

BIOPROSPECÇÃO E APLICAÇÕES BIOTECNOLÓGICAS DAS MACROALGAS MARINHAS

Nair S. Yokoya

Instituto de Botânica, Secretaria de Estado do Meio Ambiente, São Paulo
Caixa Postal 3005, CEP 01031-970 São Paulo, SP, Brasil.

E-mail: nyokoya@pq.cnpq.br

As macroalgas marinhas são fontes de um amplo espectro de compostos de interesse comercial e são utilizadas nas indústrias alimentícias, farmacêuticas, de cosméticos, e na agricultura, como fertilizantes e bioestimulantes. Dentro deste contexto, o aproveitamento econômico das macroalgas marinhas do litoral brasileiro é ainda muito incipiente, apesar do seu grande potencial na geração de produtos e de benefícios sócio-econômicos. Comparativamente, os estudos direcionados às aplicações biotecnológicas das macroalgas marinhas do litoral brasileiro são limitados e ainda são escassos os estudos sobre bioprocessos para a produção de biomassa visando a conservação e o uso sustentável deste recurso marinho.

As macroalgas marinhas são organismos promissores na síntese de compostos biologicamente ativos, pois vivem em ambientes com várias interações biológicas e condições abióticas extremas e, para a sua sobrevivência, desenvolveram estratégias de defesa, resultando na produção de um grande número de compostos químicos a partir de diferentes rotas metabólicas. Para exemplificar, compostos bioativos de espécies de algas vermelhas foram caracterizados (Smit 2004), apresentando propriedades antibióticas (terpenóides halogenados de *Delisea pulchra* (Grev.) Mont.), atividades citotóxicas contra células do câncer colorretal e nasofaríngeal (chondriamida A de *Chondria atropurpurea* Harv.), atividades antihelmínticas (chondriamidas A, B e C de *Chondria atropurpurea*; ácido domóico de *Digenea simplex* (Wulfen) C. Agardh e *Chondria armata* (Kuetz.) Okamura) e atividades antiinflamatórias (prostaglandinas de *Gracilaria lichenoides* Grev., *G. asiatica* Zhang & Xia e *G. verrucosa* (Hudson) Papenfuss). Os compostos voláteis de *Bostrychia tenella* J. Agardh apresentaram propriedades fungicida, tripanocida e leishmanicida (Felício *et al.* 2010). Os carotenóides e os aminoácidos tipo micosporina de *Gracilaria* spp. apresentaram, respectivamente, ação antioxidante e fotoprotetora (Cardozo *et al.* 2007).

Atualmente, o uso excessivo de fertilizantes, herbicidas e pesticidas para o aumento da produção agrícola e o impacto ambiental causado por essas substâncias são problemas que necessitam de soluções urgentes. A utilização das algas como biofertilizantes ou bioestimulantes na agricultura pode ser uma solução, mas pesquisas científicas e tecnológicas são necessárias para atingir esta finalidade. As macroalgas

marinhas sintetizam hormônios vegetais e existem produtos à base de extratos de macroalgas, principalmente de algas pardas, que são utilizadas comercialmente como bioestimulantes para aumentar a produção agrícola (Stirk *et al.* 2003). Por exemplo, extratos comerciais da alga parda *Durvillea potatorum* (Labill.) Kuetz. apresentam em sua composição diferentes tipos de citocininas, incluindo zeatina e seus derivados, e isopenteniladenina e isopenteniladenina-ribosídeo (Tay *et al.* 1985, 1987). Neste aspecto, as algas vermelhas coletadas no litoral brasileiro apresentam um grande potencial como bioestimulante para a produção agrícola. Realizamos uma análise do perfil de hormônios em algas vermelhas, incluindo espécies dos gêneros *Chondracanthus*, *Hypnea*, *Gelidium*, *Gracilaria* e *Porphyra*. Os resultados evidenciaram que as citocininas, auxinas e ácido abscísico são constituintes comuns em todas as espécies analisadas. Entretanto, o perfil de citocininas é mais complexo e diversificado entre as espécies, sendo detectadas citocininas do tipo isoprenóide (formas livre e conjugadas de isopenteniladenine, *cis*-zeatina e *trans*-zeatina) em todas as espécies, mas não foram encontradas citocininas aromáticas (benziladenina, *ortho*- e *meta*-topolina).

O desenvolvimento de bioprodutos sintetizados pelas macroalgas marinhas exige o desenvolvimento de bioprocessos para a produção sustentável da matéria-prima. A crescente demanda pela matéria algácea para utilização em diversos setores produtivos tem causado o empobrecimento dos bancos naturais, sendo urgente o desenvolvimento de processos, visando à produção sustentável das macroalgas marinhas e a conservação das populações naturais.

As técnicas de cultura *in vitro* de macroalgas marinhas constituem uma importante ferramenta para a micropropagação, produção e seleção de linhagens mais produtivas ou com características específicas, e para a manipulação gênica. Estas técnicas possibilitam a produção de novas linhagens que podem apresentar características de interesse biotecnológico, na síntese de compostos de interesse agrícola (hormônios vegetais), farmacológico e industrial ou de interesse para o cultivo no mar (resistência a doenças e herbivoria). Além disso, é fundamental a produção de “mudas” em laboratório para que não sejam retiradas das populações naturais, e para tal finalidade, são necessários estudos para a determinação de um protocolo de micropropagação das espécies de interesse. No Brasil, as técnicas de cultura *in vitro* de macroalgas marinhas são utilizadas há mais de uma década, e foram estabelecidos protocolos para várias espécies de rodofíceas produtoras de ágar, como *Gracilaria* spp. (Ramlov *et al.* 2009, Yokoya *et al.* 2004), e de carragenanas, como *Hypnea musciformis* (Wulfen) J.V. Lamour. (Bravin *et al.* 2006), *Kappaphycus alvarezii* (Hayashi *et al.* 2008) e *Solieria filiformis* (Kuetz.) P.W. Gabrielson (Yokoya & Handro 2002).

Recentemente, iniciamos o desenvolvimento de processos utilizando biorreatores, que correspondem a um sistema de cultivo em escala maior do que as técnicas *in vitro* e permitem que fatores abióticos sejam controlados para otimizar a produção de biomassa algácea. É um sistema de produção de biomassa padronizada, sendo adequada para os estudos sobre isolamento, caracterização química e bioatividade de metabólitos de macroalgas marinhas de interesse industrial, farmacológico e para a agricultura.

As macroalgas marinhas do litoral brasileiro apresentam um grande potencial biotecnológico, portanto, investimentos nas pesquisas são fundamentais para a geração de produtos e de processos que garantam a conservação dos bancos naturais e o uso sustentável deste importante recurso marinho.

Agradecimentos: Ao CNPq e FAPESP pelos auxílios concedidos.

Referências

- Bravin, I.C.; Yoneshigue-Valentin, Y. & Yokoya, N.S. 2006. Formação de calos e regeneração de segmentos apicais de *Hypnea musciformis* (Wulfen) Lamouroux (Gigartinales, Rhodophyta): obtenção de culturas axênicas e efeitos da concentração do ágar. *Rev. Brasil. Bot.* 29:173-180.
- Cardozo, K. H. M. ; Guaratini, T.; Barros, M. P.; Falcão, V. R.; Tonon, A. P.; Lopes, N. P.; Campos, S.; Torres, M.A.; Souza, A.O.; Colepicolo, P. & Pinto, E. 2007. Metabolites from algae with economical impact. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part C, Toxicology & Pharmacology* 146: 60-78.
- Felício, R., Albuquerque, S., Young, M.C.M., Yokoya, N.S. & Deboni, H.M. 2010. Trypanocidal, leishmanicidal and antifungal potential from marine red alga *Bostrychia tenella* J. Agardh (Rhodomelaceae, Ceramiales). *J. Pharm. Biomed. Anal.* 52: 763-769.
- Hayashi, L., Yokoya, N. S., Kikuchi, D.M. & Oliveira, E. C. 2008. Callus induction and micropropagation improved by colchicine and phytohormones in *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae). *J. Appl. Phycol.* 20: 653-659.
- Ramlov, F., Plastino, E. M. & Yokoya, N. S. 2009. Efeitos do ágar no crescimento de explantes e na formação de calos em morfos pigmentares de *Gracilaria domingensis* (Kützinger) Sonder ex Dickie (Gracilariales, Rhodophyta). *Rev. Brasil. Bot.* 32: 605-614.
- Smit, A. J. 2004. Medicinal and pharmaceutical uses of seaweed natural products: A Review. *J. Appl. Phycol.* 16: 245-262.
- Stirk, W. A., Novák, O., Strnad, M. & Van Staden, J. 2003. Cytokinins in macroalgae. *Plant Growth Regul.* 41:13–24.
- Tay, S. A. B, Macleod, J. K. , Palni, L. M. S. & Letham, D. S. 1985. Detection of cytokinins in a seaweed extract. *Phytochem.* 24 :2611-2614.

- Tay, S. A. B, Palni, L. M. S. & Macleod, J. K. 1987. Identification of cytokinin glucosides in a seaweed extract. *J. Plant Growth Regul.* 5:133-138.
- Yokoya, N.S. & Handro, W. 2002. Effects of plant growth regulators and culture medium on morphogenesis of *Solieria filiformis* (Rhodophyta) cultured *in vitro*. *J. Appl. Phycol.* 14:97-102
- Yokoya, N.S., West, J.A. & Luchi, A.E. 2004. Effects of plant growth regulators on callus formation, growth and regeneration in axenic tissue cultures of *Gracilaria tenuistipitata* and *G. perplexa* (Gracilariales, Rhodophyta). *Phycol. Res.* 52: 244-254.