

INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DE SECAGEM NAS PROPRIEDADES FUNCIONAIS DA *Aphanothece microscopica Nägeli* CULTIVADA NO EFLUENTE DA PARBOILIZAÇÃO DO ARROZ

EDUARDO JACOB-LOPES*

LEILA QUEIROZ ZEPKA**

MARIA ISABEL QUEIROZ***

FLÁVIA MARIA NETTO****

O objetivo deste trabalho foi caracterizar a solubilidade e a capacidade emulsificante da biomassa da cianobactéria *Aphanothece microscopica Nägeli* em diferentes condições de secagem. Produziu-se a biomassa na água residuária do processo de parboilização do arroz, inoculando 100 mg.L⁻¹ de *Aphanothece microscopica Nägeli* na fase exponencial de crescimento em reator cilíndrico de mistura completa, na ausência de luz, pH 8,0, 30ºC, razão C/N 50 e tempo de detenção hidráulica de 72h. A biomassa foi separada do efluente por centrifugação e desidratada em secador descontínuo de bandejas nas condições de 40, 50 e 60ºC em espessuras de biomassa de 3, 5 e 7 mm. A solubilidade protéica foi avaliada em pH 2, 3, 4, 6, 8, 9 e 10 e a capacidade emulsificante determinada em pH 7,0. Os resultados demonstraram que as maiores solubilidades protéicas ocorreram em pH 10, havendo incremento da capacidade emulsificante nas camadas de biomassa de 3 mm de espessura.

PALAVRAS-CHAVE: CIANOBACTÉRIA; *Aphanothece*; SECAGEM; PROPRIEDADES FUNCIONAIS.

* Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos, Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG), Rio Grande, RS (jacoblopes@fea.unicamp.br).

** Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos, FURG, Rio Grande, RS (queirozl@fea.unicamp.br).

*** Doutora em Biotecnologia, professora, Departamento de Química, FURG, Rio Grande, RS (mariaisabel.queiroz@mailcity.com)

**** Doutora em Ciência de Alimentos, professora, Departamento de Alimentos e Nutrição, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP (flavia@fea.unicamp.br).

1 INTRODUÇÃO

As cianobactérias são consideradas como fonte protéica potencial devido ao seu alto conteúdo de proteínas, geralmente entre 40-60% em peso seco. O conteúdo protéico associado ao balanço de aminoácidos sugere alto valor biológico das proteínas, que em muitos casos é comparável e até superior a fontes protéicas convencionais como a carne, ovos e farinha de trigo (ANUPAMA e RAVINDRA, 2000). Sua composição bioquímica inclui elevado teor de ácidos graxos insaturados, vitaminas, carboidratos e pigmentos, o que viabiliza o seu uso na complementação da dieta alimentar (MOLINA GRIMA et al., 2002).

A aplicação de proteínas unicelulares como ingrediente de alimentos está condicionada à funcionalidade dos seus constituintes. Neste sentido, a avaliação das propriedades funcionais constitui fator relevante no desenvolvimento de ingredientes protéicos a serem utilizados na formulação de alimentos. Existe, no entanto, limitação de informações sobre a funcionalidade das proteínas presentes nas cianobactérias (CHRONAKIS, 2001; GUIL-GUERRERO et al., 2004).

As condições de processamento dos produtos podem alterar suas propriedades funcionais. Tratamentos térmicos comumente afetam a estrutura e a solubilidade das proteínas. Um dos maiores obstáculos para a inclusão de proteínas em sistemas alimentares é a insolubilização causada pela indução do calor, pois solubilidade elevada em alimentos protéicos pode ser considerada como indicador de sua funcionalidade. Tal propriedade é requerida para a aplicação das proteínas em sistemas alimentares que envolvam a formação e estabilidade de espumas e emulsões ou formação de géis (KRUGER et al., 2002; SGARBIERI e PACHECO, 2002). As propriedades de emulsificação estão diretamente correlacionadas com a solubilidade das proteínas, sendo consideradas relevantes na sua aplicação como ingrediente em alimentos. As propriedades emulsificantes são comumente discutidas em termos de atividade emulsificante, estabilidade da emulsão e capacidade emulsificante (PEARCE e KINSELLA, 1978).

A cianobactéria *Aphanothecace microscopica Nägeli* vem sendo cultivada na água residuária do processo de parboilização, visando à produção de nutrientes pela bioconversão de compostos presentes no efluente e empregar a biomassa gerada como complemento da dieta alimentar (QUEIROZ, ZEPKA e BASTOS, 2004). Diversos trabalhos, abordando a caracterização do odor da *Aphanothecace* desidratada, seu perfil de ácidos graxos e o efeito da dieta com *Aphanothecace* em ratos demonstraram sua viabilidade para aplicação como fonte de nutrientes (QUEIROZ e TREPTOW, 1998; QUEIROZ e SOARES, 2001; QUEIROZ, ZEPKA e JACOB-LOPES, 2004; JACOB-LOPES et al., 2006). A bioconversão de resíduos agrícolas vem sendo estudada procurando a remoção de compostos associada à produção de nutrientes como proteínas, lipídeos e pigmentos, valorizando os resíduos agroindustriais e gerando benefício adicional para a produção de nutrientes com baixo custo.

Este trabalho teve por objetivo caracterizar as propriedades funcionais em termos de solubilidade e capacidade emulsificante da biomassa da *Aphanothecace microscopica Nägeli*, obtida em efluente da parboilização do arroz e diferentes condições de secagem.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 PRODUÇÃO DA BIOMASSA

Produziu-se biomassa pelo cultivo de *Aphanothecace microscopica Nägeli* em reatores biológicos de mistura completa, utilizando como meio de cultura o efluente da parboilização do arroz. As condições empregadas foram ausência de luminosidade, pH 8,0, razão C/N 50, temperatura de 30°C e tempo de detenção hidráulica de 72h (QUEIROZ et al., 2007).

2.2 SECAGEM DA BIOMASSA

A biomassa foi separada do efluente por centrifugação e seca em secador descontínuo de bandejas, com escoamento de ar paralelo (1,5 m/s) nas condições de 40, 50, 60°C e espessuras de biomassa de 3, 5 e 7 mm nas bandejas. A liofilização da biomassa (Edwards Pirani 501), realizada nas condições de -50°C e 10⁻¹ mbar, foi considerada como método de secagem de referência (JACOB-LOPES, 2005).

2.3 DETERMINAÇÃO DO CONTEÚDO DE PROTEÍNA TOTAL

Determinou-se o conteúdo de nitrogênio da *Aphanothece* pelo método de micro-Kjeldahl, utilizando o fator 6,25 para a conversão do nitrogênio em proteína (AOAC, 1990).

2.4 DETERMINAÇÃO DA SOLUBILIDADE PROTÉICA

A solubilidade protéica foi determinada pelo método de MORR et al. (1985), na faixa de pH compreendida entre 2 e 10, em solução de NaCl 0,1M.

2.5 DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE EMULSIFICANTE

A capacidade emulsificante (CE) foi expressa em mL de óleo de soja emulsificado por 1 g de proteína. A concentração das dispersões foi de 5% de proteína em água e pH 7,0, conforme indicado por ANUSUYA DEVI et al. (1981).

2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos foram avaliados por análise de variância (ANOVA) e a diferença das médias pelo teste de Duncan, empregando-se o software Statistica 7.0 (STATSOFT, 2004).

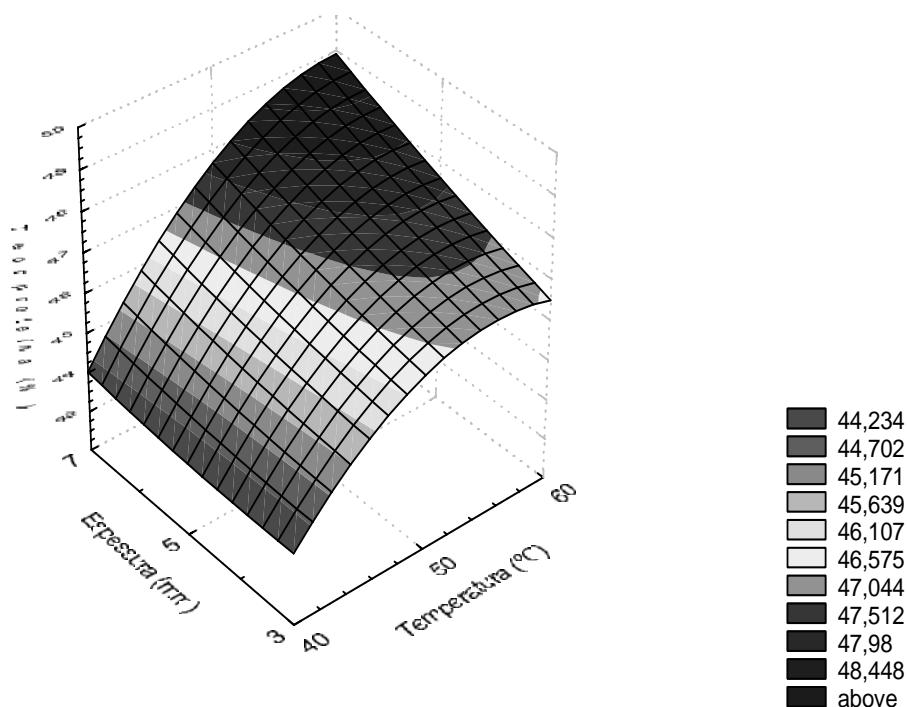
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O efeito conjugado da temperatura e espessura da biomassa na bandeja sobre o conteúdo protéico da *Aphanothece microscopica Nügeli* está expresso na Figura 1. Os teores de proteína variaram entre 43,4% a 49,5% em peso seco e estão de acordo com a faixa de 40-60%, citada na literatura para outras espécies de cianobactérias (BOROWITZKA, 1988; ANUPAMA e RAVINDRA, 2000). O maior teor de proteína registrado ocorreu na espessura de 3 mm a 60°C.

O método e as condições de secagem afetam quantitativamente determinadas frações da composição química de produtos desidratados, principalmente no que se refere ao conteúdo de proteína bruta. A intensidade e grau do tratamento térmico aplicado resultam em variações na composição, ou estado físico do produto, segundo ALOMAR, FUCHSLOCHER e STOCKBRAND, 1999. Esses autores afirmam que condições inadequadas de secagem podem ocasionar a complexação das proteínas com os açúcares, como consequência dos produtos formados pela reação de Maillard, implicando em alterações no conteúdo protéico. Resultados similares foram obtidos por MORIST et al. (2001) para a cianobactéria *Spirulina platensis* submetida a diferentes técnicas de secagem. Esses autores verificaram alterações no conteúdo de proteína da biomassa quando submetida a técnicas distintas de preservação. Constataram que em processos mais rápidos de pasteurização, o conteúdo de proteína dessa biomassa

permanecia maior do que o encontrado na biomassa submetida a menores temperaturas e tempos mais prolongados de exposição.

FIGURA 1 - SUPERFÍCIE DE RESPOSTA PARA O EFEITO CONJUGADO DA TEMPERATURA E ESPESSURA NA BANDEJA SOB O PERCENTUAL DE PROTEÍNA



A Tabela 1 apresenta a análise de variância para as variáveis temperatura de secagem e espessura da biomassa na bandeja em relação ao percentual de proteína da biomassa. O ajuste dos dados experimentais pode ser verificado pelos altos coeficientes de correlação registrados, associados aos níveis de probabilidade.

TABELA 1 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA A VARIÁVEL RESPOSTA TEOR DE PROTEÍNA

Fonte variação	Soma quadrática	Graus liberdade	Média quadrática	F	p
Regressão	49,9	2	24,96	20,93	0,00004
Resíduos	17,88	15	1,19		
Total	67,8				

R = 0,85.

As Figuras 2a, 2b e 2c apresentam as curvas de solubilidade protéica da *Aphanothece microscopica Nágeli* nas diferentes condições de secagem.

FIGURA 2A - CURVA DE SOLUBILIDADE PROTÉICA PARA A TEMPERATURA DE 40°C E ESPESSURAS DE 3, 5 E 7 mm E AMOSTRA LIOFILIZADA

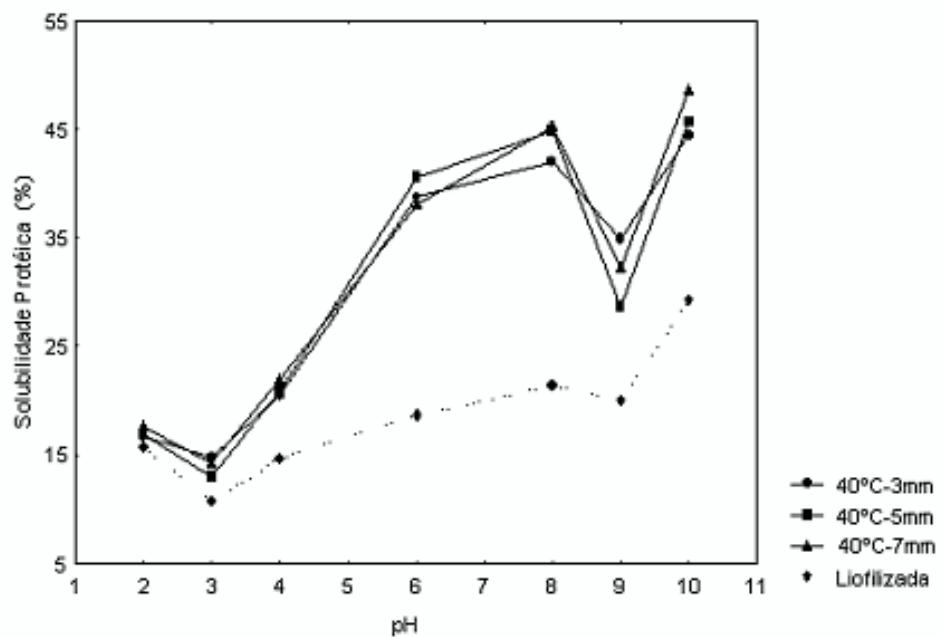


FIGURA 2B - CURVA DE SOLUBILIDADE PROTÉICA PARA A TEMPERATURA DE 50°C E ESPESSURAS DE 3, 5 E 7 mm E AMOSTRA LIOFILIZADA

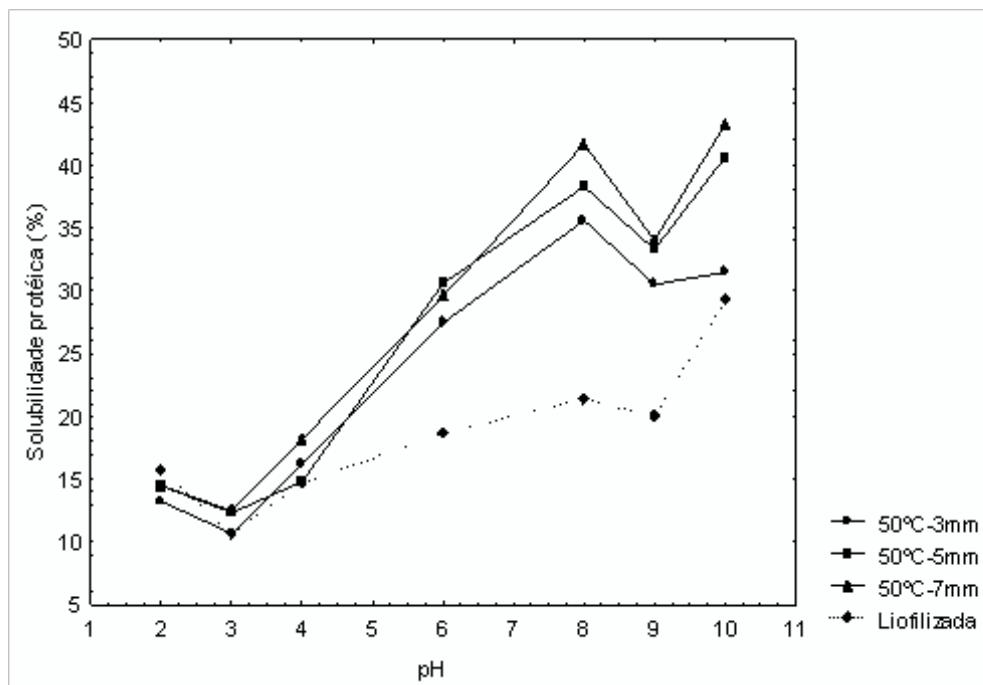
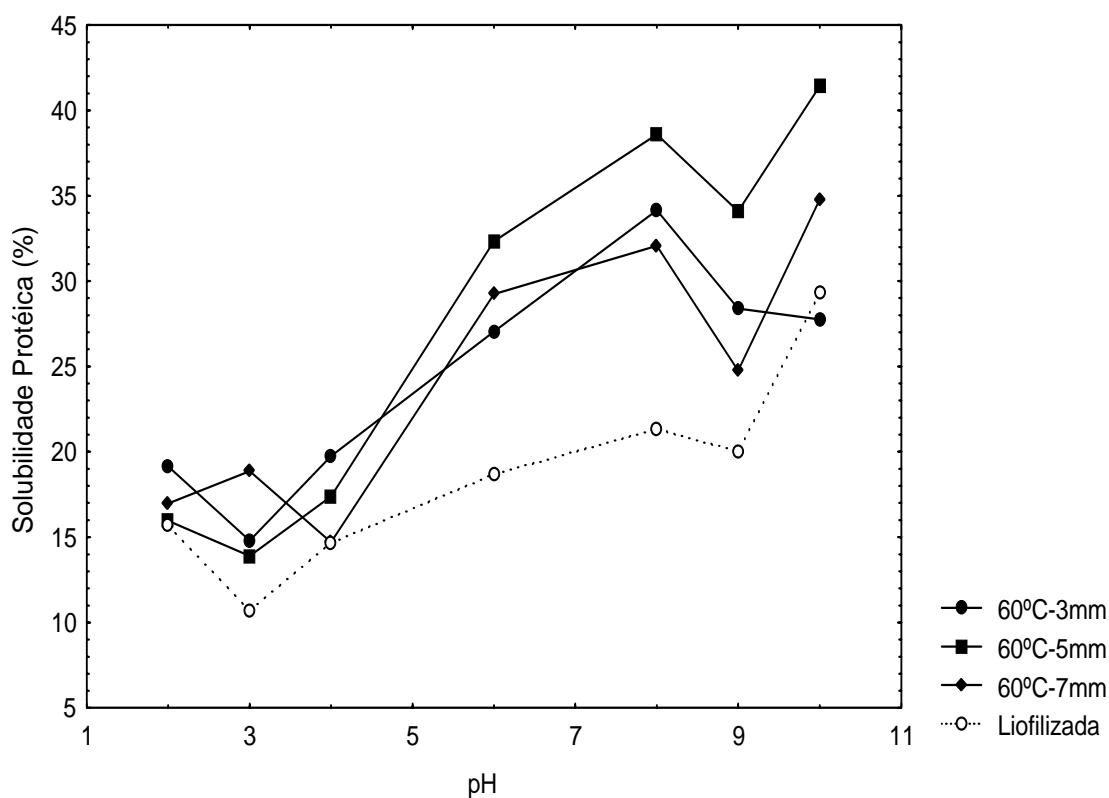


FIGURA 2C - CURVA DE SOLUBILIDADE PROTÉICA PARA A TEMPERATURA DE 60°C E ESPESSURAS DE 3, 5 E 7 mm E AMOSTRA LIOFILIZADA



As maiores solubilidades foram obtidas na faixa de pH alcalino, independente da condição de secagem. A máxima solubilidade obtida (48,6% em pH 10) assemelhou-se aos valores máximos de 50% de solubilidade protéica na mesma faixa de pH, reportadas para outras espécies de microalgas (ANUSUYA DEVI et al., 1981; NIRMALA, PRAKASH e VENKATARAMAN, 1992; DUA, KAUR e AHLUWALIA, 1993; GUIL-GUERRERO et al., 2004).

O aumento da solubilidade em pH fortemente alcalino ocorre devido à predominância de cargas negativas que geram forças de repulsão eletrostática capazes de promover a dissociação dos complexos e a consequente solubilização da proteína (SGARBieri, 1998). Em pH 3 foram registradas solubilidades mínimas, indicando que o ponto isoelétrico das proteínas de *Aphanethece microscopica Nägeli* está situado nessa faixa de pH. Esses resultados estão de acordo com ANUSUYA DEVI et al. (1981) e DUA, KAUR e AHLUWALIA (1993), que afirmaram que o ponto isoelétrico das proteínas das microalgas *Spirulina platensis* e *Scenedesmus obliquus* está na faixa de pH entre 3,0 a 4,0.

O pH afeta a densidade das cargas e o balanço intra e intermolecular, modificando a habilidade da proteína em participar de interações hidrófilas e hidrofóbicas. O aumento da densidade das cargas da proteína em pH afastado da região do ponto isoelétrico favorece as interações proteína-água, resultando no aumento das propriedades de hidratação. A baixa solubilidade próxima ao pH deve-se à ausência de repulsão eletrostática, que promove a agregação e precipitação via interações hidrofóbicas (SGARBieri, 1998).

Os resultados da análise de variância para as variáveis solubilidade protéica, tendo o pH como covariável e capacidade emulsificante em função da condição de secagem, estão registrados na Tabela 2. Observou-se que a condição de secagem exerce influência significativa nas propriedades funcionais da *Aphanethece microscopica Nägeli* ($p<0,05$).

TABELA 2 - RESUMO DOS EFEITOS PARA A SOLUBILIDADE PROTÉICA E CAPACIDADE EMULSIFICANTE

Propriedade funcional	Efeitos (condição de secagem)	
	F	p
Solubilidade protéica	3,36	0,002*
Capacidade emulsificante	24661	0,0000001*

*diferenças significativas ($p<0,05$).

F = estatística Snedecor.

P = probabilidade.

Na Tabela 3 estão registrados os valores médios da solubilidade protéica e capacidade emulsificante nas diferentes condições de secagem da biomassa.

TABELA 3 - VALORES MÉDIOS PARA A VARIÁVEL SOLUBILIDADE PROTÉICA E CAPACIDADE EMULSIFICANTE

Condição de secagem	Solubilidade protéica (%)	Capacidade emulsificante (mL óleo/1 g proteína)
1	30,29 ^a	246 ^a
2	30,07 ^a	255 ^{bd}
3	31,12 ^a	280 ^e
4	23,60 ^{ab}	314 ^c
5	26,35 ^a	260 ^{bd}
6	27,67 ^a	258 ^{bd}
7	24,43 ^{ab}	246 ^a
8	27,67 ^a	316 ^c
9	24,48 ^{ab}	136 ^f
10	18,63 ^{ab}	250 ^g

*combinações de letras diferentes indicam diferença significativa ($p<0,05$).

**resultados obtidos a partir de 3 repetições .

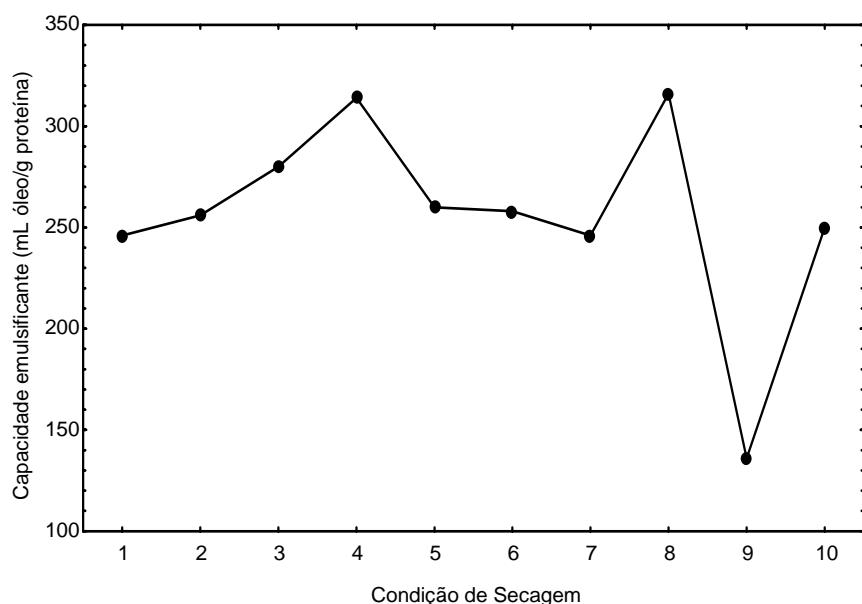
1 (40°C-3 mm); 2 (40°C-5 mm); 3 (40°C-7 mm); 4 (50°C-3 mm); 5 (50°C-5 mm); 6 (50°C-7 mm); 7 (60°C-3 mm); 8 (60°C-5 mm); 9 (60°C-7 mm); 10 (lioofilizada).

As maiores solubilidades foram obtidas nas amostras secas sob as menores temperaturas utilizadas (40°C), independente da espessura na bandeja. Foi verificada diferença significativa entre as condições 1, 2 e 3 (temperaturas de 40°C) em relação as condições 4, 7, 9 e 10, (temperaturas de 50°C, 60°C e liofilizada). NIRMALA, PRAKASH e VENKATARAMAN (1992) mostraram que elevadas temperaturas e condições inadequadas de secagem chegam a reduzir em aproximadamente 30% os valores da solubilidade protéica das cianobactérias. Nesse sentido, a liofilização pode ser considerada como método de secagem de referência para cianobactérias. Ocasionalmente alterações mínimas em suas propriedades físico-químicas, nutricionais e sensoriais, sugerindo que o produto liofilizado assemelha-se mais com a biomassa fresca (MORIST et al., 2001). No entanto, não foram verificados altos valores de solubilidade protéica para a biomassa liofilizada nas diferentes condições de pH avaliadas. Tal fato pode ser atribuído às alterações na superfície das proteínas resultante da secagem com ar aquecido, que induz a desnaturação protéica

aumentando a solubilidade. A solubilidade protéica constitui parâmetro utilizado para indicar o grau de desnaturação que a proteína sofreu pelas condições de processamento. Embora em determinados casos, a solubilidade e a desnaturação não se correlacionem entre si pode-se obter valores altos de solubilidade a partir de proteínas completamente desnaturaladas (WANG, FERNADES e CABRAL, 2000).

Há a tendência em associar propriedades funcionais entre si visando entender os parâmetros que regem o comportamento funcional. A correlação entre a capacidade emulsificante e a solubilidade está sujeita a controvérsias. A emulsificação está mais correlacionada com a hidrofobicidade e fenômenos de superfície das moléculas em que as proteínas mais hidrofóbicas ocasionam maior decréscimo na tensão interfacial e, consequentemente, melhoram as propriedades emulsificantes (SGARBIERI e PACHECO, 2002). A propriedade emulsificante (assim como outras propriedades funcionais) está relacionada com a estrutura da molécula, especificamente com as propriedades de superfície e a efetividade das proteínas ou peptídeos em diminuir a tensão interfacial entre os componentes hidrofóbicos e hidrófilos do sistema. Proteínas adsorvem na superfície das gotículas formadas durante a homogeneização de óleo, formando membrana que evita a coalescência das gotículas de óleo (COUPLAND e CLEMENTS, 1997). Devido à natureza anfílica, as proteínas são capazes de se orientar na interface óleo-água e atuar como bons agentes emulsificantes. A capacidade emulsificante, índice utilizado para medir a habilidade de emulsões formadas por proteínas ou peptídeos, é definida geralmente como volume de óleo (mL) que pode ser emulsionado pela proteína ou peptídeos antes da inversão de fase ou colapso da emulsão (KINSELLA, 1976). A quantidade máxima de óleo que pode ser emulsionada pela dispersão de 5% de proteína da *Aphanothece microscopica Nägeli* está expressa na Figura 4. Verifica-se pela análise da curva que as maiores capacidades emulsificantes foram obtidas para as biomassas desidratadas nas temperaturas mais elevadas e espessuras de 3 mm.

FIGURA 3 - VARIÁVEL RESPOSTA CAPACIDADE EMULSIFICANTE EM FUNÇÃO DO FATOR CONDIÇÃO DE SECAGEM



1 (40°C-3 mm); 2 (40°C-5 mm); 3 (40°C-7 mm); 4 (50°C-3 mm); 5 (50°C-5 mm); 6 (50°C-7 mm); 7 (60°C-3 mm); 8 (60°C-5 mm); 9 (60°C-7 mm); 10 (lioofilizada).

Pelo teste de Duncan (Tabela 3) foram avaliadas as diferenças entre as médias para a variável capacidade emulsificante. Verificou-se que apenas as condições de secagem 4 e 8 (maiores capacidade emulsificantes) não diferiram significativamente ao nível de 5%, sugerindo que o efeito da espessura de 3 mm na bandeja favorece a quantidade de óleo que pode ser emulsionada pelas proteínas da *Aphanothece microscopica Nägeli*.

4 CONCLUSÃO

A condição de secagem exerce influência nas propriedades funcionais da cianobactéria *Aphanothece microscopica Nägeli*, sendo obtidos valores máximos de 48,6% e 316 mL/g para solubilidade protéica e capacidade emulsificante, respectivamente.

A caracterização da fração protéica da cianobactéria *Aphanothece microscopica Nägeli* qualifica essa biomassa como fonte potencial de proteína unicelular para uso como ingrediente funcional de alimentos.

ABSTRACT

INFLUENCE OF DRYING CONDITIONS IN THE FUNCTIONAL PROPERTIES OF *Aphanothece microscopica Nägeli* CULTIVATED IN THE RICE PARBOILING EFFLUENT

The objective of the present work was to characterize the solubility and the emulsification capacity of *Aphanothece microscopica Nägeli* cyanobacteria biomass, submitted to different drying conditions. The production of the biomass was made in wastewater from the process of rice parboiling, by inoculating 100 mg.L⁻¹ of *Aphanothece microscopica Nägeli* in the exponential growth phase in a cylindrical bubble column bioreactor, in the absence of light, pH 8.0, at 30 Celsius degrees, C/N 50 ratio, and hydraulic retention time of 72 hours. The biomass was separated from the effluent by centrifugation and dehydrated in a tray dryer at 40, 50 and 60°C and biomass thicknesses of 3, 5 and 7 mm. The protein solubility was evaluated in pH 2, 3, 4, 6, 8, 9 and 10 and the emulsification capacity determined in pH 7.0. The results showed that the highest protein solubilities occurred in pH 10, with an increase in the emulsification capacity in the biomass layers of thickness 3 mm.

KEY-WORDS: CYANOBACTERIA; *Aphanothece*; DRYING; FUNCTIONAL PROPERTIES.

REFERÊNCIAS

- 1 ANUPAMA, P.; RAVINDRA, L. Value-added food: single cell protein. **Biotechnology Advances**, n.18, p.459-479, 2000.
- 2 ANUSUYA DEVI, M.; VENKATARAMAN, V.L. Functional properties of protein products of mass cultivated blue-green alga *Spirulina Platensis*. **Journal of Food Science**, v.49, p. 24-27, 1984.
- 3 ANUSUYA DEVI, M.; VENKATARAMAN, V.L.; SUBBULAKSHMI, G.; MADHAVI DEVI, K. Studies on the proteins of mass cultivated blue-green alga *Spirulina Platensis*. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, n.29, p.522-525, 1981.
- 4 ALOMAR, D.; FUCHSLOCHER, R.; STOCKBRAND, S. Effects of oven or freeze-drying on chemical composition and NIR spectra of pasture silage. **Animal Feed Science and Technology**, n.80, p.309-319, 1999.
- 5 AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of AOAC International**. 15th ed. Washington, D.C., 1990.
- 6 BOROWITZKA, M. *Dunaliella*. In: BOROWITZKA, M.A; BOROWITZKA, L. (Eds.). **Microalgal biotechnology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1988. p.27-58.
- 7 CHRONAKIS, I.S. Gelation of edible blue-green algae protein isolate (*Spirulina platensis* strain *pacifica*): thermal transitions, rheological properties, and molecular forces involved. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, n.49, p.888-898, 2001.
- 8 COUPLAND, J.N.; CLEMENTS, J.P. Physical properties of whey protein stabilized emulsions as related to pH and NaCl. **Journal of Food Science**, v.62, n.2, p.342-347, 1997.

- 9 DUA, S.; KAUR, M.; AHLUWALIA, A. S. Functional properties of two pollutant grown green algae. **Journal Food Science and Technology**, v.30, n.1, p.25-28, 1993.
- 10 GUIL-GUERRERO, J.L; NAVARRO-JUAREZ, A.; LÓPEZ-MARTINEZ, J.C.; CAMPRAMADRID, P.; REBOLLOSO-FUENTES, M.M. Functional properties of the biomass of three microalgal species. **Journal of Food Engineering**, n.30, p.312-318, 2004.
- 11 JACOB-LOPES, E.; ZEPKA, L.Q.; QUEIROZ, M.I.; PINTO, L.A.A. Characteristics of thin-layer drying of the cyanobacterium *Aphanothece microscopica* Nägeli. **Chemical Engineering and Processing**, n.46, p.63-69, 2006.
- 12 JACOB-LOPES, E. **Secagem da cianobactéria *Aphanothece microscopica* Nägeli cultivada no efluente da parboilização do arroz**. Rio Grande, 2005. 112 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) Fundação Universidade Federal do Rio Grande.
- 13 KINSELLA, J.E. Functional properties in novel proteins some methods for improvement. **Chemistry and Industry**, n.5, p.171-181, 1976.
- 14 KRÜGER, C.; CENI, G.; SGARBIERI, V.; CÂNDIDO, L. Propriedades hidrofílicas de concentrados protéicos de leite bovino. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.3, n.62, p.122-127, 2002.
- 15 MOLINA GRIMA, E.; BELARBI, E.H.; ACIÉN-FERNANDEZ, F.G.; ROBLES, M.A.; CHISTI, Y. Recovery of microalgal biomass and metabolites: process option and economics. **Biotechnology Advances**, n.20, p. 491-515, 2002.
- 16 MORIST, A.; MONTESINOS, J.L.; CUSIDÓ, J.A.; GÓDIA, F. Recovery and treatment of *Spirulina Platensis* cells cultured in a continuous photobioreactor to be used as food. **Process Biochemistry**, n.37, p.535-547, 2001.
- 17 MORR, C.V.B.; GERMAN, J.; KINSELLA, J.M.; REGENSTEIN, J.P.; VAN BUREN, A.; KILARA, B.A. A collorative study to develop a standardized food protein solubility procedure. **Journal of Food Science**, v.50, p.1715-1718, 1985.
- 18 NIRMALA, C.; PRAKASH, V.; VENKATARAMAN, L.V. Physico-chemical and functional properties of proteins from spray dried algae (*Spirulina platensis*). **Journal of Food Biochemistry**, n.36, p.569-577, 1992.
- 19 PEARCE, K.; KINSELLA, J. Emulsifying properties of proteins: evaluation of a turbidimetric technique. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, v.26, n.3, p. 716–723, 1978.
- 20 QUEIROZ, M.I.; ZEPKA, L.Q., JACOB-LOPES, E.; BASTOS, R.G.; GOLDBECK, R. The kinetics of the removal of nitrogen and organic matter from parboiled rice effluent by cyanobacteria in a stirred batch reactor. **Bioresource Technology**, v.98, p.2163–2169, 2007.
- 21 QUEIROZ, M.I.; ZEPKA, L.Q.; BASTOS, R. Evaluation of single cell-protein production by *Aphanothece microscopica* Nägeli in batch reactor. **Food Science and Biotechnology**, v.13, n.3, p.215-220, 2004.
- 22 QUEIROZ, M.I.; ZEPKA, L.Q., JACOB-LOPES, E. Evaluation of the conditions of cultivation in the profile of fatty acids of cyanobacteria *Aphanothece microscopica* Nägeli. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON ENGINEERING AND FOOD, 9th (ICEF 9), Montpellier, 2004. **Annals...** Montpellier: University of Montpellier, 2004. p.1911-1914.
- 23 QUEIROZ, M.I.; SOARES, L.S. Efeitos anatomo-histológicos de dietas contendo *Aphanotece* sp. em ratas, visando sua utilização como complemento alimentar. **Vittalle**, v.13, n.1, p.11-22, 2001.
- 24 QUEIROZ, M.I.; TREPTOW, R. O. Caracterização sensorial do odor da *Aphanothece microscopica* Nägeli desidratada. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, v.16, n.1, p.55-70, 1998.
- 25 SGARBIERI, V.C. Propriedades funcionais de proteínas em alimentos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, n.30, p.212-220 1998.
- 26 SGARBIERI, V.C.; PACHECO, M.T.B. Diferentes métodos de concentração de proteína de levedura e suas implicações nas propriedades funcionais. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.36, n.2, p.83-94, 2002.
- 27 STATSOFT, Inc. **STATISTICA**: data analysis software system. Version 7.0. Disponível em: www.statsoft.com. Acesso em: 15/02/ 2004.
- 28 WANG, S.H.; FERNADES, S.; CABRAL, L. Solubilidade de nitrogênio, dispersibilidade de proteína e propriedades emulsificantes dos extratos hidrossolúveis de desidratados de arroz e soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.20, n.1, p.12-17, 2000.