamento sobre modos saudáveis de vida na Atenção Primária à Saúde. *O Mundo da Saúde*, São Paulo, v. 41, n. 1, p. 87-97, fev. 2017.
- TREDGET, E. E.; YU Y. M. The metabolic effects of thermal injury. *World J Surg*, Belgium, v. 16, n. 1, p. 68-79, fev. 1992.
- HUTADILOK-TOWATANA, N. *et al.* A Subchronic Toxicity Study of *Spirulina platensis*. *Food Science and Technology Research*, v. 14, n. 4, p. 351-358, 2008.
- UEBEL, L. *et al.* Industrial plant for production of *Spirulina* sp. LEB 18. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, Brasil, v. 36, n. 1, p. 51-63, jan-mar. 2019.
- YANG, D. *et al.* Lipidomic Analysis of *Chlamydomonas reinhardtii* under Nitrogen and Sulfur Deprivation. *Plos One*, United States, v. 10, n. 9, p. 1-16, set. 2015.
- YOUSEFI, R.; MOTTAGHI, A.; SAIDPOUR, A. *Spirulina plantensis* effectively ameliorates anthropometric measurements and obesity-related metabolic disorders in obese or overweight healthy individuals: A randomized controlled trial. *Complementary Therapies in Medicine*, Islamic Republic of Iran, v. 40, n. 1, p., 106-112, out. 2018.
- ZEN, C. Microencapsulação da microalga *Spirulina* sp. para adição em massa fresca tipo talharim. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2018.
- ZHENG, Y. *et al.* Optimization of formulation and processing of *Moringa oleifera* and *spirulina* complex tablets. *Saudi Journal of Biological Sciences*, Arábia Saudita, v. 24, n. 1, p. 122-126, jan. 2017.