

Composição química de microalgas em cultivo semi-intensivo: *Chaetoceros gracilis* Schutt, *Isochrysis galbana* Parke e *Thalassiosira weissflogii* (Grunow) G. Fryxell & Hasle¹

Microalgae chemical composition in semi-intensive culture: *Chaetoceros gracilis* Schutt, *Isochrysis galbana* Parke and *Thalassiosira weissflogii* (Grunow) G. Fryxell & Hasle

Alfredo Matos Moura Junior², Egídio Bezerra Neto³, Maria Luise Koenig⁴ e Enide Eskinazi Leça⁵

Resumo - Este trabalho teve como objetivo avaliar a composição química de *Chaetoceros gracilis*, *Isochrysis galbana* e *Thalassiosira weissflogii*, cultivadas de acordo com a metodologia utilizada pela Empresa Aqualider. As espécies foram cultivadas em meio f/2 Guillard, em temperatura e iluminação constantes, até atingirem o volume de 20 L em sacos de plástico. As análises foram realizadas no início da fase exponencial de crescimento. A espécie *I. galbana* apresentou a maior densidade celular ($3.295 \pm 47,73 \times 10^6$ cel.L⁻¹), com diferença significativa superior as demais espécies, o maior teor de carboidrato solúvel ($0,09 \pm 0,002$ mg.L⁻¹), seguida por *C. gracilis* ($0,06 \pm 0,001$ mg.L⁻¹) e por *T. weissflogii* ($0,05 \pm 0,001$ mg.L⁻¹), também com diferenças significativas entre as três espécies e os maiores teores de nitrato ($0,15$ mg.L⁻¹), fósforo ($0,21$ mg.L⁻¹) e magnésio ($2,90$ mg.L⁻¹) com diferenças significativa superior as demais espécies. *T. weissflogii* apresentou os maiores teores para sódio ($6,59$ mg.L⁻¹), potássio ($0,91$ mg.L⁻¹) e enxofre ($0,94$ mg.L⁻¹). Em relação ao teor de clorofila a, *C. gracilis* apresentou o maior teor ($3,74 \pm 0,26$ mg.L⁻¹), seguida por *I. galbana* ($1,87 \pm 0,08$ mg.L⁻¹) e por *T. weissflogii* com o menor valor ($0,96 \pm 0,08$ mg.L⁻¹), também com diferenças significativa entre as três espécies. As espécies apresentaram constituição química variada, o que é característico da fase de cultivo analisada, sendo indicada para este tipo de cultivo *Chaetoceros gracilis*, ao apresentar elevados teores de clorofila a; proteína e carboidratos solúveis e aminoácidos totais livres.

Termos para indexação: *Chaetoceros gracilis*, *Isochrysis galbana*, *Thalassiosira weissflogii*, microalga, bioquímica.

Abstract - This work aimed to evaluate the chemical composition of *Chaetoceros gracilis*, *Isochrysis galbana* and *Thalassiosira weissflogii*, cultivated according to Aqualider Company methodology. The species were cultivated in f/2 Guillard environment with sustained temperature and illumination until reaching 20 L in plastic bags. The analyses were executed at the beginning of the exponential growth phase. The *I. galbana* specie showed the highest cellular density ($3.295 \pm 47.73 \times 10^6$ cel L⁻¹) with a high meaningful difference from the other species, the highest amount of soluble carbohydrate (0.09 ± 0.002 mg.L⁻¹), followed by *C. gracilis* (0.06 ± 0.001 mg.L⁻¹) and by *T. weissflogii* (0.05 ± 0.001 mg.L⁻¹) with significant differences among species and the highest amount of nitrate (0.15 mg.L⁻¹), phosphor (0.21 mg.L⁻¹) and magnesium (2.90 mg.L⁻¹) with superior significant differences among species. The *T. weissflogii* specie showed the highest values for sodium (6.59 mg.L⁻¹), potassium (0.91 mg.L⁻¹) and sulphur (0.94 mg.L⁻¹). As to chlorophyll a amount, *C. gracilis* showed the highest value (3.74 ± 0.26 mg.L⁻¹), followed by *I. galbana* (1.87 ± 0.08 mg.L⁻¹) and *T. weissflogii* with the lowest value (0.96 ± 0.08 mg.L⁻¹), also with significant differences among species. The species presented different chemical composition, which is characteristic of the analyzed culture phase, being indicated for this kind of cultivation, *Chaetoceros gracilis*, because of its high chlorophyll a, soluble protein and carbohydrates and total free amino acids amount.

Index terms: *Chaetoceros gracilis*, *Isochrysis galbana*, *Thalassiosira weissflogii*, microalgae, biochemistry.

¹ Recebido para publicação em 03/08/2005; aprovado em 22/12/2005.

Parte da tese de Doutorado realizado no Dep. de Botânica da UFRP, PE

² Colégio de Aplicação/UFP. Av. Acadêmico Hélio Ramos s/n, B., Cidade Universitária, CEP 50740-530, Recife, PE, alfmoura@cap.ufpe.br

³ Departamento de Química/Universidade Federal Rural de Pernambuco

⁴ Departamento de Oceanografia/Universidade Federal de Pernambuco

⁵ Programa de Pós-Graduação de Botânica/Universidade Federal Rural de Pernambuco

Introdução

As microalgas são amplamente utilizadas na aquíicultura como fonte de alimento para animais, em particular para larvas de moluscos, estágios juvenis de crustáceos e peixes (De Pauwn & Persoone, 1988; Martínez-Fernández et al., 2004). O maior problema associado ao uso das microalgas na aquíicultura é a falta de conhecimento sobre o seu valor nutricional e os requerimentos essenciais de seus consumidores (Brown & Robert, 2002).

Atualmente, mais de 40 espécies de microalgas já foram testadas como fonte de alimento para aquíicultura, mas nem todas elas têm condições de suprir as exigências nutritivas ao crescimento de uma única espécie de animal. Alguns critérios nutricionais que as microalgas devem possuir para suprir as exigências animais são: não serem tóxicas, terem o tamanho apropriado para serem ingeridas, digestibilidade da parede celular e possuírem os componentes bioquímicos essenciais (Brown, 1991; Becker, 1995).

Os carboidratos, lipídeos e proteínas presentes nas microalgas são as principais fontes de energia para o crescimento e o desenvolvimento dos animais utilizados na aquíicultura (Fabregas et al., 1985a e 1985b; O'Connor et al., 1992; Poisson & Ergon, 2001), contudo, suas concentrações podem ser influenciadas pelas condições de cultivo como temperatura, luz, salinidade, limitação de nutrientes e a idade da cultura, modificando o seu valor energético (Goldman, 1980; Whyte, 1987; Lourenço et al., 1997; Fidalgo et al., 1998).

No Brasil, a aquíicultura cresce 8% ao ano, apresentando a região nordeste uma produção de 60.128 t.ano⁻¹ em 2002 (Valentini et al., 2000; Vanini, 2003). Trabalhos realizados nesta região estão voltados à produção em massa das microalgas, à descoberta de meios de cultivo para baratear os custos de produção (Oliveira & Koenig, 1984; Koenig et al., 1990a; Melo et al., 1993; Koenig et al., 1998; Renauld et al., 1999) e à estudos ecofisiológicos e bioecológicos (Costa et al., 1994). Em relação à composição química das microalgas, pode-se citar apenas um trabalho (Koenig et al., 1990b), no qual os autores determinaram a composição química de *Tetraselmis tetrathele* cultivada com fertilizante orgânico.

Neste trabalho procurou-se avaliar a composição química de *Chaetoceros gracilis*, *Isochrysis galbana* e *Thalassiosira weissflogii*, cultivadas de acordo com a metodologia utilizada em condições de cultivo em escala comercial, com o objetivo de estimar o conteúdo nutricional das três espécies.

Material e Métodos

Cultivo algal

Chaetoceros gracilis, *Isochrysis galbana* e *Thalassiosira weissflogii* foram cultivadas, na Empresa Aqualider (Praia do Cupe - PE) a partir de tubos de ensaio de 20 mL, em meio F/2 - Guillard (Guillard, 1975). Segundo o procedimento padrão da empresa, após dois dias, dois destes tubos, foram transferidos para um erlenmeyer contendo 160 mL do mesmo meio. Após mais dois dias, o volume do cultivo foi repicado e transferido para garrafas de vidro de 0,5 litro, aeradas; depois do mesmo período, para sacos de plástico de 4 L e, por fim, para sacos de 20 L permanecendo por mais dois dias. Todos os cultivos foram mantidos em condição de iluminação constante (24 horas), utilizando-se duas lâmpadas fluorescentes - tipo luz do dia de 40 W cada uma e temperatura de 18 ±1°C. Para as análises do presente trabalho, amostras de três diferentes sacos de 20 L foram coletadas.

Densidade celular e análises químicas

As amostras para a determinação da densidade celular e dos parâmetros bioquímicos foram retiradas na fase exponencial de crescimento. Para a determinação da densidade celular, uma amostra de cada saco foi coletada e fixada em formol neutro a 4%. No Laboratório de Cultivo de Microalgas da Universidade Federal de Pernambuco, com o auxílio de uma Câmara de Neubauer e microscópio binocular Zeiss, foi determinado o número de células por mL e posteriormente, transformado para células por litro.

As determinações dos parâmetros químicos foram realizadas no laboratório de Bioquímica Vegetal da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Para determinação da concentração de clorofila *a*, foram utilizados 20 mL de cada amostra, os quais foram filtrados com três repetições, em filtros Whatmann GF/F de fibra de vidro, de 47 mm de diâmetro. A extração foi efetuada com acetona a 90% e as leituras foram realizadas em um espectrofotômetro, adotando-se os procedimentos descritos em Becker (1995). O restante do cultivo foi centrifugado a 7000 rpm por 15 minutos. O material precipitado foi recolhido e seco em estufa, até peso constante, à temperatura de 60°C, conforme procedimento recomendado por Bezerra Neto et al. (1994).

Para análise de carboidratos solúveis, proteína solúvel e nitrato, foi pesado 1,0 g do material seco e, posteriormente, dissolvido em 10 mL de água destilada para preparação do extrato. Os carboidratos solúveis foram determinados pelo método descrito por Yemm & Wills (1954). Para tal, foi pipetado para um tubo de ensaio, 200 mL do

extrato e acrescentado 2 mL do reagente antrona, para o desenvolvimento da cor que ocorreu em banho-maria a 100°C por 10 minutos. Em seguida, foram realizadas as leituras espectrofotométricas no comprimento de onda de 620 nm, e comparados os resultados das leituras das amostras com os resultados das leituras de soluções padrões de glucose, na faixa de concentração entre 0 e 300 mg.L⁻¹.

O teor de proteína solúvel foi determinado pelo método de Bradford (1976). Foi recolhido 100 mL do extrato de algas para um tubo de ensaio e acrescentado 2,0 mL do reagente *coomassie* azul brilhante. Após o desenvolvimento da cor, foram realizadas as leituras espectrofotométricas no comprimento de onda de 595 nm, comparando-se os resultados com soluções padrões de albumina bovina (BSA) na faixa de concentração de 0 a 200 mg.L⁻¹. O teor de aminoácidos totais livres foi determinado pelo método descrito por Yemm & Cocking (1955). A análise de nitrato foi realizada pelo método descrito por Cataldo et al. (1975). Foi pipetado 200 mL do extrato para um tubo de ensaio e acrescentado 800 mL do reagente ácido salicílico (a 5% em H₂SO₄). Após 20 minutos foi acrescentado 18 mL de NaOH (2 N), e, em seguida, foram procedidas as leituras espectrofotométricas no comprimento de onda de 410 nm. Os resultados foram comparados com soluções padrões do nitrato na faixa de concentração de 0 a 300 mg.L⁻¹.

Os elementos químicos sódio e magnésio foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, de acordo com a metodologia de Malavolta et al. (1989). O enxofre foi determinado por turbidimetria, segundo Sarruge & Haag (1974); o fósforo pelo método colorimétrico do molibdo-vanadato de amônio e o potássio por fotometria de chama, segundo Bezerra Neto et al. (1994). As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa estatístico SANEST (Sarriés et al., 1992). Inicialmente realizou-se a análise de variância para cada variável estudada. Nos casos em que o teste F mostrou efeito significativo, procedeu-se o teste de Tukey para comparação das médias, ao nível de 5 % de probabilidade.

Tabela 1 - Valores médios (\pm d.p.) dos teores de sais em *Chaetoceros gracilis*, *Isochrysis galbana* e *Thalassiosira weissflogii* cultivadas em saco de plástico com meio f/2 – Guillard (n=3).

Sais	<i>Chaetoceros gracilis</i> mg.L ⁻¹	<i>Isochrysis galbana</i> mg.L ⁻¹	<i>Thalassiosira weissflogii</i> mg.L ⁻¹
Nitrato	0,05 \pm 0,02 ^b	0,15 \pm 0,09 ^a	0,03 \pm 0,01 ^b
Sódio	5,18 ^b	3,75 ^c	6,59 ^a
Potássio	0,55 ^b	0,52 ^c	0,91 ^a
Fósforo	0,13 ^b	0,21 ^a	0,12 \pm 0,001 ^b
Magnésio	2,13 \pm 0,10 ^b	2,90 \pm 0,03 ^a	1,99 \pm 0,07 ^b
Enxofre	0,38 \pm 0,13 ^b	0,56 \pm 0,10 ^{ab}	0,94 \pm 0,05 ^a

Entre as linhas, médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de 5%.

Resultados e Discussões

Chaetoceros gracilis

A densidade celular média de *Chaetoceros gracilis* foi de $2.450 \pm 70,71 \times 10^6$ cel.L⁻¹ (Figura 1), o teor de clorofila *a* foi de $3,74 \pm 0,26$ mg.L⁻¹, o de carboidrato solúvel foi de $0,06 \pm 0,001$ mg.L⁻¹, proteína solúvel foi de $0,03 \pm 0,01$ mg.L⁻¹ e aminoácidos totais livres foi de $2,87 \pm 0,31$ mg.L⁻¹ (Figura 2). Em relação aos teores de sais, nitrato apresentou valores médios de $0,05 \pm 0,02$ mg.L⁻¹; sódio, $5,18$ mg.L⁻¹; potássio, $0,55$ mg.L⁻¹; fósforo, $0,13$ mg.L⁻¹; magnésio, $2,13 \pm 0,10$ mg.L⁻¹ e enxofre, $0,38 \pm 0,13$ mg.L⁻¹ (Tabela 1).

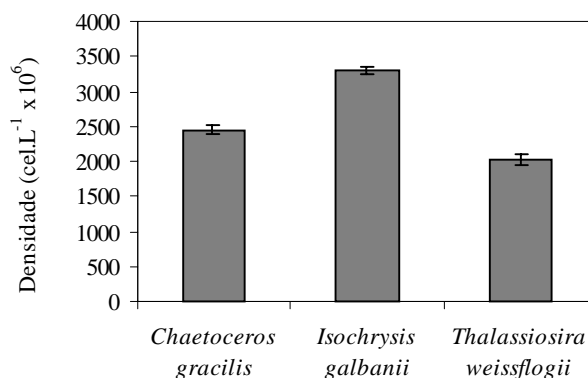


Figura 1 – Densidade celular média (10^6 cel.L⁻¹) de *Chaetoceros gracilis*, *Isochrysis galbana* e *Thalassiosira weissflogii* cultivadas em saco de plástico com meio F/2 - Guillard. Letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%.

Isochrysis galbana

Esta espécie apresentou densidade celular média de $3.295 \pm 47,73 \times 10^6$ cel.L⁻¹ (Figura 1). O teor médio de clorofila *a* foi de $1,87 \pm 0,08$ mg.L⁻¹, o de carboidrato solúvel, $0,09 \pm 0,002$ mg.L⁻¹, o de proteína solúvel, $0,008 \pm 0,005$ mg.L⁻¹ e o de aminoácidos totais livres, $1,78 \pm 0,07$ mg.L⁻¹ (Figura 2). Em relação aos sais, o nitrato apresentou valores médios de $0,15 \pm 0,09$ mg.L⁻¹, sódio de $3,75$ mg.L⁻¹, potássio de $0,52$ mg.L⁻¹, fósforo de $0,21$ mg.L⁻¹, magnésio de $2,90 \pm 0,03$ mg.L⁻¹ e enxofre de $0,56 \pm 0,10$ mg.L⁻¹ (Tabela 1).

Thalassiosira weissflogii

A densidade celular média de *Thalassiosira weissflogii* foi de $2.018 \pm 79,55 \times 10^6$ cel.L⁻¹ (Figura 1), o teor médio de clorofila *a* foi de $0,96 \pm 0,08$ mg.L⁻¹, o de carboidrato solúvel foi de $0,05 \pm 0,001$ mg.L⁻¹ e o de proteína solúvel foi de $0,002$ mg.L⁻¹ e o de aminoácidos totais livres foi de $3,54 \pm 0,60$ mg.L⁻¹ (Figura 2). Para os sais, obteve-se valores médios de $0,03 \pm 0,01$ mg.L⁻¹ para o nitrato, $6,59$ mg.L⁻¹ para o sódio, $0,91$ mg.L⁻¹ para o potássio, $0,12 \pm 0,001$ mg.L⁻¹ para o fósforo, $1,99 \pm 0,07$ mg.L⁻¹ para o magnésio e $0,94 \pm 0,05$ mg.L⁻¹ para o enxofre (Tabela 1).

Segundo Becker (1995) a densidade celular, os teores de clorofila *a* e de proteína são parâmetros úteis para determinar a produtividade do cultivo. Entretanto, fatores como luz, temperatura de cultivo, salinidade, disponibilidade de nutrientes, pH do meio de cultivo, tempo de cultivo, entre outros, são fatores que alteram a composição nutricional das algas (Goldman, 1980; Whyte, 1987; Lourenço et al., 1997; Fidalgo et al., 1998).

De acordo com os dados encontrados, *I. galbana* apresentou a maior densidade celular ($3.295 \pm 47,73 \times 10^6$

cel.L⁻¹), com diferença significativa superior as demais espécies ($P < 0,05$). Estes valores são menores do que aqueles encontrados, normalmente, na literatura (Yamashita & Magalhães, 1984; Brown, 1991; Nelson et al., 1992; Brown et al., 1997; Fidalgo et al., 1998; Renaud et al., 1999), devido à fase de cultivo analisada, já que as contagens foram realizadas no início da fase exponencial, onde as células ainda estão no início de seu desenvolvimento. Os autores acima citados analisaram amostras no final da fase exponencial de cultivo, onde as células já se duplicaram e se desenvolveram ao máximo.

Em relação ao teor clorofila *a*, houve diferença significativa entre as três espécies ($P < 0,05$), onde *C. gracilis* apresentou o maior valor ($3,74 \pm 0,26$ mg.L⁻¹ ou $1,53$ pg.cel⁻¹), seguida por *I. galbana* ($1,87 \pm 0,08$ mg.L⁻¹ ou $0,57$ pg.cel⁻¹) e por *T. weissflogii* com o menor valor ($0,96 \pm 0,08$ mg.L⁻¹ ou $0,48$ pg.cel⁻¹). Os teores determinados neste trabalho são superiores aos determinados por Brown (1991), que cultivando *C. gracilis* em meio f/2, o teor de clorofila *a* foi de $0,78$ pg.cel⁻¹. Em relação a *I. galbana*, o teor de clorofila *a* esta muito abaixo do determinado pela literatura mundial,

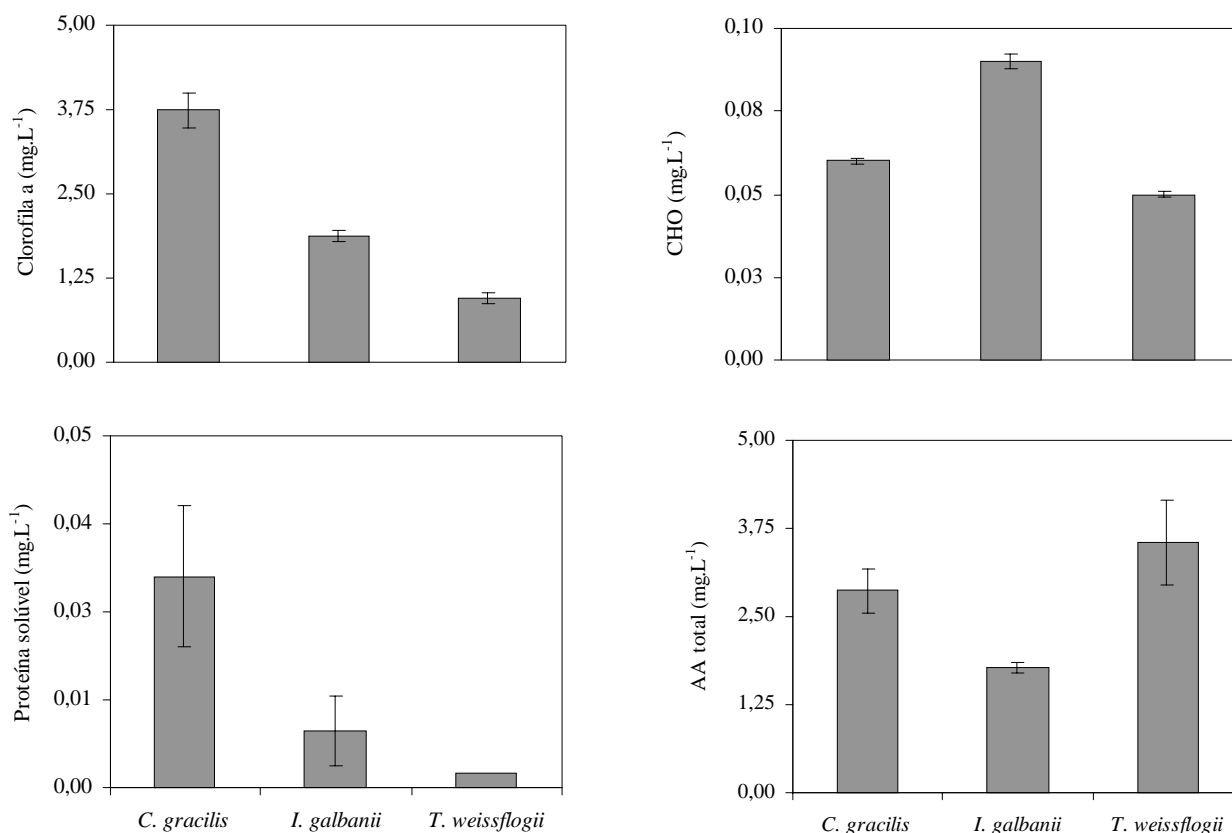


Figura 2 - Valores médios de Clorofila *a*, carboidratos solúveis (CHO), aminoácidos totais livres (AA total) e proteína solúvel de *Chaetoceros gracilis*, *Isochrysis galbana* e *Thalassiosira weissflogii* cultivadas em saco de plástico com meio f/2 - Guillard. Letras distintas diferem entre si ao nível de significância de 5%.

tais como, Fabregas et al. (1985b) – 209 a 387 mg.L⁻¹, Fabregas et al. (1986) – 0,21 – 0,22 pg.cel⁻¹ e Nelson et al. (1992) cultivando *I. galbana* também em meio F/2, o teor de clorofila *a* foi de 2,40 mg.L⁻¹. Todos realizaram suas medições no final da fase Log de crescimento. Já Valenzuela-Espinoza et al. (2002) encontraram valor inferior ao aqui determinado, 0,1 pg.cel⁻¹, cultivando *I. galbana* em meio f/2 em saco plástico de 18 litros, no segundo dia de cultivo.

As microalgas produzem uma ampla variação de carboidratos que, na sua maioria, são produtos de reserva (amido, crisolaminarina, paramido) ou atuam no equilíbrio osmótico, além de possuírem um alto valor calórico, constituindo uma valiosa fonte energética para os consumidores (Chu et al., 1982; Brown et al., 1997). No presente trabalho, *I. galbana* apresentou o maior valor de carboidrato solúvel (0,09 mg.L⁻¹), seguida por *C. gracilis* (0,06 mg.L⁻¹) e por *T. weissflogii* (0,05 mg.L⁻¹) com diferenças altamente significativas entre as três espécies (P<0,05). Esses baixos valores provavelmente indicam que as células possuem um baixo estoque de material de reserva, o que é característico da fase analisada. Estes dados estão de acordo com a literatura (Becker, 1995; Renaud et al., 1999; Valenzuela-Espinoza et al., 2002) onde afirmam que o teor de proteínas é maior durante a fase exponencial e o teor de carboidrato é maior durante a fase estacionária, quando, as células são mais velhas. Outro fator que pode ter influenciado está baixa produtividade foi a temperatura de cultivo (18°C). Segundo Renaud et al. (2002) o máximo de produtividade de *C. gracilis* e *I. galbana* está entre 25 - 30°C.

Em relação ao teor de proteína solúvel, *C. gracilis* apresentou maior teor (0,03 ± 0,001 mg.L⁻¹ ou 0,01 pg.cel⁻¹), com diferença significativa entre as demais espécies (P<0,05), seguida por *I. galbana* (0,01 ± 0,005 mg.L⁻¹ ou 0,002 pg.cel⁻¹) e por *T. weissflogii* (0,002 mg.L⁻¹ ou 0,001 pg.cel⁻¹). Esses valores estão muito abaixo dos determinados pela literatura mundial, como Fabregas et al. (1985b) cultivando *I. galbana* na fase estacionária (4,1 – 291,8 mg.L⁻¹), Fabregas et al. (1986) cultivando *I. galbana* na fase log (5,12 – 5,65 pg.cel⁻¹) e Valenzuela-Espinoza et al (2002) para *I. galbana*, no segundo dia de cultivo, o teor de proteína foi de 4 pg.cel⁻¹. O baixo valor protéico de *I. galbana* pode ter sido influenciado pela temperatura de cultivo (aprox. 18°C), pois, segundo Renaud et al. (2002), esta espécie apresenta os maiores valores protéicos quando cultivada entre 25 – 27°C.

A qualidade nutricional de uma proteína é indicada pelos tipos de aminoácidos que a compõe, suas proporções e a disponibilidade destes. Para as espécies analisadas, os teores de aminoácidos totais livres seguiram o mesmo

padrão do teor de proteína solúvel: *C. gracilis* (2,87 ± 0,31 mg.L⁻¹), *I. galbana* (1,78 ± 0,07 mg.L⁻¹) e *T. weissflogii* (3,54 ± 0,60 mg.L⁻¹), havendo diferença altamente significativa de *T. weissflogii* (P<0,05).

Para um ótimo desempenho do cultivo, vários nutrientes são essenciais ao desenvolvimento algal. Uns são determinados de macronutrientes ou nutrientes essenciais, geralmente encontrados em quantidades significativas (oxigênio, nitrogênio, hidrogênio, fósforo, cálcio, magnésio, potássio e enxofre) e os micronutrientes ou requeridos em pequenas quantidades pelo organismo (ferro, boro, cobre, zinco, vanádio, molibdênio e sódio) (Sipaúba-Tavares & Rocha, 2003).

A capacidade das algas em utilizar o nitrogênio sob forma orgânica depende de sua possibilidade de assimilar o composto inteiro, ou de desaminá-lo e utilizar a amônia formada. Já o fósforo é um dos macronutrientes mais importante, freqüentemente, limita o crescimento das algas na natureza, por ocorrer em baixas concentrações. Associado ao fósforo e nitrogênio, o enxofre é vital às células vegetais por entrar na constituição de alguns aminoácidos essenciais (metionina, cisteína e cistina), vitaminas e sulfolipídios (Becker, 1995).

A real função do cálcio nas células algais ainda precisa ser bem esclarecida, embora íons de cálcio tenham importante papel na manutenção da plasmalema, na formação de sais com colóides e na precipitação de CaCO₃. Os íons de sódio são essenciais à fixação de nitrogênio para a transformação molecular do nitrogênio em amônia. Devido a semelhanças químicas entre o sódio e o potássio, tem-se admitido que o sódio substitui o potássio, em algumas situações. Porém, cultivos com deficiência de potássio, apresentam células com decréscimo no crescimento e na taxa fotossintética e aumento na taxa respiratória. Além de sua importância na fotossíntese, o magnésio tem outras funções essenciais à célula como, agregação de ribossomos em unidades funcionais e formação da catalase. A sua relação com o cálcio também influencia na divisão algal (Becker, 1995).

Em relação aos teores de sais, *I. galbana* apresentou os maiores teores de nitrato, fósforo e magnésio com diferenças significativas superiores às demais espécies (P<0,05) e *T. weissflogii* apresentou os maiores valores para sódio (P<0,05), potássio (P<0,05) e enxofre (P<0,05) (Tabela 1). Como era de se esperar, os teores de sódio e magnésio foram os maiores nas três espécies, provavelmente devido à disponibilidade destes sais, já que o cultivo é realizado com água do mar e estes elementos constituem a maior parte dos sais marinhos na forma de NaCl e MgCl₂ (Becker, 1995).

Conclusões

As diferenças no conteúdo da biomassa, número de células por litro, quantidade de proteína e carboidrato solúveis, aminoácido totais livres e sais, nas microalgas *Chaetoceros gracilis*, *Isochrysis galbana* e *Thalassiosira weissflogii* foram bastante significativas, comprovando-se que as espécies, apesar de cultivadas nas mesmas condições, produzem diferentes teores de componentes químicos.

No caso de cultivo em meio f/2 - Guillard em saco de plástico de 20 litros, a espécie que apresentou o melhor rendimento foi *C. gracilis*, que produziu elevados teores de clorofila *a*, proteína e carboidratos solúveis e aminoácidos totais livres, representando uma espécie com perspectivas para aproveitamento na aquicultura. A espécie *T. weissflogii* apresentou o menor rendimento, tendo produzido valores significativamente mais baixos nos compostos analisados.

Os baixos teores de carboidratos e proteínas solúveis e de aminoácidos totais determinados para as espécies, quando comparados com a bibliografia mundial, pode ter sido ocasionado pela baixa temperatura de cultivo.

Agradecimentos

A Empresa Aqualider, pelo fornecimento do material para as análises, ao CNPq, pela concessão de dois anos de bolsa, às universidades Federal de Pernambuco e Federal Rural de Pernambuco, pelo apoio e incentivo ao trabalho.

Referências Bibliográficas

- BECKER, E W. **Microalgae**: biotechnology and microbiology. New York: Cambridge University Press, 1995. 293p.
- BEZERRA NETO, E.; ANDRADE, A. G.; BARRETO, L. P. **Análise química de tecidos e produtos vegetais**. Recife: UFRPE, 1994. 99p.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principles of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v.72, p.248–254, 1976.
- BROWN, M. R. The amino-acid and sugar composition of 16 species of microalgae used in mariculture, **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 145, p.79-99, 1991.
- BROWN, M. R.; JEFFREY, S. W.; VOLKMAN, J. K.; DUNSTAN, G. A. Nutritional properties of microalgae for mariculture, **Aquaculture**, v.151, p.315–331, 1997.
- BROWN, M.; ROBERT, R. Preparation and assessment of microalgal concentrates as feeds for larval and juvenile Pacific oyster (*Crassostrea gigas*), **Aquaculture**, v.207, p.289–309, 2002.
- CATALDO, D. A.; HARRON, M.; SCHRADER, L.; YOUNGS, V. L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant and tissue by nitration of salicylic acid, **Commun. Soil Science and Plant Analysis**, v.6, p.71–80, 1975.
- CHU, F. L. E.; DUPUY, J. L.; WEBB, K. L. Polysaccharide composition of five algal species used as food for larvae of the american oyster, *Crassostrea virginica*, **Aquaculture**, v.29, p.241–252, 1982.
- COSTA, R. A. A. M.; KOENING, M. L.; FEITOSA, F. A. N. Influência de diversas concentrações de cloro nas populações fitoplanctônicas do estuário do rio Botafogo (Itamaracá - PE), **Arquivo de Biologia Tecnologia**, v. 37, p. 877–888, 1994.
- De PAUWN, N.; PERSOONE, G. Micro-algae for aquaculture. In: BOROWITZKA, M. A.; BOROWITZKA, L. J. (Ed.) **Micro-algal Biotechnology**. Sydney: Cambridge University Press, 1988. 477p.
- FABREGAS, J., HERRERO, C.; CABEZAS, B.; ABALDE, J. Mass culture and biochemical variability of the marine microalgae *Tetraselmis suecica* (Kylin) Butch with high nutrients concentrations, **Aquaculture**, v.49, p.231-244, 1985a.
- FABREGAS, J.; HERRERO, C.; ABALDE, J.; CABEZAS, B. Growth, chlorophyll *a* and protein of the marine microalgae *Isochrysis galbana* in batch cultures with different salinities and high nutrient concentrations, **Aquaculture**, v.50, p.1-11, 1985b.
- FABREGAS, J.; HERRERO, C.; CABEZAS, B. AND ABALDE, J. Biomass production and biochemical composition in mass cultures of the marine microalga *Isochrysis galbana* Parke at varying nutrient concentrations. **Aquaculture**. v.53, p.101–113, 1986.
- FIDALGO, J. P., CID, A.; TORRES, E.; SUKENIK, A.; HERRERO, C. Effects of nitrogen source and growth phase on proximate biochemical composition, lipid classes and fatty acid profile of the marine microalgae *Isochrysis galbana*. **Aquaculture**, v.166, p.105–116, 1998.
- GOLDMAN, J. C. Physiological aspects in algal mass cultures. In: SHELEF, G.; SOEDER, C. J. (Ed.), **Algae biomass**. Amsterdam: Elsevier/North Holland Biomedical Press, 1980, p.343-359.
- GUILLARD, R. L. Culture of phytoplankton for feeding marine invertebrates, **Culture of Marine Invertebrate Animal**. p.29–60, 1975.
- KOENING, M. L.; LACERDA, S. R.; PASSAVANTE, J. Z. O. Cultivo em laboratório de *Tetraselmis chuii* e *Tetraselmis tetrahele* (Chlorophyceae) com fertilizantes orgânicos, **Arquivo de Biologia Tecnologia**, v. 33, p.91 – 103, 1990a.
- KOENING, M. L.; MAIA, P. R.; CAMPOS-TAKAKI, G. M. Composição bioquímica de *Tetraselmis tetrahele* (West. G. S) Butcher (Chlorophyceae) cultivada com fertilizante orgânico, **Revista Biológica Brasileira**, v.2, p.23–38. 1990b.
- KOENING, M. L.; PASSAVANTE, J. Z. O.; BARTOLOMEU, C. C.; COSTA, K. M. P. O vinhoto no cultivo de microalgas. **Gayana**, v.45, p.253–263, 1998.

- LOURENÇO, S. O.; MARQUEZ, U. M. L.; MANCINI-FILHO, J.; BARBARINO E., AIDAR E., Changes in biochemical profile of *Tetraselmis gracilis* I. Comparison of two culture media, **Aquaculture**, v.148, p.153–158, 1997.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.; OLIVIERA, S. A., **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**, Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 210p.
- MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ, E.; ACOSTA-SALMÓN, H.; RANGEL-DÁVLOS, C. Ingestion and digestion of 10 species of microalgae by winged pearl oyster *Pteria sterna* (Gould, 1851) larvae. **Aquaculture**, v.230, p.417–423, 2004.
- MELO, G. N.; SASSI, R.; ARAÚJO, T. F. H. Crescimento de *Phaeodactylum tricornutum* BOHLIN (Bacillariophyta) em água do mar enriquecida com soluções derivadas a decomposição de algas arribadas com meio de cultura, **Revista Nordestina de Biologia**, v.8, p.45–53, 1993.
- NELSON, J. R.; GUARDA, S.; COWELL, L. E.; HEFFERNAN, P. B. Evaluation of microalgal clones for mass culture in a subtropical greenhouse bivalve hatchery: growth rates and biochemical composition at 30 °C, **Aquaculture**, v.106, p.357–377, 1992.
- O'CONNOR, W. A.; NELL, J. A.; DIEMAR, J. A. The evaluation of twelve algal species as food for juvenile Sydney rock oyster *Saccostrea commercialis* (Iredale & Roughley). **Aquaculture**, v.108, p.277–283, 1992.
- OLIVEIRA, A. A. G.; KOENING, M. L. Crescimento exponencial de *Tetraselmis chunii* com fertilizantes orgânicos, **Arquivo de Biologia Tecnologia**, v.27, p.293 – 298, 1984.
- POISSON L.; ERGAN, F. Docosahexaenoic acid ethyl esters from *Isochrysis galbana*, **Journal of Biotechnology**, v.91, p.75–81, 2001.
- RENAUD, S. M.; THINH, L.; PARRY, D. L. The gross chemical composition and fatty acid composition of 18 species of tropical Australian microalgae for possible use in mariculture, **Aquaculture**, v.170, p.147–159, 1999.
- RENAUD, S. M.; LUONG-VAN, T.; LAMBRINIDIS, G.; PARRY D. L. Effect of temperature on growth, chemical composition and fatty acid composition of tropical Australian microalgae grown in batch cultures. **Aquaculture**, v.211, p.195-214, 2002.
- SARRIÉS, G. A.; OLIVEIRA, J. C. V.; ALVES, M. C. SANEST., Piracicaba: Centro de Informática da Universidade de São Paulo, 1992. 70p. (Série didática nº 6).
- SARRUGE, J. R. S.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: USP-ESALQ, 1974. 65 p.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; ROCHA, O. **Produção de plâncton (fitoplâncton e zooplâncton) para alimentação de organismos aquáticos**. São Carlos: RiMa, 2003. 106p.
- VALENTINI, W. C.; POLI, R. R., PEREIRA, J. A.; BORGHETTI, J. R. **Aqüicultura no Brasil: bases para um desenvolvimento sustentável**. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2000. 399p.
- VALENZUELA-ESPINOZA, E.; MILLÁN-NÚÑEZ, R.; NÚÑEZ-CEBRERO, F. Protein, carbohydrate, lipid and chlorophyll *a* content in *Isochrysis* aff. *galbana* (clone T-Isso) cultured with a low cost alternative to the f/2 medium, **Aquacultural engineering**, v.25, p.207–216, 2002.
- VANINI, S. T. Criação de camarão: um prato indigesto ao povo brasileiro. In: REDEMANGLAR BOLETÍN, 2., 2003, Ecuador. **Anais eletrônico...** Disponível em <<http://www.redmanglar.org/ebol2/docs/boletin2dic03.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2005.
- WHYTE, J. N. C. Biochemical composition and energy content of six species of phytoplankton used in mariculture of bivalves. **Aquaculture**, v.60, p.231–241, 1987.
- YAMASHITA, C.; MAGALHÃES, P. M. S. **Meios de cultura para a alga *Chaetoceros gracilis***, EMPARN, 1984. 18p. (Boletim de Pesquisa n. 7).
- YEMM, E. W.; COCKING, E. C. The determination of aminoacids with ninhydrin. **Analyst**, v.80, p.209–213, 1955.
- YEMM, E. W.; WILLS, A. J. The estimation of carbohydrates by anthrone, **Biochemical Journal**, v.57, p.508–514, 1954.