

## Propiedades físicas del agar de *Gracilariopsis tenuifrons* (Gracilariaceae) en Sucre, Venezuela

E. Zecchin F.,<sup>1</sup> L. Brito L.<sup>2</sup> y G. Lárez E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Biología, Escuela de Ciencias, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. Apdo. Postal 245. Fax: 58(93) 302344. e-mail: ebzecchi@sucre.udo.edu.ve

<sup>2</sup>Instituto Oceanográfico de Venezuela, Dpto. Biología Marina, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela. Apdo. Postal 245. Fax: 58(93) 512017- 512276. e-mail: perbrica@telcel.net.ve

Recibido 29-VI-2000. Corregido 3-VII-2000. Aceptado 6-VIII-2000.

**Abstract:** The yield, gel strength, gelling and melting temperatures of *Gracilariopsis tenuifrons* agar from Guayacán, Araya Peninsula, Sucre State, Venezuela were determined. Yield values with and without alkali treatment ranged from 23.22 to 39.57% and from 16.29 to 22.42% respectively, while gel strength with alkali treatment fluctuated between 699.31 and 1 231.69 g/cm<sup>2</sup> and without treatment varied from 278.0 to 691.06 g/cm<sup>2</sup>. Gelling and melting temperatures were in the range reported for other agarophytes. Considering gel strength, the agar quality of *G. tenuifrons* was higher than in other species and its exploitation is economically feasible.

**Key words:** Gracilariaceae, *Gracilariopsis tenuifrons*, agar, gel strength, gelling and melting temperatures.

Las algas marinas de los órdenes Gelidiales y Gracilariales producen un agar que es usado en biomedicina, farmacología e industrias de alimentos (Bird & Hinson 1992) considerándolas como las agarofitas de mayor importancia comercial (Dawes 1987).

La composición del agar es afectada por factores modificantes de la fisiología del alga y se ha reportado que dependen de la especie (Nelson *et al.* 1983, Lahaye *et al.* 1988, Lignell & Pedersen 1989) estaciones (Hoyle 1978, Bird & Hinson 1992) método de extracción (Tagawa & Kojima 1973, Lemus *et al.* 1991) grado de epifitismo (Muñoz *et al.* 1996) factores ambientales (McLachlan & Bird 1986, Daugherty & Bird 1988) localidad (Aponte & Lemus 1989, Luhan 1992).

El rendimiento y propiedades físicas del agar junto a las propiedades químicas deter-

minan su valor comercial (Armisen 1995, Freile-Pelegrin & Robledo 1997) considerándose la fuerza del gel como la más importante (Armisen 1995). En el presente estudio se determinaron algunas propiedades físicas del agar de *Gracilariopsis tenuifrons*, obtenido por dos métodos de extracción, para evaluar su calidad y por ende su importancia económica.

### MATERIALES Y MÉTODOS

*G. tenuifrons* fue recolectada en Guayacán, ubicado en la costa norte de la Península de Araya, Estado Sucre, Venezuela a 10° 38' N y 63° 50' W, desde enero hasta junio 1998. Los ejemplares fueron lavados cuidadosamente para eliminar impurezas y epifitas, luego se secaron al sol y se molieron

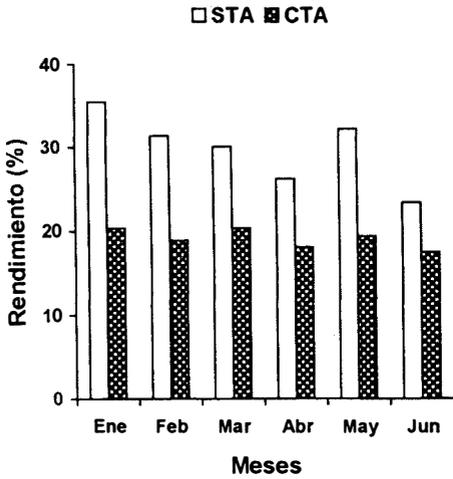


Fig. 1. Variación mensual del rendimiento del agar de *G. tenuifrons*, con y sin tratamiento alcalino.

Fig. 1. Monthly variation of agar yield of *G. tenuifrons*, with and without alkali treatment

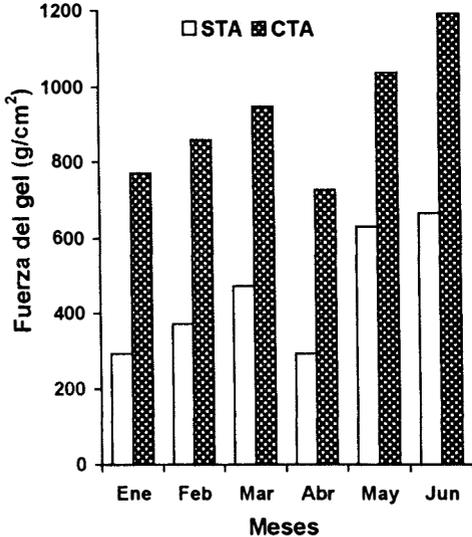


Fig. 2. Variación mensual de la fuerza de gel de *G. tenuifrons* con y sin tratamiento alcalino.

Fig. 2. Monthly variation of gel strength of *G. tenuifrons* with and without alkali treatment

hasta obtener una harina.

La extracción del agar se realizó con 7 g de harina de algas utilizando extracción directa en agua, sin tratamiento alcalino (STA) y

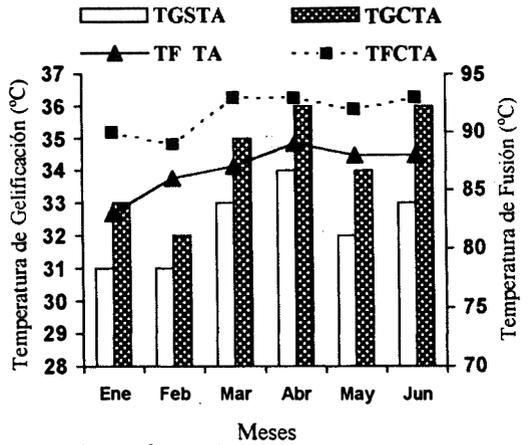


Fig. 3. Variación mensual de las temperaturas de gelificación (TG) y fusión (TF) en el agar de *G. tenuifrons* con y sin tratamiento alcalino.

Fig. 3. Monthly variation of gelling (GT) and melting (MT) temperatures in *G. tenuifrons* agar with and without alkali treatment

con tratamiento alcalino (CTA) con NaOH al 3%, ambas a 95°C por tres horas, siguiendo la metodología empleada por Kim (1970) y Brito & Lemus (1996). La fuerza del gel se determinó según el procedimiento señalado por Brito & Lemus (1996), para lo cual se preparó una solución de agar al 1.5%, luego se dejó gelificar durante 16-24 horas y se procedió a medir la fuerza del gel con un gelómetro Nikkansui modificado, finalmente se cuantificó utilizando la fórmula de conversión indicada por Kim (1970).

Las temperaturas de gelificación (TG) y de fusión (TF) fueron realizadas según la metodología utilizada por Whyte & Englar (1980). Todos los parámetros fueron determinados por triplicado.

RESULTADOS

Mediante un t-student para muestras independientes se demostró que existen diferencias altamente significativas en el rendimiento del agar de *G. tenuifrons* ( $t_s = 84.54, p < 0.001$ ) siendo mayor en las muestras sin tratamiento alcalino, variando entre 23.22-39.57% ( $: 29.33 \pm 1.10$ ) y entre 16.29-22.42% ( $: 18.97 \pm 0.37$ ) con tratamiento

CUADRO 1

Comparación de las propiedades del agar de *G. tenuifrons* con el de otras agarofitas.

TABLE 1

Agar properties of *G. tenuifrons* compared to other agarophytes.

Especies	País	Rend. (%)	Fuerza del gel g/cm <sup>2</sup>	T.G (°C)	T.F (°C)	Sulfatos (%)	Autor(es)
<i>Gracilaria dominguensis</i>	Vzla	30 (18)	202 (262)	—	—	—	Aponte y Lemus (1989)
<i>Gracilaria cervicornis</i>	Vzla	29 (18)	61 (128)	—	—	—	Aponte y Lemus (1989)
<i>Gracilaria verrucosa</i>	Vzla	24 (19)	188 (172)	—	—	—	Aponte y Lemus (1989)
<i>Gracilaria dominguensis</i>	Vzla	22.5 (13.3)	185 (352)	40.8 (40.5)	82.1(83.5)	2.9 (1.9)	Reyna (1991)
<i>Gracilaria cervicornis</i>	Vzla	23.0 (13.6)	55 (105)	34.7 (37.5)	68.0 (76.8)	5.5 (3.9)	Reyna (1991)
<i>Gracilaria verrucosa</i>	Vzla	21.6 (11.9)	146 (579)	37.9 (38.3)	75.6 (87.6)	4.5 (2.2)	Reyna (1991)
<i>Gracilaria tikvahiae</i>	EUA	21.8 (9.8)	117 (427)	45.5 (47.4)	79.6 (92.3)	2.9 (2.9)	Bird y Hinson (1992)
<i>Gracilariopsis lemaneiformis</i>	EUA	17.9 (15.5)	134 (1063)	31 (35)	85.3 (97.3)	1.8 (1.6)	Bird y Hinson (1992)
<i>Gelidium pusillum</i>	EUA	28.6 (23.8)	508.5 (1049.5)	36.9 (34.3)	91.9 (96.5)	1.9 (1.3)	Bird y Hinson (1992)
<i>Gelidium serrulatum</i>	Vzla	36.0 (19.6)	361 (405)	39.6 (39.3)	96.8 (96.1)	—	Loayza (1994)
<i>Gracilaria tikvahiae</i>	Méx.	7	260	42	89	—	Lopez, y Kapraun (1995)
<i>Gracilaria cervicornis</i>	Méx	7	208	36	75	—	Lopez y Kapraun (1995)
<i>Gracilariopsis tenuifrons</i>	Vzla	29.3 (19.0)	454.6 (922.4)	32.3 (34.3)	86.8 (91.6)	—	Zecchin et al. (1998)

() Tratamiento alcalino T.F: Temperatura de Fusión  
 Propiedades físicas reportadas para 1.5 % p/v agar  
 T.G: Temperatura de Gelificación.

alcalino, encontrándose diferencias mensuales para el rendimiento (Fig. 1).

Los valores de fuerza del gel para las muestras con y sin tratamiento alcalino variaron mensualmente (Fig. 2), encontrándose diferencias altamente significativas para esta especie cuando se aplicaron ambos tratamientos ( $F_s = 27.08$ ,  $p < 0.001$ ,  $F_s = 75.97$ ,  $p < 0.001$ , respectivamente). Sin embargo, la fuerza del gel se incrementó cuando se usó tratamiento alcalino (Fig. 2) obteniéndose para abril el mínimo ( $699.31 \text{ g/cm}^2$ ) y para junio el máximo valor ( $1\ 231.69 \text{ g/cm}^2$ ) ( $922.36 \pm 170.29$ ).

La temperatura de fusión presentó diferencias mensuales para las muestras obtenidas con tratamiento alcalino ( $F_s = 3.07$ ,  $p < 0.01$ ) y sin tratamiento alcalino ( $F_s = 4.57$ ,  $p < 0.01$ ). Lo contrario ocurrió con la temperatura de

gelificación, y sus valores oscilaron entre 31-34°C sin tratamiento alcalino y con éste entre 32-36°C (Fig. 3).

## DISCUSION

El tratamiento alcalino disminuyó el rendimiento, coincidiendo estos resultados con los de Armisen & Galatas (1987) y Loayza (1994) quienes sostienen que podría ocurrir una hidrólisis alcalina de una considerable cantidad de fragmentos de agar de peso molecular medios y bajos que se pierden por solubilidad, lo que podría explicar el bajo rendimiento.

Bird *et al.* (1981) explican que la fuerza del gel está asociada con pesos moleculares altos y largas cadenas de polímeros. Cote & Hanisak (1986) y Armisen (1995) afirman

que un alto contenido de 3,6 anhidrogalactosa y bajos porcentajes de sulfatos incrementan la fuerza del gel, por ello este parámetro es considerado uno de los más importantes en su cualificación, encontrándose sus valores asociados a la cantidad de grupos sulfatos, elemento que interviene en la formación del gel (Armisen 1995).

La temperatura de fusión está relacionada con la fuerza del gel, ya que el proceso de fusión depende del peso molecular del polímero (Bird *et al.* 1981), es decir existe una relación directa entre estos parámetros (Cuadro 1).

Los resultados obtenidos coinciden con estudios anteriores, entre los que se pueden citar los de Whyte *et al.* (1981) y Brito & Lemus (1996) quienes afirman que al aplicar tratamiento alcalino con NaOH, la fuerza del gel se incrementa pero disminuye su rendimiento, debido a que ocurre hidrólisis de grupos sulfatos y hay transformación de importantes cantidades de L-galactosa 6 sulfato en 3,6 anhidrogalactosa. Los resultados obtenidos en este estudio se compararon con los aportados por otros autores (Cuadro 1), encontrándose que la calidad del gel de *G. tenuifrons* es buena, mejorando aún más después de aplicar tratamiento alcalino, pudiéndose utilizar comercialmente, ya que el valor de fuerza del gel requerido por el mercado internacional de alimentos según Armisen (1995) es igual o mayor a 750 g/cm<sup>2</sup> y el de *G. tenuifrons* está por encima de este valor.

#### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos especialmente a Andrés Lemus Castro por sus consejos durante el curso de la investigación y elaboración del manuscrito. Al Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente, por financiar parcialmente la tesis de Licenciatura a través del proyecto signado con el código CI-5-009-00633/94-95, y a todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron durante la realización de esta investigación.

#### RESUMEN

Se determinó el rendimiento, fuerza del gel, temperaturas de gelificación y fusión del agar de *Gracilariopsis tenuifrons*, recolectada en la localidad de Guayacán, Península de Araya, Estado Sucre, Venezuela. Los valores del rendimiento con y sin tratamiento alcalino variaron desde 23.22 hasta 39.57% y desde 16.29 hasta 22.42%, respectivamente, mientras que la fuerza del gel con tratamiento alcalino fluctuó desde 699.31 hasta 1231.69 g/cm<sup>2</sup> y sin tratamiento alcalino variaron desde 278.0 hasta 691.06 g/cm<sup>2</sup>. Las temperaturas de gelificación y fusión están dentro del rango señalado para otras agarofitas. Considerando la fuerza del gel, la calidad del agar de *G. tenuifrons* es superior a la reportada para otras especies, por lo que puede ser considerada como una especie económicamente importante.

#### REFERENCIAS

- Aponte, M. & A. Lemus. 1989. Comparative study of the agar obtained from three species *Gracilaria* feasible for culture in Venezuela. 117-119. In: Oliveira, E. & N. Kautsky, (eds.) Proceedings of the Workshop on «Cultivation of seaweeds in Latin America». April, 2-8 1989. Univ. S. Paulo/Int. Foundation for Science. S. Sebastiao, Brazil.
- Armisen, R. 1995. World – wide use and importance of *Gracilaria*. J. Appl. Physiol. 7: 231-243.
- Armisen, R. & F. Galatas. 1987. Production, properties and uses of agar: 1-57. In: D.J. McHugh (ed.), Production and utilization of products commercial Seaweeds. FAO Fish. Tech. Pap. 288.
- Bird, K. T., D. Hanisak & J. Ryther. 1981. Chemical quality and production of agar extracted from *Gracilaria tikvahiae* grown in different nitrogen enrichment conditions. Bot. Mar. 24: 411-444.
- Bird, K. T & T. K. Hinson. 1992. Seasonal variations in agar yield and quality from North Carolina agarophytes. Bot. Mar. 35: 291-295.
- Brilo, L & A. Lemus. 1996. Rendimiento y consistencia del agar de *Gracilaria damaecornis* J. Agardh (Gracilariales, Rhodophyta). Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela, Univ. Oriente 35: 57-62.
- Cote, G. L. & M. D. Hanisak. 1986. Production and properties of native agar from *Gracilaria tikvahiae* and other red algae. Bot. Mar. 29: 359-366.
- Daugherty, B. K. & K. T. Bird. 1988. Salinity and temperature effects on agar production from *Gracilaria verrucosa* strain G-16. Aquaculture 74: 2-9.
- Dawes, C. J. 1987. The biology of commercially important tropical marine algae: 155-190. In: K.T. Bird & P.H. Benson (eds.), Seaweed cultivation for renewable resource s. Elsevier Science Publisher, Amsterdam.
- Freile-Pelegrin, Y. & D. Robledo. 1997. Effects of sea son on the agar content and chemical characteristics of *Gracilaria cornea* from Yucatán, México. Bot. Mar. 40: 285-290.

- Hoyle, M. D. 1978. Agar studies in two *Gracilaria* species (*G. bursapastoris* (Gmelin) Silva and *G. coronopifolia* J. Ag.) from Hawaii. I. Yield and gel strength in the gametophyte and tetrasporophyte generations. *Bot. Mar.* 21: 343-345.
- Kim, D. H. 1970. Economically important seaweeds, in Chile – I. *Gracilaria*. *Bot. Mar.* 13: 140-162.
- Lahaye, M., J. F. Revol, C. Rochas, J. McLachlan & W. Yaphe. 1988. The chemical structure of *Gracilaria crassissima* (P. et H. Crouan in Schramm et Mazé) and *G. tikvahiae* McLachlan (Gigartinales, Rhodophyta) cell-wall polysaccharides. *Bot. Mar.* 31: 491-501.
- Lignell, A & M. Pedersen. 1989. Agar composition as a function of morphology and growth rate. Studies on some morphological strains of *Gracilaria secundata* and *Gracilaria verrucosa* (Rhodophyta). *Bot. Mar.* 32: 219-227.
- Lemus, A. J., K. Bird, D. F. Kapraun & F. Koehn. 1991. Agar yield, quality and standing crop biomass of *Gelidium serrulatum*, *Gelidium floridanum* and *Pterocladia capillacea* in Venezuela. *Food Hydrocolloids* 5: 469-479.
- Loayza, A.R. 1994. Aspectos taxonómicos, fases de desarrollo “*in vitro*”, fenología y caracteres reológicos del agar de *Gelidium serrulatum* J. Agardh (Gelidiales, Rhodophyta). Tesis de Maestría. Ciencias Marinas, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela 181 p.
- Luhan, M. R. J. 1992. Agar yield and gel strength of *Gracilaria heteroclada* collected from Iloilo, Central Phillipines. *Bot. Mar.* 26: 361-366.
- McLachlan, J & C. J. Bird. 1988. *Gracilaria* (Gigartinales, Rhodophyta) and productivity. *Aquat. Bot.* 26: 27-49.
- Muñoz, J., R. Otaiza, M. Orellana & M. Hormazabal. 1996. Epifitismo sobre *Gracilaria chilensis* y su efecto sobre la calidad de sus geles. *Res. IV Simp. de Algas Marinas Chilenas*: 111.
- Nelson, S. G., N. Tuttsui & B. R. Best. 1983. Evaluation of seaweed mariculture potential on Guam. I. Ammonium uptake and growth of two species of *Gracilaria* (Rhodophyta) collected from Taiwan and Micronesia. *Bot. Mar.* 26: 361-366.
- Tagawa, S & Y. Kojima. 1973. Compositional differences of agar polysaccharides of *Gelidium amansii* through various extracting conditions. *J. Shimonoseki Univ. Fish.* 22: 67-75.
- Whyte, J & J. Englar. 1980. Chemical composition and quality of agar in the morphotypes of *Gracilaria* from British Columbia. *Bot. Mar.* 24: 277-283.
- Whyte, J. N., R. G. Saunders & J. C. Linsay. 1981. Seasonal variations in the biomass, quantity and quality of agar from the reproductive and vegetative stages of *Gracilaria* (*verrucosa* type). *Bot. Mar.* 23: 493-501.