

Teores de α -caroteno e β -caroteno em macroalgas marinhas desidratadas¹

α -Carotene and β -carotene contents in dried marine macroalgae

Kelma Maria dos Santos Pires², Daniel Barroso de Alencar³, Márcia Barbosa de Sousa⁴, Alexandre Holanda Sampaio⁵ e Silvana Saker-Sampaio⁶

Resumo - As algas marinhas são de interesse nutricional, pois apresentam baixo valor calórico, sendo ricas em vitaminas, minerais e fibras dietárias. Os carotenóides consistem em um grupo de pigmentos naturais com mais de setecentos diferentes compostos já caracterizados, dos quais aproximadamente cinquenta têm atividade de vitamina A, sendo o β -caroteno o que possui maior atividade biológica. Catorze espécies de macroalgas marinhas pertencentes às divisões Chlorophyta, Rhodophyta e Phaeophyta foram analisadas quanto ao conteúdo de carotenóides provitamina A. A análise dos carotenóides foi realizada a partir da extração da alga em MeOH-H₂O (90:10, v/v), seguida de saponificação e partição em *n*-hexano. As análises cromatográficas foram realizadas em coluna Spherisorb S5 ODS 2 (4,6 x 250 mm), com MeOH-THF (90:10, v/v), com um fluxo de 2 mL min⁻¹ e absorvância de 450 nm. Dentre as algas estudadas, as espécies pertencentes à divisão Chlorophyta apresentaram maiores concentrações de carotenóides provitamina A.

Palavras-chave: Carotenóides. Retinol. CLAE

Abstract - The nutritional concern for marine macroalgae is due to their low caloric value and high content of vitamins, minerals and dietary fibers. Carotenoids consist of a group of natural pigments. Over 700 have been already identified and classified and approximately 50 show vitamin A activity; however, β -carotene exhibits the highest biological activity. Fourteen species of marine macroalgae, belonging to Chlorophyta, Rhodophyta e Phaeophyta, have been analyzed for their provitamin A carotenoid content. The alga extraction was carried out in MeOH-H₂O (90:10, v/v), followed by saponification and partitioning in *n*-hexane. The column Spherisorb S5 ODS 2 (4.6 x 250 mm) was used with MeOH-THF (90:10, v/v), delivered at 2 mL min⁻¹ and detection at 450 nm. Among the studied species, the highest contents of provitamin A carotenoids have been found in green marine macroalgae.

Key words: Carotenoids. Retinol. HPLC

¹ Recebido para publicação em 17/08/2007; aprovado em 14/01/2008

Parte de Monografia de Graduação apresentada em 2005 pelo primeiro autor ao DEP/CCA/UFC. Apoio financeiro: CNPq

² Eng. de Pesca, estudante de Mestrado, bolsista FUNCAP, DEP/CCA/UFC, CP 6043, CEP: 60.455-970, kelmapires@gmail.com

³ Estudante de Graduação em Engenharia de Pesca, bolsista PIBIC-CNPq, DEP/CCA/UFC, daniellpesca@gmail.com

⁴ Bióloga, estudante de Doutorado, bolsista FUNCAP/CAPES, DEP/CCA/UFC, marciabiol@gmail.com

⁵ Engenheiro de Pesca, Ph. D., bolsista do CNPq, Professor Associado DEP/CCA/UFC, sampaioa@ufc.br

⁶ Eng. de Pesca, Ph. D., Professor Associado DEP/CCA/UFC, sakersil@gmail.com

Introdução

As algas são amplamente utilizadas nas indústrias alimentícia, farmacêutica, de cosméticos e também na área de biotecnologia (McHUGH, 2003). O interesse nutricional está baseado em seu reduzido valor calórico e elevado teor de vitaminas, minerais e fibras dietárias (ITO; HORI, 1989). Muitas algas marinhas comestíveis são encontradas no mercado sob a forma de produto desidratado como, por exemplo, *Palmaria palmata* (Linnaeus) Kuntze “dulse”, *Porphyra* spp Agardh “nori”, *Laminaria japonica* J.E. Areschoug “kombu” e *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar “wakame”.

Os carotenóides são classificados em carotenos e xantofilas. Os carotenos são hidrocarbonetos poliênicos com variados graus de insaturação e as xantofilas são sintetizadas a partir dos carotenos, por meio de reações de hidroxilação e epoxilação (AMBRÓSIO et al., 2006). São encontrados predominantemente na forma *all-trans* e, devido à extraordinária facilidade de isomerização *cis-trans*, a existência de isômeros *cis* é mais difícil de ser revelada (OLSON; KRINSKY, 1995). De coloração amarela, laranja ou vermelha, os carotenóides consistem em um dos mais importantes grupos de pigmentos naturais devido a sua grande distribuição, diversidade estrutural e numerosas funções. São sintetizados por bactérias, fungos e vegetais, incluindo as algas, e incorporados nos tecidos animais através de suas dietas, sendo utilizados como antioxidantes e fontes de vitamina A (STAHL; SIES, 2003; TAPIERO et al., 2004). Esse grupo abriga mais de setecentos compostos já descritos e caracterizados (HORNERO-MÉNDEZ; BRITTON, 2002), dentre os quais aproximadamente cinquenta possuem atividade de vitamina A, sendo o β -caroteno aquele que possui maior atividade biológica (AMBRÓSIO et al., 2006). No organismo humano, uma molécula de β -caroteno pode teoricamente produzir duas moléculas de retinol. Com relação aos demais carotenóides provitamina A (α -caroteno e β -criptoxantina), apenas uma molécula de retinol é formada. Essa diferença reside no número de anéis β -ionona insubstituíveis presentes na molécula; dois no β -caroteno e apenas um nos demais carotenóides provitamina A (GOODWIN, 1986).

Apesar da atividade provitamínica, os carotenóides precursores de vitamina A não são considerados micronutrientes essenciais, não existindo uma ingestão diária recomendada (IDR) específica. Contudo, eles são levados em consideração no cômputo geral da atividade de vitamina A dos alimentos (BRITTON, 1995). A quantidade total de vitamina A presente em um alimento referida como retinol equivalente (RE) é determinada pelo teor de

retinol ou substâncias químicas muito similares, mas não tão ativas quanto o retinol e uma gama de carotenos de atividade variável. Segundo a Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) Nº 269, de 22 de setembro de 2005, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, do Ministério da Saúde, que trata da IDR de vitaminas, minerais e proteínas para indivíduos e diferentes grupos populacionais, a IDR de vitamina A consiste em 600 mg de RE para adultos. Cada 1 mg de β -caroteno corresponde a 0,167 mg de RE e cada 1 mg de outros carotenóides provitamina A, a 0,084 mg de RE (BRASIL, 2005). Os alimentos podem ser considerados fontes excelentes ou úteis de um determinado nutriente quando a ingestão de uma porção razoável fornecer $1/2$ ou $1/6$ da IDR, respectivamente (RICHARDSON, 1993).

Retinóides e carotenóides são suscetíveis à oxidação, particularmente quando expostos à luz e calor em atmosfera úmida e na ausência de agentes redutores ou outros estabilizadores (OLSON, 1991). Assim, é preciso cuidado na preparação e armazenamento de produtos alimentícios ricos nesses compostos, para prevenir sua oxidação a formas inativas.

O objetivo deste trabalho foi determinar os teores de α -caroteno, β -caroteno e retinol equivalente em algas marinhas desidratadas, assim como classificá-las como fontes excelentes ou úteis, com base na IDR de vitamina A.

Material e Métodos

Catorze espécies de algas marinhas pertencentes às divisões Chlorophyta, Rhodophyta e Phaeophyta foram coletadas durante a maré baixa na Praia do Guajiru, Trairi-CE, em julho de 2004 e levadas para o laboratório, onde foram lavadas em água corrente para remoção de impurezas e epífitas macroscópicas. As algas foram identificadas de acordo com Joly (1965) e um exemplar de cada espécie coletada foi herborizado e incorporado ao acervo do Herbário Prisco Bezerra, da Universidade Federal do Ceará, sob os números 040779 a 040792. Posteriormente, o material foi desidratado em estufa a 40 °C por aproximadamente quinze horas.

β -Caroteno tipo I *all trans*, sintético aproximadamente 95% (C-9750) foi obtido da Sigma, Estados Unidos. Os solventes, metanol (MeOH), *n*-hexano e tetrahydrofurano (THF), grau HPLC, foram obtidos da OmniSolv, Merck, Alemanha e usados na preparação dos padrões e nas análises cromatográficas. Todas as soluções foram preparadas utilizando-se água ultrapura, obtida através do sistema Milli-Q (Millipore, Estados Unidos).

As análises de α -caroteno e β -caroteno foram realizadas, em triplicata, a partir da extração de 500 mg da alga

desidratada e triturada em 10 mL de MeOH-H₂O (90:10, v/v) contendo 5% de hidróxido de potássio (KOH). A saponificação foi procedida em banho-maria a 70 °C por 30 minutos, seguida de partição do material não-saponificável em *n*-hexano.

Uma alíquota da fase hexânica foi evaporada sob corrente de ar e o resíduo foi suspenso em MeOH no momento da análise cromatográfica em coluna Spherisorb S5 ODS2 (4,6 x 250 mm) e MeOH-THF (90:10, v/v) como fase móvel, com fluxo de 2 mL min⁻¹. Alíquotas de 100 μ L do resíduo suspenso foram injetadas e os cromatogramas registrados em 450 nm.

As concentrações de α -caroteno e β -caroteno nos extratos de alga foram calculadas com base no padrão de 10 mg de β -caroteno processado (saponificação e partição), levando-se em conta a área do pico obtido para a solução padrão de β -caroteno e a área do pico referente ao α -caroteno ou β -caroteno no extrato de alga, de acordo com a fórmula abaixo:

$$\mu\text{g g}^{-1} = \frac{\text{área amostra}}{\text{área padrão}} \times \mu\text{g padrão} \times \frac{1 \text{ g}}{\text{g alga}}$$

O uso do β -caroteno como padrão para a quantificação de α -caroteno foi considerado válido porque as áreas dos picos correspondentes a 10 mg de α -caroteno e a 10 mg de β -caroteno não apresentaram diferença estatisticamente significativa ($p > 0,05$) (SAKER-SAMPAIO, 1997).

O teor de retinol equivalente foi calculado com base nas concentrações de α - e β -caroteno nos extratos das algas, levando-se em consideração a legislação brasileira vigente (BRASIL, 2005). As algas analisadas também foram classificadas como fontes excelentes ou úteis de vitamina A de acordo com Richardson (1993).

Resultados e Discussões

A relação entre a área do pico e a quantidade de β -caroteno aplicado na coluna foi estabelecida para o padrão de β -caroteno processado (saponificação e partição). Tendo em vista a existência de correlação linear ($r = 0,9997$, $p < 0,05$) entre a área do pico e a concentração de β -caroteno ($y = 11,402 + 156,426 x$, $n = 4$) no intervalo de 10 a 200 mg, correspondente a aproximadamente 0,1 a 2,0 mg na coluna, sua quantificação nos extratos das algas foi possível.

A tabela 1 apresenta os conteúdos de α -caroteno, β -caroteno e retinol equivalente, expressos em mg g⁻¹ peso seco, nos extratos das algas marinhas analisadas neste trabalho.

Todas as espécies de Chlorophyta analisadas apresentaram α -caroteno e β -caroteno. A quantidade de α -caroteno (mg g⁻¹ peso seco) variou de $0,363 \pm 0,322$ a $28,330 \pm 1,554$ e a de β -caroteno (mg g⁻¹ peso seco) variou de $1,182 \pm 0,204$ a $20,611 \pm 1,239$. Os valores mínimos de α -caroteno e β -caroteno foram detectados nos extratos de *Codium isthmocladum* e os máximos naqueles de *Caulerpa mexicana*, que exibiu dezessete vezes mais β -caroteno e 78 vezes mais α -caroteno do que *C. isthmocladum*. O conteúdo de retinol equivalente (mg g⁻¹ peso seco) variou de $0,227 \pm 0,061$ a $5,796 \pm 0,336$, sendo mínimo em *C. isthmocladum* e máximo em *C. mexicana*. Dentre as cinco espécies de Chlorophyta estudadas, apenas *C. mexicana* e *C. racemosa* apresentaram teor de α -caroteno maior que β -caroteno. Nas demais, o conteúdo de β -caroteno foi superior ao de α -caroteno.

Maciel da Silva (2003) determinou os teores de α -caroteno e β -caroteno em algumas espécies de clorófitas coletadas na Praia do Pacheco e encontrou, respectivamente, variações de 3,2 a 45,1 mg g⁻¹ peso seco e de 3,9 a 26,1 mg g⁻¹ peso seco. Da mesma forma, Sousa (2005) quantificou α -caroteno e β -caroteno em sete espécies de clorófitas coletadas na Praia de Guajiru, tendo também encontrado uma variação marcante nos teores de α -caroteno (0,8 a 39,7 mg g⁻¹ peso fresco) e moderada nos de β -caroteno (2,3 a 26,7 mg g⁻¹ peso fresco). Contrariamente ao encontrado no presente trabalho, Maciel da Silva (2003) não detectou β -caroteno nos extratos de *Caulerpa cupressoides* e *C. mexicana*. Vale ressaltar que, no presente trabalho, a máxima concentração de β -caroteno foi encontrada em *C. mexicana*.

Essas diferenças provavelmente podem ser explicadas pelo fato de a distribuição e o teor dos carotenóides nos vegetais dependerem da espécie, estágio de maturação da planta, estágio do ciclo de vida, método de cultivo, efeitos climáticos, manipulação na colheita e até mesmo de partes da planta (HART; SCOTT, 1995; SÁ; RODRIGUEZ-AMAYA, 2003). Nas algas marinhas, cuja distribuição no ambiente está em função das marés, é muito razoável que as clorófitas sintetizem mais carotenóides, que dentre outras funções, desempenham o papel de proteger os vegetais contra os danos da fotoxidação, por permanecerem expostas à radiação solar por períodos mais prolongados.

Com base na quantidade de retinol equivalente (mg g⁻¹), as clorófitas estudadas neste trabalho seriam consideradas fontes excelentes, se fossem consumidas porções diárias de alga seca de aproximadamente 52 g de *Caulerpa mexicana* (a mais rica) ou 1.322 g de *Codium isthmocladum* (a mais pobre). O consumo diário de por-

Tabela 1 - Teores de α -caroteno, β -caroteno e retinol equivalente (mg g⁻¹ peso seco) nos extratos das algas marinhas pertencentes às divisões Chlorophyta, Rhodophyta e Phaeophyta, coletadas na Praia do Guajiru, Trairi-CE, em julho de 2004

| Espécies de algas | α -caroteno | β -caroteno | Retinol equivalente |
|---|--------------------|-------------------|---------------------|
| Chlorophyta | | | |
| <i>Caulerpa cupressoides</i> (M. Vahl) C. Agardh | 0,833 ± 0,198 | 1,500 ± 0,426 | 0,319 ± 0,088 |
| <i>C. mexicana</i> Sonder ex Kützing | 28,330 ± 1,554 | 20,611 ± 1,239 | 5,796 ± 0,336 |
| <i>C. racemosa</i> (Forsskål) J. Agardh | 5,988 ± 0,950 | 3,287 ± 0,307 | 1,047 ± 0,130 |
| <i>Cladophora prolifera</i> (Roth) Kützing | 2,621 ± 4,027 | 6,878 ± 4,923 | 1,365 ± 1,156 |
| <i>Codium isthmocladum</i> Vickers | 0,363 ± 0,322 | 1,182 ± 0,204 | 0,227 ± 0,061 |
| Rhodophyta | | | |
| <i>Bryothamnion seaforthii</i> (Turner) Kützing | - | 4,024 ± 2,482 | 0,671 ± 0,414 |
| <i>B. triquetrum</i> (S.G. Gmelin) M.A. Howe | 0,311 ± 0,115 | 2,534 ± 0,309 | 0,448 ± 0,061 |
| <i>Enantiocladia duperreyi</i> (C. Agardh) Falkenberg | 1,535 ± 0,168 | 2,036 ± 0,198 | 0,467 ± 0,047 |
| <i>Gracilaria birdiae</i> Palastino & Oliveira | - | 1,925 ± 0,306 | 0,321 ± 0,051 |
| Phaeophyta | | | |
| <i>Dictyopteris delicatula</i> J.V. Lamouroux | - | 1,021 ± 1,240 | 0,170 ± 0,207 |
| <i>Dictyota dichotoma</i> (Hudson) J.V. Lamouroux | - | 7,259 ± 0,556 | 1,210 ± 0,093 |
| <i>Lobophora variegata</i> Lamouroux | - | 2,238 ± 0,388 | 0,373 ± 0,065 |
| <i>Padina gymnospora</i> (Kützing) Sonder | - | 3,552 ± 0,306 | 0,592 ± 0,051 |
| <i>Sargassum cymosum</i> C. Agardh | - | 3,076 ± 1,254 | 0,513 ± 0,209 |

ções desidratadas equivalentes a 17 g de *C. mexicana* e a 440 g de *C. isthmocladum* forneceria $1/6$ da IDR, o que permitiria classificá-las como fontes úteis de vitamina A. Doze espécies de macroalgas verdes de água doce foram analisadas e as concentrações máxima e mínima de β -caroteno foram 2,49 mg g⁻¹ e 0,24 mg g⁻¹ peso seco para as espécies, *Chara contraria* A. Braun ex Kützing e *C. hispida* Linnaeus, respectivamente (SCHAGERL; PICHLER, 2000). Esses teores são considerados elevados e o consumo diário de 0,12 g de *C. contraria* ou 1,25 g de *C. hispida* seria suficiente para fornecer a metade da IDR de vitamina A e classificá-las como fontes excelentes desse micronutriente.

Entre as espécies de Rhodophyta analisadas, *Bryothamnion seaforthii* e *Gracilaria birdiae* apresentaram apenas β -caroteno. A ausência de α -caroteno também foi verificada por Sousa (2005) nessas mesmas espécies de algas coletadas na Praia de Guajiru. Entretanto, *B. triquetrum* e *Enantiocladia duperreyi* apresentaram tanto α -caroteno quanto β -caroteno. O teor de α -caroteno em *B. triquetrum* foi 0,311 ± 0,115 mg g⁻¹ peso seco e em *E. duperreyi*, 1,535 ± 0,168 mg g⁻¹ peso seco. O teor de β -caroteno variou entre 1,925 ± 0,306 e 4,024 ± 2,482 mg g⁻¹ peso seco, sendo máximo em *B. seaforthii* e mínimo em *G. birdiae*. O conteúdo de retinol equivalente nas algas ver-

melhas variou de 0,321 ± 0,051 a 0,671 ± 0,414 mg g⁻¹ peso seco, sendo máximo em *B. seaforthii* e mínimo em *G. birdiae*.

Maciel da Silva (2003) encontrou α -caroteno nas quatro espécies de algas vermelhas coletadas na Praia do Pacheco (*Amansia multifida* J. V. Lamouroux, *Champia feldmannii* Díaz-Piferrer, *Hypnea cervicornis* J. Agardh e *Solieria filiformis* (Kützing) P. W. Gabrielson), cujas concentrações foram aproximadamente 9,0; 3,5; 3,8 e 4,7 mg g⁻¹ peso seco, respectivamente. No entanto, β -caroteno foi detectado apenas em *H. cervicornis* (6,8 mg g⁻¹ peso seco). α -Caroteno foi detectado em onze das vinte espécies de algas vermelhas coletadas na Praia de Guajiru, enquanto β -caroteno ocorreu em todas elas (SOUSA, 2005).

No presente trabalho, a quantidade de α -caroteno em *Enantiocladia duperreyi* foi quase cinco vezes maior do que aquela encontrada em *Bryothamnion triquetrum*. O mesmo padrão foi verificado por Sousa (2005) em algas frescas, mas as quantidades foram quase dez vezes superiores às obtidas neste trabalho. Para comparar os resultados do presente trabalho, expressos em base seca, com àqueles em base úmida relatados por Sousa (2005), o teor de umidade das algas foi considerado 80%. Como o processo de desidratação das algas concentra os carotenóides, foi possível observar um aumento por unidade de peso.

Em alguns casos, isso pode gerar uma falsa impressão de que no material seco a quantidade é superior a do material *in natura*. Assim com a correção, foi possível observar que houve uma diminuição nos conteúdos de α -caroteno e de β -caroteno, provavelmente explicado pelo uso do calor para a desidratação das algas. Segundo Olson (1991), tanto a vitamina A pré-formada, quanto os carotenóides provitamina A são suscetíveis à destruição pelo calor, luz e oxigênio. De acordo com Sá e Rodriguez-Amaya (2003), a composição dos carotenóides em vegetais cozidos pode ser alterada em virtude das condições de processamento e/ou armazenamento, podendo diferir bastante daquela encontrada nos vegetais crus.

Fan et al. (2005) observaram que o processo de secagem da macroalga vermelha *Porphyra* ("nori") a 45 °C provocou uma redução no teor de carotenóides da ordem de 80%, enquanto nenhuma perda foi observada no material liofilizado. Da mesma forma, Saker-Sampaio (1997) comparou os teores de α -caroteno e β -caroteno na alga vermelha *Palmaria palmata* "in natura" e desidratada, tendo encontrado que o material liofilizado apresentou teores desses carotenóides mais elevados do que o desidratado em estufa a 30 °C e 45 °C.

Para que as rodofíceas estudadas neste trabalho fossem consideradas fontes excelentes ou úteis de vitamina A, as porções consumidas diariamente teriam que ser muito grandes. Por exemplo, a porção de *B. seaforthii* (a mais rica) teria que ser 447 g ou 149 g, respectivamente; e a porção de *G. birdiae* (a mais pobre) teria que ser de 935 g ou 312 g, respectivamente. Os teores de α -caroteno e β -caroteno encontrados na alga vermelha *Antithamnion plumula* (Ellis) Le Jolis, expressos em mg g⁻¹ peso seco, foram muito elevados e corresponderam a 0,260 e 0,134, respectivamente (BJORNLAND, 1983). Com base nesses dados, porções dessa alga desidratada capazes de fornecer 1/2 ou 1/6 da IDR de vitamina A seriam, respectivamente, 6,8 g e 2,3 g. De acordo com Palermo et al. (1991), nas algas vermelhas coralíneas *Corallina officinalis* Linnaeus, *C. elongata* J. Ellis & Solander e *Jania* sp Lamouroux, o β -caroteno é o principal carotenóide, representando 60,8% (18,4 mg/100 g), 74,8% (12,2 mg/100 g) e 53,3% (20,9 mg/100 g) do total, respectivamente. O consumo diário deveria ficar entre 8,6 e 14,8 g para serem consideradas fontes excelentes de vitamina A, enquanto que, para serem fontes úteis, seria suficiente o consumo de 2,9 a 4,9 g por dia.

Nenhum α -caroteno foi detectado nos extratos das algas pardas analisadas neste trabalho, embora todos tenham apresentado β -caroteno. Resultados semelhantes foram obtidos por Saker-Sampaio (1997) com *Laminaria*

digitata (Hudson) J. V. Lamouroux, Maciel da Silva (2003) com *Lobophora variegata*, *Sargassum filipendula* C. Agardh e *S. vulgare* C. Agardh; e Sousa (2005) com *Dictyopteris delicatula*, *Dictyota dichotoma*, *L. variegata*, *Padina gymnospora* e *Sargassum cymosum*.

Os conteúdos de β -caroteno variaram de 1,021 ± 1,240 mg g⁻¹ peso seco em *D. delicatula* a 7,259 ± 0,556 mg g⁻¹ peso seco em *D. dichotoma*. O conteúdo de retinol equivalente variou de 0,170 ± 0,207 mg g⁻¹ peso seco em *D. delicatula* a 1,210 ± 0,093 mg g⁻¹ peso seco em *D. dichotoma*. As feofíceas estudadas neste trabalho seriam consideradas fontes excelentes de vitamina A, se fossem consumidas porções de alga seca de 248 g de *D. dichotoma* (a mais rica) ou 1.765 g de *D. delicatula* (a mais pobre). A ingestão de 83 g de *D. dichotoma* ou 588 g de *D. delicatula* por dia forneceria 100 mg RE, ou seja, 1/6 da IDR de vitamina A.

Burns et al. (2003) avaliaram o conteúdo de carotenóides em algumas frutas, verduras e legumes normalmente consumidos. Eles encontraram β -caroteno, em mg g⁻¹ peso seco em cenoura (320,5), alface (225,7), pimentão vermelho (221,9), pimentão amarelo (75,3), tomate (56,1), manga (49,8), batata-doce (38,1), pimentão verde (19,0) e brócolis (1,2). Apenas cenoura, pimentão vermelho e pimentão amarelo apresentaram α -caroteno, cujos teores foram 44,5; 25,0 e 20,1 mg g⁻¹ peso seco, respectivamente. Com base nos valores supracitados, é possível afirmar, por exemplo, que a porção diária de brócolis a ser consumida seria de 1.500 g para prover 300 mg RE. Essa quantidade não é muito diferente daquelas encontradas para as algas marinhas *Codium isthmocladum*, *Gracilaria birdiae* e *Dictyopteris delicatula*, que apresentaram os menores valores dentre as algas testadas. Entretanto, não se espera, nem mesmo das melhores fontes de um nutriente, que elas sozinhas sejam responsáveis pelo suprimento diário desse nutriente. De fato, uma dieta de boa qualidade deve incluir a ingestão de diferentes alimentos de origem animal e vegetal. Os vegetais folhosos contêm uma quantidade consideravelmente maior de β -caroteno do que os demais (SPEEK et al., 1988) e são considerados as principais fontes de provitamina A (RONCADA, 2000).

As algas marinhas têm sido utilizadas como alimentos há séculos pelos povos orientais. Essa tradição tem se perpetuado e até se expandido para o Ocidente, principalmente porque há uma busca constante por alimentos saudáveis que cumpram as funções de nutrição e proteção contra doenças simultaneamente. Este trabalho consiste em mais uma contribuição no sentido de reunir informações, das quais o Brasil carece, sobre o teor de carotenóides provitamina A em algas marinhas.

Conclusões

As macroalgas marinhas verdes foram as melhores fontes de carotenóides provitamina A, enquanto as vermelhas e pardas parecem contribuir com mais ou menos a mesma quantidade, apesar de α -caroteno não ter sido encontrado nas feofíceas.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro para a realização deste trabalho e à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FUNCAP).

Referências

- AMBRÓSIO, C. L. B.; CAMPOS, F. A. C. S.; FARO, Z. P. Carotenóides como uma alternativa contra a hipovitaminose A. **Revista de Nutrição**, v. 19, n. 02, p. 233-243, 2006.
- BJORNLAND, T. Chlorophyll *a* and carotenoids of five isolates of the red alga *Antithamion plumula*. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 11, n. 02, p. 73-76, 1983.
- BRASIL. **Resolução** (2005). Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) Nº 269 de 22 de setembro de 2005 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Ministério da Saúde. Brasília: Anvisa, 2005.
- BRITTON, G. Structure and properties of carotenoids in relation to function. **FASEB Journal**, v. 09, n. 15, p. 1551-1558, 1995.
- BURNS, J.; FRASER, P. D.; BRAMLEY, P. M. Identification and quantification of carotenoids, tocopherols and chlorophylls in commonly consumed fruits and vegetables. **Phytochemistry**, v. 62, n. 06, p. 939-947, 2003.
- FAN, H.; BARWELL, C. J.; ROGERS, D. J.; SAKER-SAMPAIO, S. Chinese algal food products as sources of micronutrients: carotenoids. In: INSTITUTE OF BIOMEDICAL SCIENCE (IBMS) CONGRESS, 2005, Birmingham, UK. **Proceedings...** IBMS, 2005.
- GOODWIN, T. W. Metabolism, nutrition, and function of carotenoids. **Annual Review of Nutrition**, v. 06, p. 273-297, 1986.
- HART, D. J.; SCOTT, K. J. Development and evaluation of an HPLC method for the analysis of carotenoids in foods, and the measurement of the carotenoid content of vegetables and fruits commonly consumed in the UK. **Food Chemistry**, v. 54, n. 01, p. 101-111, 1995.
- HORNERO-MÉNDEZ, D.; BRITTON, G. Involvement of NADPH in the cyclization reaction of carotenoid biosynthesis. **FEBS Letters**, v. 515, n. 01-03, p. 133-136, 2002.
- ITO, K.; HORI, K. Seaweed: chemical composition and potential food uses. **Food Reviews International**, v. 05, n. 01, p. 101-144, 1989.
- JOLY, A. B. Flora marinha do litoral norte do Estado de São Paulo e regiões circunvizinhas. **Boletim da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da Universidade de São Paulo**, Série Botânica, v. 21, n. 294, p. 5-393, 1965.
- MACIEL DA SILVA, H. C. **Levantamento da ocorrência de carotenóides pró-vitamina A em algas marinhas do Estado do Ceará**. 2003. 60 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- McHUGH, D. J. **A guide to the seaweed industry**. FAO Fisheries Technical Paper No. 441. 105 p. Rome, 2003. Disponível em: <<http://www.fao.org>> Acesso em: 30 jul. 2007.
- OLSON, J. A. Vitamin A. In: MACHLIN, L. J. **Handbook of vitamins**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 1991. p. 1-57.
- OLSON, J. A.; KRINSKY, N. I. Introduction: the colorful, fascinating world of the carotenoids: important physiologic modulators. **FASEB Journal**, v. 09, n. 15, p. 1547-1550, 1995.
- PALERMO, J. A.; GROS, E. G.; SELDES, A. M. Carotenoids from three red algae of the Corallinaceae. **Phytochemistry**, v. 30, n. 09, p. 2983-2986, 1991.
- RICHARDSON, D. P. Food fortification. In: OTTAWAY, P. B. **The technology of vitamins in food**. Glasgow: Blackie Academic & Professional, 1993. p. 233-245.
- RONCADA, M. J. Vitaminas lipossolúveis. In: DUTRA-DE-OLIVEIRA, J. E.; MARCHINI, J. S. **Ciências Nutricionais**. São Paulo: Sarvier, 2000. p. 167-189.
- SÁ, M. C.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Carotenoid composition of cooked green vegetables from restaurants. **Food Chemistry**, v. 83, n. 04, p. 595-600, 2003.
- SAKER-SAMPAIO, S. **Evaluation of *Palmaria palmata* and *Laminaria digitata* as potential human food products**. 1997. 165 f. Tese (Ph.D) – School of Pharmacy and Biomedical Sciences, University of Portsmouth, Portsmouth.
- SCHAGERL, M.; PICHLER, C. Pigment composition of freshwater Charophyceae. **Aquatic Botany**, v. 67, n. 02, p. 117-129, 2000.
- SOUSA, M. B. **Extração e quantificação de α -caroteno, β -caroteno e α -tocoferol em macroalgas marinhas utilizando cromatografia líquida de alta eficiência em fase reversa**. 2005. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Pesca) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- SPEEK, A. J.; SPEEK-SAICHUA, S.; SCHREURS, W. H. P. Total carotenoids and beta carotene contents of Thai vegetables and the effect of processing. **Food Chemistry**, v. 27, n. 04, p. 245-257, 1988.
- STAHL, W.; SIES, H. Antioxidant activity of carotenoids. **Molecular Aspects of Medicine**, v. 24, n. 06, p. 345-351, 2003.
- TAPIERO, H.; TOWSEND, D. M.; TEW, K. D. The role of carotenoids in prevention of human pathologies. **Biomedicine & Pharmacotherapy**, v. 58, n. 02, p. 100-110, 2004.