

**COMPOSICION QUIMICA DE *Macrocystis pyrifera*
(SARGAZO GIGANTE) RECOLECTADA EN VERANO E INVIERNO
Y SU POSIBLE EMPLEO EN ALIMENTACION ANIMAL**

**CHEMICAL COMPOSITION OF *Macrocystis pyrifera*
(GIANT SARGAZO) COLLECTED IN SUMMER AND WINTER
AND ITS POSSIBLE USE IN ANIMAL FEEDING**

María Isabel Castro-González
S. Carrillo-Domínguez
F. Pérez-Gil

Instituto Nacional de la Nutrición, Salvador Zubirán
Subdirección de Nutrición Experimental y Ciencia de los Alimentos
Vasco de Quiroga No. 15
Col. Tlalpan, Delegación Tlalpan
14000 México, D.F.

Recibido en agosto de 1992; aceptado en diciembre de 1993

RESUMEN

En el presente estudio, se establece que *Macrocystis pyrifera* recolectada en verano e invierno, en Bahía Tortugas, B.C.S., presentó variación de algunos componentes de interés nutricional para especies pecuarias, al ser analizada. Los resultados mostraron diferencia significativa ($P < 0.01$) en el contenido de cenizas, proteína cruda, fibra cruda y digestibilidad *in vitro*. Así mismo, se encontraron, para el verano, mayores valores en la mayoría de los aminoácidos. Se concluye que el alga recolectada en verano es un recurso potencial, con mayor contenido de minerales y aminoácidos, con buena digestibilidad *in vitro* para rumiantes y sin presencia de factores antinutricios.

Palabras clave: *Macrocystis pyrifera*, composición química, alimentación animal.

ABSTRACT

In the present study, it is established that *Macrocystis pyrifera* collected in summer and winter, in Bahía Tortugas, B.C.S. (Mexico), presented variation in some components of nutritional interest for various animal species. The results showed significant difference ($P < 0.01$) in the content of ashes, crude protein, crude fiber and *in vitro* digestibility. Likewise, higher values were found, for summer, in most of the amino acids. It is concluded that the alga collected in summer is a potential resource, with a higher content of minerals and amino acids, with a good digestibility of the dry matter for ruminants and without the presence of antinutrient factors.

Key words: *Macrocystis pyrifera*, chemical composition, animal feeding.

INTRODUCCION

Históricamente, el empleo de algas marinas en agricultura es una práctica muy antigua y extendida en aquellos lugares donde abunda este tipo de recursos, como ocurre en muchas

INTRODUCTION

Historically, the use of marine algae in agriculture is a very old and widespread practice in places where this type of resource is abundant, as occurs in many regions of

regiones de Europa y América del Norte. Esto ha implicado su uso no sólo como abono para el suelo sino también como alimento para animales (Castro *et al.*, 1992).

En países como Francia, Inglaterra, Escocia, Finlandia, Noruega e Islandia, se emplean algas frescas como alimento para borregos, bovinos, caballos y cerdos, y se lleva a pastar a los animales a las playas, principalmente durante todo el invierno, aunque en algunos lugares también durante el verano. En muchos casos, las algas constituyen casi toda su ración. Sin embargo, la mayoría de las algas aprovechadas en alimentación animal son usadas en forma de harina, para complementar las dietas de los animales. Algunas algas (*Ascophyllum nodosum* y *Laminaria digitata*) aumentan la pigmentación de la yema de huevo, incrementan el crecimiento y producción de lana de los borregos, así como el contenido de grasa en la leche de vaca (Chapman y Chapman, 1980; Rojkind, 1977a, b, c).

En México, entre las algas marinas cuyo empleo es factible para alimentación animal, se encuentra el alga parda *Macrocystis pyrifera* (Agardh 1921), también conocida como sargazo gigante (Leuring, 1970). *M. pyrifera* crece sobre sustratos rocosos y llega a medir hasta 50 m, en los bosques sargaceros (Casas *et al.*, 1985; Chapman y Chapman, 1980). Esta especie se considera de interés como recurso potencial para la alimentación animal, dada su abundancia y composición química (Castro *et al.*, 1991; Guzmán del Proo *et al.*, 1986). Hernández (1988) estimó, para 1986, volúmenes que oscilan de 36,000 t en otoño a 100,000 t cosechables en verano (peso húmedo).

Considerando que las condiciones ambientales influyen en la composición química de las algas, el objetivo de este trabajo fue determinar la variación en el contenido de nutrientes de *M. pyrifera* recolectada en verano e invierno, para su posible empleo en alimentación animal.

MATERIALES Y METODOS

Las muestras de *M. pyrifera* fueron recolectadas en verano e invierno en Bahía Tortugas, Baja California Sur. La recolección se realizó cortando manualmente las frondas hasta un metro de profundidad, seleccionando al azar la zona de muestreo dentro de los

Europe and North America. This has implicated their use not only as fertilizer for the soil but also as food for animals (Castro *et al.*, 1992).

In countries like France, England, Scotland, Finland, Norway and Iceland, fresh algae are used as food for sheep, cows, horses and pigs. The animals are taken to the beaches to graze, mainly throughout the winter, although in some places this also occurs during the summer. In many cases, the algae constitute almost all their ration. However, of the algae most used in animal feeding, the majority are used in the form of meal, supplementing the diets of the animals. Some algae (*Ascophyllum nodosum* and *Laminaria digitata*) increase the pigmentation of egg yolk, and increment the growth and production of wool of the sheep and the content of fat in cow's milk (Chapman and Chapman, 1980; Rojkind, 1977a, b, c).

In Mexico, among the marine algae feasible for employment in animal feeding is the brown alga *Macrocystis pyrifera* (Agardh 1921), also known as giant sargazo (Leuring, 1970). *M. pyrifera* grows on rocky substrate and may reach a length of 50 m, forming the sargazo forests (Casas *et al.*, 1985; Chapman and Chapman, 1980). This species is considered of interest as a potential resource for animal feeding given its abundance and chemical composition (Castro *et al.*, 1991; Guzmán del Proo *et al.*, 1986). Hernández (1988) estimated, for 1986, volumes that oscillate between 36,000 tons in autumn and 100,000 tons in summer (wet weight).

Since environmental conditions influence the chemical composition of algae, the aim of this work was to determine the variation in the content of nutrients of *M. pyrifera* collected in summer and winter, for its possible use in animal feeding.

MATERIALS AND METHODS

The samples of *M. pyrifera* were collected in summer and winter in Bahía Tortugas, Baja California Sur. The collection was carried out manually by cutting the fronds to 1 m in depth, selecting at random the sampling area within the sargazo forest. The samples were sun dried for three days and then milled in a hammer mill in order to reduce their volume; subsequently, they were ground in a mill

bosques de sargazo. Las muestras se secaron al sol durante tres días. Después, se molieron en un molino de martillos para reducir su volumen y, posteriormente, se pasaron por un molino de cuchillas con malla de 1 mm, para facilitar el manejo durante la realización de los análisis químicos.

Análisis químicos

La humedad, proteína bruta, extracto etéreo, fibra bruta y cenizas fueron analizados con los métodos de la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (AOAC, 1990). La energía bruta fue medida con una bomba calorimétrica (Instituto Nacional de Nutrición [INN], 1984), los aminoácidos se determinaron en un autoanalizador Beckman. Se analizaron cualitativamente algunos factores antinutricios: hemaglutininas y saponinas (INN, 1984), glucósidos cianogénicos (AOAC, 1990), alcaloides (Dominguez, 1979). Los taninos se analizaron cuantitativamente (AOAC, 1990). La digestibilidad *in vitro* de la materia seca se determinó con el método de Minson y McLeod (Tejada, 1985).

Los resultados del análisis químico aproximado, energía bruta, taninos y digestibilidad *in vitro* se sometieron a una prueba *t* de Student, para diferencia de medias (Steel y Torrie, 1988).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos en el análisis químico aproximado (tabla 1) muestran que las cenizas y los carbohidratos fueron los componentes predominantes en ambas épocas de recolección; sin embargo, se observa un aumento significativo ($P < 0.01$) para las cenizas y fibra bruta, en verano. En general, las algas pardas presentan un bajo contenido de nitrógeno (Round, 1981) y, aunque éste fue mayor en invierno, no todo es de origen proteico ya que, como se verá más adelante, en general el contenido de aminoácidos fue menor en invierno, lo que sugiere que esta alga posee mayor cantidad de nitrógeno no proteico (proveniente de nitratos, nitrógeno amoniacal, la estructura de carbohidratos complejos, etc.) que la recolectada en verano. Los carbohidratos se encuentran principalmente en forma de gomas (ácido algínico), que son ampliamente empleadas en la industria alimentaria para controlar las

with 1 mm screen for an easier handling during the chemical analyses.

Chemical analyses

The humidity, crude protein, ether extract, crude fiber and ashes were analyzed by the methods of the Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990). The crude energy was determined by calorimetry (Instituto Nacional de Nutrición [INN], 1984); amino acid content was determined in a Beckman autoanalyser. Some antinutritional factors were qualitatively analyzed: hemagglutinins and saponins (INN, 1984), cyanogenic glucosides (AOAC, 1990), alkaloids (Dominguez, 1979). The tannins were analyzed quantitatively (AOAC, 1990). The *in vitro* digestibility of the dry matter was determined by the method of Minson and McLeod (Tejada, 1985).

The data of the proximate analysis, crude energy, tannins and *in vitro* digestibility were statistically analyzed by Student's *t* test (Steel and Torrie, 1988).

RESULTS AND DISCUSSION

The results obtained in the proximate chemical analysis (table 1) show that the ashes and carbohydrates were the predominant components in both collections; however, a significant increase is observed ($P < 0.01$) for the ashes and crude fiber in summer. Generally, brown algae possess a low content of nitrogen (Round, 1981) and, though this was greater in winter, not all is of proteinic origin since, as will be seen later on, in general the content of amino acids was less in winter, which suggests that this alga possesses a higher quantity of nonprotein nitrogen (from nitrates, amoniacal nitrogen, the structure of complex carbohydrates, etc.) than that collected in summer. The carbohydrates are found mainly in the form of gums (alginate acid), which are extensively used in the food industry in order to control the rheologic properties of many products (Casas, 1985; Ink and Hurt, 1987).

The quantity of crude energy (2.20 and 2.03 kcal/g) was less in comparison with other similar foods like corn (4.43 kcal/g) or oats (4.68 kcal/g) (Maynard *et al.*, 1981). This energy comes from the complex carbohydrates of these algae and, therefore, cannot be taken advantage of as that of starch and other

Tabla 1. Análisis químico aproximado y energía bruta del alga marina *Macrocystis pyrifera* recolectada en verano e invierno (g/100 g).

Table 1. Proximate chemical analysis and crude energy of the seaweed *Macrocystis pyrifera* collected in summer and winter (g/100g).

Fracción	Verano	Invierno
Cenizas	36.67 ^a	33.53 ^b
E. Etéreo	0.56 ^a	0.75 ^b
Fibra bruta	7.74 ^a	4.45 ^b
Proteína bruta (N × 6.25)	8.76 ^a	10.70 ^b
Carbohidratos	46.27	50.60
Energía bruta (kcal/g)	2.20	2.03

^{a, b} Medias en columna con diferentes letras indican diferencia estadística (P < 0.01).

^{a, b} By column different letters are significantly different (P < 0.01).

Tabla 2. Contenido de aminoácidos en el alga marina *Macrocystis pyrifera* recolectada en verano e invierno (g/100 g de proteína).

Table 2. Amino acid content in the seaweed *Macrocystis pyrifera* collected in summer and winter (g/100 g of protein).

Aminoácido	Verano	Invierno
Valina	4.45	4.31
Isoleucina	3.20	3.72
Treonina	4.78	3.84
Triptofano	0.99	0.95
Fenilalanina	3.78	3.27
Leucina	5.76	5.25
Lisina	5.05	3.61
Metionina	2.05	1.50
Histidina	1.30	0.89
Acido aspártico	10.04	8.08
Serina	4.44	3.21
Acido glutámico	13.83	18.40
Prolina	3.73	3.24
Glicina	4.83	2.81
Alanina	11.47	12.96
Cisteína	3.15	1.36
Tirosina	2.68	2.40
Arginina	3.82	3.89

propiedades reológicas de muchos productos (Casas, 1985; Ink y Hurt, 1987).

La cantidad de energía bruta (2.20 y 2.03 kcal/g) fue menor en comparación con otros alimentos como el maíz (4.43 kcal/g) o la avena (4.68 kcal/g) (Maynard *et al.*, 1981). Tal energía proviene de los carbohidratos complejos de estas algas, por tanto, no puede ser aprovechada como la del almidón y otros carbohidratos más simples, que se encuentran en los alimentos citados.

A pesar de que la proteína bruta fue baja en ambas recolecciones, en comparación con cualquier recurso proteico (alfalfa, por ejemplo), se puede considerar, por su contenido de aminoácidos indispensables para diferentes especies (tabla 2), como un recurso con proteína de calidad aceptable. Se observa, en general, mayor cantidad de aminoácidos en verano, principalmente de los considerados como esenciales para humanos. Los valores de los aminoácidos esenciales para aves resultaron mayores que los requeridos (Scott *et al.*, 1982). Respecto a los aminoácidos esenciales para peces de agua fría (NRC, 1981), las algas de ambas recolecciones proporcionarían las cantidades necesarias para algunos de ellos (bagre, carpa, salmón); algo similar sucede en cuanto a los cerdos, dependiendo del peso y estado fisiológico, así como de la disponibilidad de los aminoácidos en la proteína dietaria (NRC, 1988).

De los factores antinutricios estudiados (tabla 3), sólo se detectó la presencia de taninos en ambas estaciones, que fue diferente significativamente ($P < 0.01$) en cada una de ellas. Sin embargo, aun el mayor valor presentado durante el verano no implicaría problema, si el alga fuera consumida por animales, ya que no alcanza niveles tóxicos (Price *et al.*, 1980; Van Soest, 1982). Se encontró una cantidad moderada de alcaloides en el alga recogida en invierno, lo cual probablemente sea debido a un mecanismo de defensa del alga, ya que en esta época la temperatura superficial del agua no es favorable para su desarrollo (Hernández, 1985; Raven y Curtis, 1971).

Finalmente, se observa diferencia significativa ($P < 0.01$) en la digestibilidad para ruminantes, de la materia seca (tabla 3). Esta es mayor para las muestras de invierno, época en que el alga presenta menor concentración de alginatos (Hernández, 1985) y de fibra bruta, lo cual favoreció una mejor digestión. Con

simpler carbohydrates that are found in the foods mentioned.

In spite of the fact that the crude protein was low in both collections, in comparison with any proteinic feed (alfalfa, for example), it could be considered, because of its content of indispensable amino acids for different species (table 2), a resource with a protein of acceptable quality. In general, a greater quantity of amino acids was observed in summer, mainly those considered essential for humans. The values of the essential amino acids for poultry were higher than those required (Scott *et al.*, 1982). With respect to the essential amino acids for cold-water fishes (NRC, 1981), the algae from both collections would provide the necessary amounts for some of them (catfish, carp, salmon); something similar happens with regard to pigs, depending on the weight and physiologic state, as well as on the availability of the amino acids in the dietary protein (NRC, 1988).

Regarding the antinutritional factors studied (table 3), only the presence of tannins was detected in both seasons, which was significantly different ($P < 0.01$). However, even the highest value detected in summer does not represent a problem if the alga is consumed by animals, since it does not reach toxic levels (Price *et al.*, 1980; Van Soest, 1982). A moderate amount of alkaloids was found in the alga collected in winter. This is probably a defense mechanism of the alga because, at this time of year, the surface temperature of the water is not favorable for their development (Hernández, 1985; Raven and Curtis, 1971).

Finally, a significant difference ($P < 0.01$) is observed in the digestibility for ruminants (table 3). This is higher for the winter samples, season when the alga presents a lower concentration of alginates (Hernández, 1985) and of crude fiber, which favors a better digestion of the nutrients. Based on this, it could be thought that the utilization, on the part of the ruminants, of the nutrients of the alga from either season could be good, since these animals have the capacity to digest complex carbohydrates (Church and Pond, 1990).

CONCLUSIONS

The marine alga *Macrocystis pyrifera*, collected in summer and winter, presents a

Tabla 3. Presencia de factores antinutricios en el alga marina *Macrocystis pyrifera* recolectada en verano e invierno.

Table 3. Antinutritional factors and *in vitro* digestibility of the seaweed *Macrocystis pyrifera* collected in summer and winter.

Factor	Verano	Invierno
Saponinas	**	**
Acido tánico (mg/g)	34.20 ± 1.85 ^a	0.547 ± 0.06 ^b
Glucósido cianogénicos	**	**
Alcaloides	**	(++)
Hemaglutininas	**	**
Digestibilidad <i>in vitro</i> * materia seca (%)	81.24 ± 4.15 ^a	88.93 ± 0.64 ^b

* Media y desviación estándar de diez determinaciones. /Mean and standard deviation of ten determinations.

** No detectado. /Not detected.

^{a, b} Difieren significativamente (P < 0.01). /Significantly different (P < 0.01).

(++) Presencia moderada con los reactivos de Sönnenschein, Marquis, Erdman. /Moderate presence with Sönnenschein, Marquis and Erdman reactives.

base en esto, se puede pensar que el aprovechamiento por parte de los rumiantes de los nutrientes del alga de cualquiera de las dos épocas puede ser bueno, dado que tales animales poseen la capacidad de digerir carbohidratos complejos (Church y Pond, 1990).

CONCLUSIONES

El alga marina *Macrocystis pyrifera* recolectada en verano e invierno, presenta variación en el contenido de la mayoría de sus componentes nutricionales.

El alga recolectada en verano es un recurso potencial con mayor contenido de aminoácidos y minerales, su digestibilidad *in vitro* para animales rumiantes es mayor que la considerada para la mayoría de los forrajes y no existe presencia de factores antinutricios que pudiesen ocasionar problema en su consumo.

AGRADECIMIENTOS

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología financió parcialmente la realización de este trabajo. Margarita Casas V. y Gustavo Hernández C., del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, proporcionaron valiosa ayuda en la recolección de las algas.

variation in the content of most of its nutritional components.

The alga collected in summer is a potential resource, with a higher content of amino acids and minerals; its *in vitro* digestibility for ruminant animals is greater than that reported for most of the forages and there is no presence of antinutrient factors that could cause problems on being consumed.

ACKNOWLEDGEMENTS

To the *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología* for partial financial support of this work. To Margarita Casas V. and Gustavo Hernández C., of the *Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas*, for their valuable help in the collection of the algae.

English translation by the authors

REFERENCIAS

- Association of Official Agricultural Chemists (1990). **Official Methods of Analysis**. Association of Official Agricultural Chemists, Washington, D.C., 1141 pp.
- Casas, V.M (1985). Cuantificación y caracterización parcial de alginatos de algunas

- especies de algas feofitas de las costas de México. *Inv. Mar. CICIMAR*, 2(1): 46-57.
- Casas, V.M.M., Hernández, C.G., Torres, V.J. y Sánchez, R.F. (1985). Evaluación de mantos de *Macrocystis pyrifera* "sargazo gigante" en la Península de Baja California (verano de 1982). *Inv. Mar. CICIMAR*, 2(1): 1-17.
- Castro-González, M.I., Carrillo, S., Pérez-Gil, F., Manzano, R.E. and Rosales, G.E. (1991). *Macrocystis pyrifera*: Potential resource for animal feeding. *Cuban. J. Agr. Sci.*, 25: 77.
- Castro, G.M.I., Madrigal, A.L. y Carrillo, D.S. (1992). Las algas marinas en la alimentación humana y animal. *Cuadernos de Nutrición*, 1(4): 17-32.
- Chapman, V.J. and Chapman, D.J. (1980). *Seaweeds and their Uses*, 3rd edition. Chapman and Hall, USA, 334 pp.
- Church, D.C. y Pond, W.G. (1990). **Fundamentos de nutrición y alimentación de animales**. Limusa, México, 438 pp.
- Domínguez, A.X. (1979). **Métodos de investigación fitoquímica**. Limusa, México, pp. 211-228.
- Guzmán del Proo, S.A., Casas, V.M., Díaz, C. y Díaz, L. (1986). Diagnóstico sobre las investigaciones y explotaciones de las algas marinas en México. *Inv. Mar. CICIMAR*, 3(1): 11-18.
- Hernández, C.G. (1985). Variación estacional del contenido de alginatos en tres especies de feofitas de Baja California Sur, México. *Inv. Mar. CICIMAR*, 2(1): 29-45.
- Hernández, C.G. (1988). Evaluación, crecimiento y regeneración de los mantos de *Macrocystis pyrifera* en la costa occidental de la Península de Baja California, México. Tesis de maestría, **CICIMAR**, IPN, México, 157 pp.
- Ink, S.L. and Hurt, H.D. (1987). **Nutritional implications of gums**. *Food Technol.*, 77-82.
- Instituto Nacional de Nutrición (1984). **Manual de técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos**. DNECA-INNSZ, P. 1-63, México, 171 pp.
- Leuring, H.S. (1970). **Marine Algae. A survey of research and utilization**. Ed. Cram, Gruyter & Co., USA, pp. 185-187.
- Maynard, L., Loosli, J., Hints, U. y Warner, R. (1981). **Nutrición Animal**. McGraw Hill, México.
- NRC (1981). **Nutrient requirements of cold-water fishes**. National Academy Press, Washington, D.C.
- NRC (1988). **Nutrient requirements of swine**, 9th ed. National Academy Press, Washington, D.C.
- Price, M.L., Hageman, A.E. and Butler, L.C. (1980). Tannin content of cow peas, chick peas and mong beans. *J. Agr. Food Chem.*, 28: 459-461.
- Raven, P. and Curtis, H. (1971). **Biology of Plants**, 3rd ed. Worth Publishers, New York, 706 pp.
- Rojkind, A.R. (1977a). Algas marinas bentónicas como suplemento en la alimentación animal. 1. Ensayos con pollos y gallinas ponedoras. Rev. bibliográfica. Contribución Técnica No. 19. **Centro de Investigación de Biología Marina**, Buenos Aires, Argentina, 24 pp.
- Rojkind, A.R. (1977b). Algas marinas bentónicas como suplemento en la alimentación animal. 2. Ensayos con bovinos. Rev. bibliográfica. Contribución Técnica No. 19. **Centro de Investigación de Biología Marina**, Buenos Aires, Argentina, pp. 1-10.
- Rojkind, A.R. (1977c). Algas marinas bentónicas como suplemento en la alimentación animal. 3. Ensayos con ovinos. Rev. bibliográfica. Contribución Técnica No. 19. **Centro de Investigación de Biología Marina**, Buenos Aires, Argentina, 20 pp.
- Round, F.E. (1981). **The Biology of the Algae**, 2nd ed. Edward Arnolds Publishers, Ltd., London, pp. 219-222.
- Scott, L.M., Nesheim, M.C. and Young, A.J. (1982). **Nutrition of the Chicken**, 3rd ed. M.L. Scott & Associates, Ithaca, New York, pp. 58-118.
- Steel, R. and Torrie, J. (1988). **Bioestadística: Principios y procedimientos**, 2a. ed. McGraw Hill, México, 622 pp.
- Tejada, H.I. de (1985). **Manual de laboratorio para el análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal**. Patronato de Apoyo a la Investigación y Experimentación Pecuaria en México, México, 387 pp.

Van Soest, P.J. (1982). Nutritional ecology of the ruminants. **B. Books**. Corvallis, Oregon, USA, 478 pp.