

Spirulin - A new Brazilian Fashion

ELIZABETH TERÄN \*

A autora apresenta uma sêrie de dados referentes a morfologia, cultura, processamento, composição química e usos da espirulina (*Spirulina maxima*, *Spirulina platensis*), microalga verde-azulada cujo consumo está muito em evidência em diversos países da Europa, Ásia e América do Norte e que começa também a ser muito utilizada por brasileiros.

UNITERMOS: espirulina, *Spirulina maxima*, *Spirulina platensis*.

1 - INTRODUÇÃO

A espirulina é uma alga verde-azulada (14 e 24) que cresce em águas alcalinas da África, Ásia e América do Sul e do Norte (24).

A temperatura ótima de crescimento da espirulina está situada na faixa de 25 a 37°C, faixa esta encontrada em diversas regiões do Brasil praticamente durante o ano todo. Isto adicionado à grande extensão territorial brasileira favorece o cultivo desta alga em grande escala (12 e 14).

A espirulina apresenta ciclo de vida relativamente curto, sendo que em condições laboratoriais há uma sensível diminuição deste (3 a 5 dias em condições naturais para 1 dia em condições laboratoriais). Por utilizar meio aquático, permite o crescimento de uma densa cultura de biomassa, que resulta numa boa eficiência de conversão de energia solar em energia química. Sua colheita é facilitada pela flutuabilidade e pela tendência de constituir agregados. Dá um bom rendimento em proteína de boa qualidade e é passível de isolamento de boa quantidade de vitaminas, carotenóides, minerais e de quantidades moderadas de lipídios e carboidratos (24). Tem a vantagem de ser bem digerível.

\* Farmacêutica Bioquímica responsável técnica do Laboratório Centroflora Ltda e Pós Graduada - Curso de Pós Graduação em Fârmaco e Medicamentos FCF - USP.

2 - MORFOLOGIA

As células têm formato cilíndrico e a alga se movimenta por deslisamento (avanço a rosca). O filamento tem a forma helicoidal que é característica do gênero e que varia conforme a espécie, podendo ser influenciada principalmente pela temperatura e pelo cultivo intensivo, levando à perda da espiralação (14).

Os filamentos têm diâmetro de 7 a 10 µm e comprimento de 300 a 700 mm, podendo chegar a 10-20 mm. Ao microscópio são observadas áreas escuras e de contorno irregular, encontradas predominantemente próximas aos septos inter-celulares. São os vacúolos com gás, responsáveis pela flutuabilidade da espirulina e contêm predominantemente nitrogênio elementar (14).

As células que compõem o corpo da espirulina são procariontes, cada célula possui uma bainha de natureza mucosa e parede celular pluristratificada. Possui dois sistemas fotossintetizantes (os tilacóides e os mesossomas) e inclusões citoplasmáticas, das quais as mais importantes são os grânulos de cianoficina. A região nucleoplasmática localiza-se geralmente no centro da célula e é eletronicamente pouco densa (14).

3 - COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Foram determinados em *Spirulina maxima* aminoácido, vitaminas e β-caroteno (2,5,6,18,20,22). A *Spirulina maxima* é usada para fins alimentícios na República do Chad (14).

Na *Spirulina platensis* também foram determinados os teores de aminoácidos e proteínas (18). Uma comparação entre os teores encontrados nestas duas espécies de espirulina é mostrada nas tabelas 1 e 2 (18).

Posteriormente foi estudada a fração solúvel de proteínas de *Spirulina platensis* e sua composição em termos de aminoácidos foi determinada cromatograficamente (9, 10). A fração lipídica da mesma alga foi determinada em 1970, demonstrando que esta alga tem 20 ácidos graxos e existe uma predominância de ácidos graxos com cadeias de 16 átomos de carbono, sendo que 20,4% da fração lipídica é o ácido γ-linoléico e 24% são ácidos de cadeias de 8 a 10 átomos de carbono (4).

Os pigmentos fotossintéticos fundamentais da espirulina são a clorofila a e o β-caroteno (5,14,21,23), que se localizam nos tilacóides (14).

A composição dos carotenóides de *Spirulina platensis* foi de-

terminada em trabalho publicado em 1970, isolados da fração lipídica não saponificável por cromatografia, conforme tabela 3 (23).

Posteriormente a *Spirulina maxima* também teve determinada a composição de carotenóides, conforme tabela 4. Neste mesmo trabalho foi demonstrado que a alta labilidade destes compostos impossibilita a sua secagem a temperatura mais altas, como por exemplo 200°C, havendo muita perda de carotenóides durante o processo de secagem (21).

Tabela 1 - Aminoácidos em g/100g de proteínas em *Spirulina maxima* e *Spirulina platensis*.

	<i>S. maxima</i>	<i>S. platensis</i>
- ác. aspártico.....	9,2	9,8
- treonina.....	4,6	5,0
- serina.....	4,7	5,1
- ác. glutâmico.....	14,0	15,5
- glicina.....	4,0	5,1
- prolina.....	4,0	4,0
- alanina.....	8,0	8,0
- 1/2 cistina.....	0,7	0,7
- valina.....	6,6	6,3
- metionina.....	2,3	2,3
- isoleucina.....	5,5	5,9
- leucina.....	8,6	9,2
- tirosina.....	5,2	4,9
- fenilalanina.....	5,4	5,0
- lisina.....	4,4	4,9
- histidina.....	1,5	1,6
- arginina.....	6,9	7,2
- triptofano.....	0,8	0,8
- ác. $\alpha, \alpha$ -diaminopimélico	0,6	0,7

Tabela 2 - Teor em g/100g de amostra fresca.

	<i>S. maxima</i>	<i>S. platensis</i>
- proteína crua.....	60,9	64,7

Tabela 3 - Carotenóides de *Spirulina platensis*, isolados por cromatografia da fração lipídica não saponificável, em g/100g.

- $\beta$ -caroteno.....	79,30
- fisoxantina.....	9,25
- $\beta$ -criptoxantina.....	4,45
- zea xantina.....	3,20
- equinenona.....	1,60
- criptoxantina.....	1,15
- 4-oxo-3-hidroxi- $\beta$ -caroteno.....	1,05

Tabela 4 - Carotenóides de *Spirulina maxima*, isolados de amostras "spray-dried" a 80°C, em g/100g.

- zea xantina.....	25
- mixoxantina.....	13-17
- $\beta$ -caroteno.....	15
- equinenona.....	11-13
- 3-hidroxi equinenona.....	7-11

#### 4 - CULTURA

A espirulina é uma alga que é consumida por determinados povos há milênios. Baseados nesse fato, inúmeros grupos de pesquisa passaram a trabalhar na viabilidade de seu cultivo racional (14). Existem dois processos:

a) "Clean-method"- para obtenção de alimento. Utiliza meio de cultura quimicamente definido (geralmente sintético) (14).

b) "Waste-method"- onde se obtém ração animal e substrato para biodigestão metanogênica. É utilizado no processo de depuração orgânica de resíduos industriais ou urbanos, além de produzir biomassa (1, 14).

Atualmente existem duas técnicas para o cultivo de espirulina:

1) Cultura Artificial- foi desenvolvida pelo Instituto Francês de Petróleo. Permite homogeneização, agitação e injeção de CO<sub>2</sub> como fonte de carbono (8, 9, 28, 33, 37). Este método tem sido testado em pequena escala, em áreas superiores a 1.000 m<sup>2</sup>, na Ilha de Martinica, no Caribe. Ficou demonstrado que problemas técnicos e econômicos limitam a produção industrial (24).

2) Cultura Seminatural - foi desenvolvida pela companhia mexicana Sosa Texcoco S.A. que utiliza a água do mar naturalmente alcalina represada em canais e suplementada com fertilizantes (24).

Assim, outros pesquisadores começaram a trabalhar nessas duas técnicas, modificando algum equipamento ou sugerindo outras condições para cultivo e produção.

Um desses experimentos foi o cultivo de *Spirulina maxima* num reator fotoquímico anular em "8", com meio sintético nos dois banhos e operação contínua. A produtividade ótima foi de 0,91 g/l.dia para biomassa ou 0,55 g/l.dia para proteína. Isto equivale a 14,5 g/m<sup>2</sup>.dia para biomassa ou 8,7 g/m<sup>2</sup>.dia para proteína (19).

Numa outra experiência duas espécies de espirulina foram cultivadas em represas ao ar livre, usando nutrientes mais baratos que os recomendados. Farinha de osso e efluente de biogás foram particularmente efetivos para o crescimento destas espécies (26).

Outro experimento serviu para investigar as possibilidades de utilização de água do mar enriquecida com uréia como meio de cultura para *Spirulina maxima*. Os testes confirmaram que este meio suporta o crescimento de *Spirulina maxima* tão bem quanto o melhor meio sintético produzido e que altas concentrações de uréia inibem o crescimento da alga (11).

Outros experimentos procuraram determinar os efeitos da concentração de HCO<sub>3</sub> na cultura de *Spirulina platensis* (29).

Num outro artigo foi descrito um sistema para cultura de espirulina em processo contínuo, em tubos de plásticos transparente e aquecidos pelo sol (17).

Em trabalhos desenvolvidos por um grupo de pesquisadores da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, da área de Tecnologia de Fermentações, foi proposta uma solução para utilização de dois subprodutos da indústria alcooleira no cultivo de *Spirulina maxima*.

No primeiro trabalho foi utilizado como fonte de carbono o anidrido carbônico (CO<sub>2</sub>), produzido durante o processo fermentativo da cana-de-açúcar, onde foi observado que a produtividade média na cultura alimentada com anidrido carbônico puro foi menor do que a da cultura alimentada com anidrido carbônico proveniente da fermentação alcoólica da cana-de-açúcar (12).

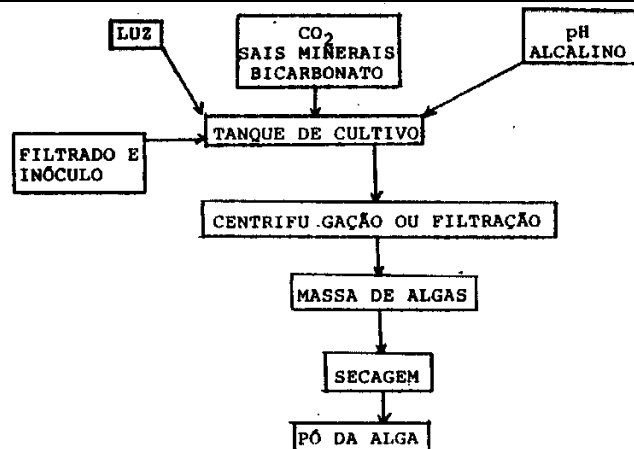
No segundo trabalho foi proposta a utilização da vinhaça (resíduo da destilação do mosto fermentado da cana-de-açúcar) como meio de cultura e o crescimento da cultura que utilizou este meio foi comparável à uma cultura controle crescida em meio sintético definido (13).

Em dissertação para obtenção do grau de mestre apresentada na Faculdade de Ciências Farmacêuticas de São Paulo, FERRAZ estudou a influência de fatores como pH, intensidade luminosa e temperatura no crescimento de cultura de *Spirulina maxima* em meio de cultura quimicamente definido, testando também o emprego do gás produzido durante a fermentação alcoólica como fonte de carbono e como corretor do pH (14).

## 5 - PROCESSAMENTO

O melhor processo consiste na ruptura dos filamentos de espirulina por homogeneização ou sonicação. O líquido assim produzido deve ser pasteurizado e secado em "spray", dando como produto final um pó granulado fino (24) que quando suspenso e observado ao microscópio mostra pedaços de filamentos de espirulina. O produto assim obtido tem um leve odor, agradável, de algas. Deve ser mantido ao abrigo de umidade, luz e variações bruscas de temperatura, sob pena de perda de qualidade. A verificação de um odor desagradável no produto significa que ou o produto adquiriu umidade excessiva e entrou em processo de decomposição ou então que o processo de obtenção do produto final não transcorreu com os devidos cuidados, havendo contaminação com matéria em decomposição.

A seguir é transcrito um diagrama de operação para cultivo industrial e processamento de espirulina, sugerido por SANTILLAN, pesquisador da Sosa Texcoco S.A. (24):



#### 6 - USOS

Pelo seu alto teor em proteína a espirulina está sendo usada atualmente como complemento alimentar nos regimes de emagrecimento e também é muito procurada pelas pessoas que seguem a linha de alimentação vegetariana.

A dose que está sendo sugerida pelas indústrias que comercializam esta alga varia de 1,5 a 3,0 g/dia, divididas entre as refeições principais, com a indicação de complemento alimentar.

A espirulina também foi testada como componente de ração para galinhas (8, 24, 25), frangos (3, 24), porcos (15, 24) e peixes (24). Para galinhas poedeiras mostrou ser útil no sentido de dar mais cor à gema do ovo, quando adicionada à ração na proporção de 21%, experiência importante para as indústrias que usam ovo em seus produtos, como por exemplo as indústrias de panificação e de macarrão (25), embora em testes de rações com 10% de espirulina a gema do ovo tenha adquirido sabor e odor anormais (8).

Em experiências utilizando espirulina como alimento humano notou-se que, em adultos, a proteína de espirulina é bem absorvida e leva à uma diminuição do nível de ácido úrico no plasma e à um incremento na excreção fecal de nitrogênio. Em crianças com subnutrição de terceiro grau a espirulina foi melhor que soja, mas não tão boa quanto o leite humano ou leite integral de vaca (24).

Nos Estados Unidos da América do Norte atualmente existem muitos produtos onde a espirulina entra, ou sozinha (cápsulas, comprimidos, pó) ou como parte de uma mistura, como em biscoitos, cereais matinais, confeitos. O pó, cápsulas e comprimidos são muito usados por pessoas que se submetem a regime alimentar para perda de peso, sem inconvenientes da subnutrição e sem sentir fome (24).

#### SUMMARY

The author presents a series of figures referents to morphology, culture, process of manufacture, chemical composition and uses of spiruline, a blue-green microalgae which consumption is in evidence in some countries of Europe, Asia and North America and begins to be widely utilized by brazilians.

Uniterms : spiruline, *Spirulina maxima*, *Spirulina platensis*.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - BARNÁ, A.; NAGY-TOTH, F.; BERCEA, V.; DRAGOS, N.; PERTEFL, L. S. Wastewaters - possible nutrient media for *Spirulina platensis*. *Contrib. Bot. (Univ. "Babes - Bolyai" Cluj Napoca, Gradina. Bot.)* 1982, 201-8. Apud in *Chemical Abstracts*, 98: 196329 e, 1983.
- 2 - BECKER, E. W. - Nutritional physiological significance of microalgae. *Ernaehr-Umsch.* 1983, 30(6), 171-5. Apud in *Chemical Abstracts*, 99:121095n, 1983.
- 3 - BLUM, J. C. & CALET, C. - Nutritive value of spiruline algae for the growth of broiler chicks. *Ann. Nutr. Aliment.* 1976, 29(6), 651-74. Apud in *Chemical Abstracts*, 86: 42148k, 1977.
- 4 - BODDI, V.; PAOLETTI, C.; MATERASSI, R. - Lipid fraction of *Spirulina platensis* and other cultivated microalgae. *Ann. Microbiol. Enzimol.* 1970, 20(1-2-3), 65-73. Apud in *Chemical Abstracts*, 75: 60073j, 1971.

5 - CLEMENT, C.; GIDDEY, C.; MENZI, R. - Amino acid composition and nutritive value of the alga Spirulina maxima. J. Sci. Food. Agr. 1967, 18(11), 497-501. Apud in Chemical Abstracts, 68: 20053b, 1968.

6 - CLEMENT, C.; REBELLER, M.; TRAMBOUZE, P. - Use of large quantities of carbon dioxide in cultivating a new food alga. Rev. Inst. Fr. Petrole Ann. Combust. Liquides 1968, 23(5) , 702-11. Apud in Chemical Abstracts, 69: 42773j; 1968.

7 - CLEMENT, C.; LONCHAMP, D.; REBELLER, M.; VAN LANDEGHEM, H. - The development of Spirulina algae cultivation. Chem. Eng. Sci. 1980, 35(1-2, Chem. React. Eng. Nice, vol. I, Contrib. Pap.) 119-26. Apud in Chemical Abstracts, 92:21351 K , 1980.

8 - COLAS, B.; SAUVAGEOT, F.; HARSCOAT, J. P.; SAUVEUR, B. Dietary proteins and egg quality. II. Effect of the protein' source in laying hens on egg sensory characteristics and free amino acid content of egg yolk. Ann. Zootech. 1979, 28(3) , 297-313. Apud. in Chemical Abstracts, 92: 145487y, 1980.

9 - COZZONE, A. & BUSSON, F. Protein complement of a cyanophyceae, Spirulina platensis. C. R. Acad. Sci., Ser. C. 1969 , 269(10), 573-6. Apud in Chemical Abstracts, 72: 838r, 1970.

10 - COSSONE, A. & BUSSON, F. - Chromatographic fractionation of Spirulina platensis proteins. C. R. Acad. Sci., Ser. C. 1970, 270(2), 154-7. Apud in Chemical Abstracts, 73: 817d , 1970.

11 - FAUCHER, O.; COUPAL, B.; LEUDY, A. - Utilization of sea water-urea as a culture medium for Spirulina maxima. Can. J. Microbiol. 1970, 25(6), 752-9. Apud. in Chemical Abstracts , 91: 73121d, 1979.

12 - FERRAZ, C. A. M. & AQUARONE, E. - Utilização de sub-produtos da indústria alcooleira na obtenção de biomassa de Spirulina maxima. Parte I - emprego do anidrido carbônico. Rev. Microbiol. Vol. 16(3), p. 179-87, São Paulo, 1985.

13 - FERRAZ, C. A. M.; AQUARONE, E.; KRAUTER, M. - Utilização de sub-produtos da indústria alcooleira na obtenção de biomassa de Spirulina maxima. Parte II - Emprego do resíduo da destilação do mosto fermentado (vinhaça). Rev. Microbiol. Vol. 17(1), p. 15-24, São Paulo, 1986.

14 - FERRAZ, C. A. M. - Produção de Spirulina maxima - influência de ecofatores e uso de um sub-produto da indústria alcooleira. Dissertação para obtenção do grau de mestre. Fa-

culdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1986.

15 - FEVRIER, C. & SEVE, B. - Incorporation of spiruline (Spirulina maxima) into pig diets. Ann. Nutr. Aliment. 1976, 29 (6), 625-50. Apud in Chemical Abstracts, 86: 42147j, 1977.

16 - GABBAY, R. & TEL-OR, E. - Cyanobacterial biomass production in saline media. Dev. Plant Soil Sci. 1985, 17(Biosalinity Action: Bioprod. Saline Water), 107-16. Apud in Chemical Abstracts, 104: 126280a, 1986.

17 - GALLI, R. - Technology for cultivation of Spirulina algal biomass in solar collectors. Acqua Aria 1983, (8), 867-72. Apud in Chemical Abstracts, 101: 53306p, 1984.

18 - GARSON, J.; MALGROT, M.; BUSSON, F. Cyanophyceae utilizable in human nutrition. Med. Trop. (Marseilles) 1969, 29 (4), 536-8. Apud in Chemical Abstracts, 72: 7761z, 1970.

19 - LEDUY, A.; THERIEN, N. - Cultivation of Spirulina maxima in an annular photo chemical reactor. Can. J. Chem. Eng. 1979, 57(4), 489-95. Apud in Chemical Abstracts, 91:156004u, 1979

20 - MEYER, C. - Large - scale algae production. Ind. Aliment. Agr. 1969, 86(11), 1445-9. Apud in Chemical Abstracts, 73: 23896t 1970.

21 - MIKI, W.; YAMAGUCHI, K.; KONOSU, S. - Chemistry and utilization of Spirulina maxima. Apud in Chemical Abstracts, 105:17090g, 1986.

22 - NAGY-THOTH, F. & BARNA, A. - Growth and composition of Spirulina platensis as affected by different quantities of carbon, nitrogen, and phosphorus. Contrib. Bot. (Univ. "Babes-Bolyai" Cluj-Napoca, Gradina Bot.) 1982, 209-15. Apud in Chemical Abstracts , 98: 214114n, 1983.

23 - PALLA, J. C. & BUSSON, F. - Spirulina platensis carotenoids. C. R. Acad. Sci. Ser. 1969, 269(17), 1704-7. Apud in Chemical Abstracts, 72: 63785s, 1970.

24 - SANTILLAN, C. - Mass production of Spirulina. Experientia , Birkhauser Verlag, 38, 40-3, Basel, 1982.

- 25 - SAXENA, M. R.; AHMAD, P. N.; SHYAM, R.; AMLA, D. V. - Cultivation of Spirulina in sewage for poultry feed. Experientia, Birkhauser Verlag, 39, 1077-83, Basel, 1983.
- 26 - SESHADRI, C. V. & THOMAS, S. - Culture of Spirulina using low - cost nutrients. Biotechnol. Lett. 1979, 1(7), 287-91. Apud in Chemical Abstracts, 91: 138822e, 1979.
- 27 - VENKATARAMAN, L. V. Photosynthetic productivity in mass outdoor of algae. Proc. Int. Symp. Biol. Appl. Sol. Energy ' 1978 (Pub. 1980), 76-80. Apud in Chemical Abstracts, 94: 33548d, 1981.
- 28 - VERMOREL, M.; TOULLEC, G.; DUMOND, D.; PION, R. - Protein and energy value of Spirulina algae supplemented with amino acids: digestive and metabolic utilization by growing rats. Ann. Nutr. Aliment. 1976, 29(6), 535-52. Apud in Chemical Abstracts, 86: 42146h, 1977.
- 29 - VONSHAK, A.; BOUSSIBA, S.; ABELIOVICH, A.; RICHMOND, A. Production of Spirulina biomass: maintenance of monoalgal culture outdoor. Biotechnol. Bioeng. 1983, 25(2), 341-9. Apud in Chemical Abstracts, 98: 105695g, 1983.