

## Substitución de la harina de *Macrocystis pyrifera* por harina de mosto de uva en alimento balanceado para el abulón azul (*Haliotis fulgens*)

### Replacing kelp meal (*Macrocystis pyrifera*) with a winery by-product in a balanced diet for green abalone (*Haliotis fulgens*)

Rosalba Nava-Guerrero<sup>1</sup>

Carlos Vásquez-Peláez<sup>2</sup>

María Teresa Viana<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Marinas  
Universidad Autónoma de Baja California  
Apartado postal 453  
Ensenada, CP 22800, Baja California, México

<sup>2</sup> Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia  
Universidad Nacional Autónoma de México  
CU, México, DF

<sup>3</sup> Instituto de Investigaciones Oceanológicas  
Universidad Autónoma de Baja California  
Apartado postal 453  
Ensenada, CP 22800, Baja California, México  
\* E-mail: [viana@uabc.mx](mailto:viana@uabc.mx)

Recibido en julio de 2003; aceptado en septiembre de 2003

#### Resumen

La harina de *Macrocystis pyrifera* es un ingrediente comúnmente utilizado en la elaboración de dietas balanceadas para el abulón (*Haliotis fulgens*); sin embargo, la demanda de harina de *Macrocystis* como complemento alimenticio ha provocado un incremento de su precio en el mercado, resultando costosa su utilización como nutrimento en dietas balanceadas. Por esta razón, el propósito del presente trabajo es encontrar el nivel de sustitución de la harina de *Macrocystis* del alimento balanceado para el abulón azul por un subproducto regional de menor costo, como la harina de mosto de uva. Con este fin, se elaboraron cinco dietas en las que se substituyó la harina de *Macrocystis* de 0% a 100%, a un máximo de 33% del total de los ingredientes. Se utilizaron 375 abulones de  $15.09 \pm 0.38$  mm y  $0.434 \pm 0.03$  g, distribuidos al azar en 15 cubetas de 8 L. Después de 60 días de experimentación se detectaron diferencias significativas entre las pendientes de los diferentes tratamientos tanto en talla como en peso. Dado que el incremento de la harina de mosto de uva resultó en una menor ingestión, sin afectar la eficiencia alimenticia, se establece que la harina de mosto de uva presenta un efecto negativo en la gustosidad hacia el alimento, mas no constituye un factor antinutricional. Se concluye que la harina de *Macrocystis* puede ser substituida por harina de mosto de uva en un 16% de la dieta total sin tener un efecto negativo en el crecimiento de los organismos.

*Palabras clave:* abulón, alimentación, nutrición, harina de *Macrocystis*, harina de mosto de uva.

#### Abstract

Kelp meal made from *Macrocystis pyrifera* is a common ingredient in abalone diets (*Haliotis fulgens*); however, a greater demand for this ingredient as feed supplement for domestic animals has led to a considerable increase in price and it has become costly to use in balanced diets. Hence, the aim of the present work is to study the possibility of replacing kelp meal in the abalone diet with a regional winery by-product. Five diets were formulated in which kelp meal was substituted from 0% to 100%, at a maximum of 33% of the total of ingredients; 375 abalone ( $15.09 \pm 0.38$  mm and  $0.434 \pm 0.03$  g) were used, randomly distributed in fifteen 8-L plastic buckets. After 60 days of experimentation, significant differences were detected in the slopes of the different treatments for both length and weight. Since the inclusion of the winery by-product resulted in a lower feed ingestion but the feed conversion efficiency remained constant, a factor of low palatability can be attributed to the winery by-product and not an

antinutritional factor. It is concluded that the winery by-product can be substituted for kelp meal in 16% of the total diet without having a negative effect on the growth of the organisms.

*Key words:* abalone, feeding, nutrition, kelp meal, winery by-product.

## Introducción

El cultivo del abulón en los últimos años se ha incrementado a nivel mundial (Gordon y Cook, 2001), por lo que elaborar un alimento balanceado confiable, de buena calidad y bajo costo es importante para que esta actividad sea rentable (Fleming *et al.*, 1996). En los últimos años la investigación sobre alimentos y nutrición del abulón ha presentado grandes avances, en los que se conocen no solamente los ingredientes más apropiados, sino también los requerimientos nutricionales y energéticos de las diversas especies. En cuanto a la elaboración de los alimentos, se considera que las fuentes proteicas como la harina de pescado son de los ingredientes más costosos en la elaboración de alimentos balanceados para abulón (Fleming *et al.*, 1996); sin embargo, el costo de la harina de *Macrocystis pyrifera* es del doble que el de la harina de pescado debido a que su demanda actual como complemento alimenticio para diferentes especies domésticas, e incluso para el hombre, ha hecho que su precio se eleve hasta US\$ 830.00 por tonelada (Productos del Pacífico, SA de CV), además del inconveniente de que en Baja California la extracción de esta alga está concesionada a un solo productor, lo que la convierte en un insumo vulnerable. Por lo anterior, es recomendable buscar alternativas para su sustitución por algún subproducto o producto regional de menor costo como la harina de mosto de uva. Esta es un subproducto de la elaboración de vino que es utilizado parcialmente como fertilizante en los mismos viñedos, por lo que la obtención de la harina implicaría un costo mínimo.

## Materiales y métodos

### *Elaboración de las dietas*

Se elaboraron cinco dietas como se indica en la tabla 1, con una composición de acuerdo con lo recomendado por Guzmán y Viana (1998), a excepción de que la harina de *M. pyrifera* se incrementó en un 33% del total de los ingredientes, en vez de 16%, con el fin de incrementar el grado de respuesta. Las vitaminas y los minerales se utilizaron según lo recomendado por Uki y Watanabe (1992). Las dietas fueron elaboradas mezclando los ingredientes hasta su completa homogeneización para después ser extruidos en frío a través de una máquina semi-industrial de pasta (Rosito Bissanti®). Las dietas húmedas en forma de tallarines fueron cortadas en trozos de 1 cm y guardadas en el congelador a -25°C hasta su utilización.

### *Análisis proximal*

Se realizó el análisis proximal por triplicado a cada alimento terminado de acuerdo con AOAC (1990), con excepción

## Introduction

Abalone culture has increased worldwide in recent years (Gordon and Cook, 2001), so the formulation of a reliable, good-quality and inexpensive balanced diet is very important for this activity to prove profitable (Fleming *et al.*, 1996). Significant advances have been made in the study of abalone nutrition, and the most suitable feed ingredients and nutritional and energetic requirements of the species have been identified. The most costly ingredients in the preparation of balanced abalone diets are the protein sources, such as fish meal (Fleming *et al.*, 1996); however, the cost of kelp meal made from *Macrocystis pyrifera* is double than that of fish meal, its price having risen to US\$ 830.00 per ton (Productos del Pacífico, SA de CV) because of the current demand for this product as a feed supplement for several domestic species, including humans. Furthermore, in Baja California (Mexico), only one company holds the concession rights to harvest *M. pyrifera*, making this ingredient even more vulnerable. It is therefore recommendable to look for an alternative, less expensive regional by-product or product that can be substituted for kelp meal. Grape must, for example, is a winery by-product that is used as fertilizer at the local vineyards and the cost of producing the meal would be minimal.

## Material and methods

### *Formulation of the diets*

Five diets were developed as indicated in table 1 and according to the composition recommended by Guzmán and Viana (1998), except that kelp meal was increased from 16% to 33% of the total ingredients to enhance the response. The vitamin and mineral mixtures used were those recommended by Uki and Watanabe (1992). The diets were prepared by mixing the ingredients until a homogeneous paste was obtained, which was then extruded cold through a semi-industrial pasta maker (Rosito Bissanti®). The damp, noodle-like diets were cut into 1-cm pieces and frozen at -25°C until used.

### *Proximate analysis*

The proximate analysis was applied in triplicate to each diet according to AOAC (1990), except for total lipids, as follows: the percentage of moisture was calculated as the difference in weight after drying in an oven at 60°C for 24 h; ash was determined by the difference in weight after incineration in a muffle furnace at 550°C for 5 h. Total lipids were determined gravimetrically using a mixture of chloroform-methanol-water as solvent (Bligh and Dyer, 1959). Crude

**Tabla 1.** Porcentaje de los ingredientes de la dieta con harina de mosto de uva. Tratamientos con la sustitución de la harina de *Macrocystis pyrifera* por harina de mosto de uva (TU) al 0%, 25%, 50%, 75% y 100%.**Table 1.** Percentage of the ingredients in the diet containing the winery by-product. Treatments in which the winery by-product replaced kelp meal (*Macrocystis pyrifera*) by 0%, 25%, 50%, 75% and 100%.

Ingredientes (%)	TU0%	TU25%	TU50%	TU75%	TU100%
Ensilaje de pescado	5	5	5	5	5
Harina de pescado	30	30	30	30	30
<b>Harina mosto de uva</b>	<b>0</b>	<b>8.25</b>	<b>16.5</b>	<b>24.75</b>	<b>33</b>
<b>Harina de <i>Macrocystis</i></b>	<b>33</b>	<b>24.75</b>	<b>16.5</b>	<b>8.25</b>	<b>0</b>
Almidón de maíz	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6
Mezcla de vitaminas	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
Mezcla de minerales	4	4	4	4	4
Stay C	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Benzonato de Sodio	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Cloruro de colina	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
BTH	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Gelatina	6	6	6	6	6
Total	100	100	100	100	100

de los lípidos totales, siguiendo el siguiente procedimiento: el porcentaje de humedad se calculó por diferencia de peso en una estufa a 60°C durante 24 h; las cenizas se cuantificaron por diferencia de peso después de calcinar la muestra en una mufla a 550°C durante 5 h. Los lípidos totales se determinaron gravimétricamente con una mezcla de metanol-cloroformo/agua como solvente (Bligh y Dyer, 1959). La proteína cruda se determinó mediante la cuantificación de nitrógeno total por el método Micro-Kjeldahl, y se utilizó el factor de 6.25 para calcular la proteína cruda de acuerdo con AOAC (1990). La fibra cruda se estimó como la diferencia en peso después de someter la muestra a digestión ácida y alcalina. El extracto libre de nitrógeno (ELN) se obtuvo por diferencia de los porcentajes de los otros constituyentes, con respecto al 100%.

#### *Estabilidad del alimento en el agua*

Para determinar el porcentaje de pérdida de materia seca del alimento en el agua a fin de corregir el consumo diario de los organismos durante la evaluación de consumo, se sometieron muestras de alimento por triplicado de aproximadamente 600 mg a las mismas condiciones dentro de las unidades experimentales. Las muestras, colocadas en mallas, fueron recogidas después de 12 h de estar en el agua para estimar por diferencia, la pérdida de materia seca a peso seco constante.

#### *Procedimiento experimental*

Se utilizaron 375 abulones (*H. fulgens*) donados por la empresa BC Abalone, SA de CV, situada en el Ejido Eréndira, Baja California, con una longitud media de  $15.09 \pm 0.38$  mm y

protein was determined by quantifying total nitrogen with the Micro-Kjeldahl method, and the 6.25 factor was used to calculate crude protein according to AOAC (1990). Crude fiber was estimated as the difference in weight after acid and alkaline digestion of the sample. The percentage of nitrogen-free extract was obtained by the difference in percentages of the other components, relative to 100%.

#### *Stability of the food in water*

To establish the percentage of dry matter loss of the food in water to correct the daily consumption of the organisms during the consumption evaluation, triplicate food samples of approximately 600 mg were subjected to the same conditions in the experimental units. The samples were placed in the water in mesh-bags and removed after 12 h to estimate, by difference, the loss of dry matter to constant dry weight.

#### *Experimental procedure*

A total of 375 abalone (*H. fulgens*) were used, donated by the company BC Abalone, SA de CV, located at Ejido Eréndira in Baja California. The individuals had a mean length of  $5.09 \pm 0.38$  mm and weight of  $0.434 \pm 0.03$  g, and were distributed in fifteen 8-L plastic buckets, 25 per bucket. Each experimental diet was tested in triplicate. The abalone were kept with open seawater flow ( $325 \text{ mL min}^{-1}$ ) and constant aeration, at a constant temperature of  $20.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$  and 12:12 h photoperiod. During the experiment, the water had a salinity of 37–38 ppt, oxygen of 6.5–7.2  $\text{mg L}^{-1}$ , pH of 7.8–8.1, and ammonium of 0.0327–0.0412  $\text{mg L}^{-1}$ .

0.434 ± 0.03 g de peso, los cuales fueron distribuidos en 15 cubetas de plástico de 8 L de capacidad con 25 abulones cada una, y cada dieta experimental fue probada por triplicado. Los abulones fueron mantenidos con flujos abiertos de aire y agua constantes, este último a razón de 325 mL min<sup>-1</sup>, a una temperatura constante de 20.0 ± 0.5°C y fotoperiodo de 12:12 h. Durante el experimento la salinidad del agua se mantuvo entre 37 y 38 ppm, el oxígeno entre 6.5 y 7.2 mg L<sup>-1</sup>, el pH entre 7.8 y 8.1, y el amonio a un nivel de 0.0327 a 0.0412 mg L<sup>-1</sup>.

Los organismos fueron pesados y medidos individualmente al inicio del experimento y posteriormente cada cuatro semanas utilizando una balanza (±0.001 g) y un vernier (±0.03 mm) electrónicos, respectivamente. El alimento fue ofrecido *ad libitum* durante 12 h por la noche, a una razón aproximada de 5% de su peso diario. La ingestión se determinó durante ocho días previos a cada pesada, de acuerdo con Gómez-Montes *et al.* (2003) durante las cuarta y octava semanas de experimentación mediante la siguiente fórmula:

$$I = (AE/100) - R \quad (1)$$

donde *A* corresponde al alimento suministrado (g), *E* al porcentaje del alimento recuperado (estabilidad) y *R* al alimento remanente (g) después de alimentar a los abulones.

La eficiencia de conversión alimenticia (ECA) fue calculada como la relación entre el crecimiento y el alimento consumido como se muestra a continuación:

$$ECA = I/C \quad (2)$$

donde *I* corresponde el incremento total en peso (g) y *C* al alimento consumido (g).

#### Análisis estadístico

La estimación del crecimiento se hizo a partir del cambio de talla y peso. La información se analizó utilizando un diseño factorial (5 × 3) con tres repeticiones, siendo los efectos principales: inclusión de harina de mosto de uva en la dieta a diferentes niveles (0%, 25%, 50%, 75% y 100%) y tiempo de medición (0, 30 y 60 días). Las comparaciones entre tratamientos y tiempo se realizaron utilizando comparaciones ortogonales para estimar la regresión que explicara el crecimiento a partir de talla y peso. Se utilizó el paquete estadístico SAS (2000).

#### Resultados

Los análisis proximales (tabla 2) muestran que el contenido de proteína en las cinco dietas fue similar (34.89–34.90%), mientras que los contenidos de lípidos, fibra cruda y cenizas variaron entre tratamientos, de 2.77% a 5.15%, de 7.62% a 12.32% y de 10.83% a 21.26%, respectivamente.

The organisms were individually weighed and measured at the beginning of the experiment and then every four weeks, using an electronic balance (±0.001 g) and vernier caliper (±0.03 mm), respectively. The food was offered *ad libitum* for 12 h at night, at an approximate ratio of 5% of their daily weight. Ingestion was determined during the eight days prior to weighing, according to Gómez-Montes *et al.* (2003), during the fourth and eighth weeks of the experiment, using the following equation:

$$I = (FS/100) - R \quad (1)$$

where *F* is the food supplied (g), *S* is the percentage of food recovered (stability), and *R* is the food remaining (g) after the abalone fed.

Feed conversion efficiency (FCE) was calculated as the relation between growth and food consumed, as follows:

$$FCE = I/C \quad (2)$$

where *I* is the total increase in weight (g) and *C* the food consumed (g).

#### Statistical analysis

Growth was estimated based on the change in size and weight. The information was analyzed using a factorial design (5 × 3) with three repetitions, the main factors being: inclusion of different levels (0%, 25%, 50%, 75% and 100%) of the winery by-product in the diet, and time of measurement (0, 30 and 60 days). To compare between treatments and time, orthogonal comparisons were made to estimate the regression that explains growth in terms of size and weight. The SAS (2000) statistical package was used.

#### Results

The proximate analysis (table 2) revealed similar protein content in the five diets (34.89–34.90%), but differences in the lipid levels (2.77–5.15%), crude fiber (7.62–12.32%), and ash (10.83–21.26%).

Table 3 shows the analysis of variance for weight and size, indicating significant statistical differences ( $P < 0.01$ ) between treatments, and a linear effect for both weight ( $y = 0.552 - 0.001 \text{ trt}$ ,  $R^2 = 0.8874$ ) and size ( $y = 15.35 - 0.008 \text{ trt}$ ,  $R^2 = 0.8505$ ). Significant statistical differences ( $P < 0.01$ ) were found for the changes in weight and size during 60 days, with a quadratic behaviour for weight (weight = 0.433 + 0.004 *d* - 0.000035 *d*<sup>2</sup>,  $R^2 = 0.9667$ ), and a linear behaviour for size (size = 15.15 + 0.029 *d*,  $R^2 = 0.6416$ ). These results suggest a negative effect for weight and size due to the inclusion of the winery by-product in the diet above levels of 50% substitution. As can be seen in table 4, total growth and daily ingestion at 60 days presented these same tendencies.

**Tabla 2.** Análisis proximal y estabilidad de los diferentes tratamientos ofrecidos a juveniles de abulón azul, *Haliotis fulgens*, así como de las harinas empleadas. Los superíndices indican diferencias significativas de acuerdo al análisis de varianza. El extracto libre de nitrógeno (ELN) fue determinado por diferencia. La estabilidad (\*) indica la pérdida de materia seca después de permanecer 12 h en el agua.

**Table 2.** Proximate analysis and stability of the different diets offered to juvenile green abalone, *Haliotis fulgens*. Superindices indicate significant differences according to a one-way analysis of variance. The nitrogen-free extract (ELN) was determined by difference. Stability (\*) indicates loss of dry matter after 12 h in water.

Tratamiento	Proteína (%)	Lípidos totales (%)	ELN (%)	Cenizas (%)	Fibra Cruda (%)	Estabilidad*
TU0%	34.90	2.77	33.51	21.26	7.62	84.1 <sup>a</sup>
TU25%	34.93	2.94	33.79	18.76	9.34	86.9 <sup>ab</sup>
TU50%	34.89	3.63	36.26	16.05	9.42	89.5 <sup>bc</sup>
TU75%	34.89	4.27	35.91	13.62	10.55	90.91 <sup>bc</sup>
TU100%	34.89	5.15	37.72	10.83	12.32	92.84 <sup>c</sup>

**Tabla 3.** Cuadrados medios de peso y talla en el abulón azul (*Haliotis fulgens*) a diferentes niveles de harina de mosto de uva en dietas balanceadas. **Table 3.** Mean squares for weight and size of the green abalone, *Haliotis fulgens*, at different levels of a winery by-product in balanced diets.

Origen de la variación	g.l.	Cuadrados	
		Peso	Talla
Réplica	2	0.1068 irrelevante	9.566 irrelevante
Error de restricción	0		
TRT	4	0.3964**	23.111**
Lineal	1	1.4070**	78.619**
Cuadrático	1	0.0337	3.602
Residuo	2	0.0725	5.212
Día	2	1.8656**	252.834**
Lineal	1	3.3587**	486.666**
Cuadrático	1	0.2483*	9.093
TRT*día	8	0.0503	1.570
Error	1003	0.0521	5.975

\*  $P < 0.05$ ; \*\*  $P < 0.01$

La tabla 3 muestra el análisis de varianza para peso y talla, observándose diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ( $P < 0.01$ ) y un efecto lineal tanto para peso ( $y = 0.552 - 0.001 trt$ ,  $R^2 = 0.8874$ ) como para talla ( $y = 15.35 - 0.008 trt$ ,  $R^2 = 0.8505$ ). Los cambios de peso y talla en 60 días mostraron diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.01$ ) tanto para peso como para talla, observando un comportamiento cuadrático para peso de la siguiente forma:  $\text{peso} = 0.433 + 0.004 d - 0.000035 d^2$ ,  $R^2 = 0.9667$ ; mientras que la talla mostró una variación lineal, dada por  $\text{talla} = 15.15 + 0.029 d$ ,  $R^2 = 0.6416$ . Estos resultados sugieren un efecto negativo en peso y talla debido a la inclusión de uva en la dieta, a partir de niveles mayores del 50% de sustitución. Como se aprecia en la tabla 4, los análisis del incremento total, y de la ingestión diaria a los 60 días, mostraron las mismas tendencias antes descritas.

## Discussion

The search for accessible and inexpensive feed ingredients is important because the production of balanced diets must entail a margin of profit. Looking ahead, it will be necessary to determine alternative feed ingredients for the growth of marine organisms, so that diets can be formulated at a lower cost and with nonconventional sources that can be used exclusively for animal feed and not compete with ingredients that can be used for human consumption. At present, livestock feed is prepared using wheat, sorghum, barley, corn and fish meals, among others, ingredients that should be kept for human consumption; hence the importance of studying sources of subproducts and their application in the formulation of diets.

The search for new sources must contemplate the anti-nutritional factors of the ingredients that result in a misuse of

## Discusión

La búsqueda de ingredientes disponibles a un costo menor es una necesidad actual para balancear dietas, de tal manera que los costos de producción den un margen de ganancia. Por otro lado, hacia el futuro, con el fin de producir organismos marinos habrá que buscar fuentes alternativas como ingredientes alimenticios de tal manera que sea posible elaborar dietas, no sólo a un costo menor, sino también para que ingredientes que puedan ser utilizados para consumo humano cumplan su propósito y buscar nuevas alternativas, no convencionales, que sean utilizadas exclusivamente para la producción acuícola y pecuaria sin competir directamente con el humano para su utilización. Actualmente, para la elaboración de alimentos pecuarios se utilizan harinas provenientes del trigo, sorgo, cebada, maíz, pescado, etc. que deberían ser utilizadas directamente para el consumo humano. Por esto, resulta importante el estudio de fuentes de subproductos y su aplicación en la formulación de dietas.

Un factor importante en dicha búsqueda es que los nuevos ingredientes no contengan factores antinutricionales que resulten en un mal aprovechamiento de los nutrientes, o bien, que sean de sabor agradable para incrementar el consumo (Belitz y Grosch, 1987). De encontrar efectos antinutricionales en los ingredientes será necesario buscar alternativas para el tratamiento de la materia prima con el objeto de reducir dichos efectos (Akiyama, 1991), ya sea por extrusión, fermentación, utilización de aditivos alimenticios, etc.

En pruebas preliminares en nuestro laboratorio (datos no publicados) se observó la capacidad de los abulones para ingerir un alimento balanceado con mosto de uva a un 15%, incluso presentando una coloración diferente después de dos meses de ingestión, lo que motivó el presente estudio. Sin embargo, en el presente trabajo se demostró que la inclusión gradual de mosto de uva resulta en un efecto negativo sobre el crecimiento. Estos

nutrientes, or rather their taste, which must be agreeable to increase consumption (Belitz and Grosch, 1987). If antinutritional effects are detected, it will be necessary to seek alternatives for the treatment of the raw material in order to reduce these effects (Akiyama, 1991), either through extrusion, fermentation, use of food additives, etc.

Preliminary tests in our laboratory (unpublished data) indicated the abalone's ability to ingest a balanced feed containing 15% winery by-product, even presenting a change in shell colouration after two months of feeding. The present study shows, however, that the gradual inclusion of the winery by-product has a negative effect on growth. These results, compared with the previous experience, are difficult to interpret, though they may be due to variations in the tannin content of the different types of grapes (Belitz and Grosch, 1987), either because of the variety or maturity of the fruit. Tannins are bitter-tasting phenolic compounds whose concentration in food is inversely proportional to consumption because of their astringency, while the decrease in digestibility is influenced by their ability to react with protein, impeding their use (Badui, 1986; Church, 1988), because digestibility is reduced due to the inactivation of digestive enzymes. The winery by-product is known to contain a certain amount of tannins (Belitz and Grosch, 1986), even though they were not quantified either previously or in this study. The diets elaborated contained 33% plant meal, either of *M. pyrifera* or the winery by-product, instead of the 16% recommended by Guzmán and Viana (1998); therefore, the treatment with 50% winery by-product (TU50% in table 4) corresponds to a substitution of 100% in the recommended formulation. The percentage was increased to enhance the response. The growth rate results presented herein are lower than those considered to be optimum (approximately  $80 \mu\text{m day}^{-1}$ ) for a profitable commercial production (Hahn, 1989); however, other studies have shown that the use of fresh or dry *M. pyrifera*, agglutinated with sodium alginate,

**Tabla 4.** Promedios generales de crecimiento ( $\pm$ DE) del abulón azul (*Haliotis fulgens*) con harina de mosto de uva. La eficiencia en la conversión alimenticia (ECA) está dada como incremento en peso/alimento consumido.

**Table 4.** Growth means ( $\pm$ SD) for green abalone, *Haliotis fulgens*, fed a winery by-product. Feed conversion efficiency (ECA) refers to increase in weight/food consumed. Superindices indicate statistical differences ( $P \leq 0.05$ ).

	TU0%	TU25%	TU50%	TU75%	TU100%	P value
Peso inicial (g)	0.465 $\pm$ 0.02	0.429 $\pm$ 0.03	0.429 $\pm$ 0.02	0.418 $\pm$ 0.02	0.423 $\pm$ 0.03	0.283
Peso final (g)	0.645 $\pm$ 0.02	0.575 $\pm$ 0.03	0.605 $\pm$ 0.04	0.507 $\pm$ 0.07	0.522 $\pm$ 0.06	0.061
Talla inicial (mm)	15.40 $\pm$ 0.32	15.14 $\pm$ 0.66	15.02 $\pm$ 0.06	14.90 $\pm$ 0.28	14.94 $\pm$ 0.36	0.558
Talla final (mm)	17.28 $\pm$ 0.38	16.79 $\pm$ 0.62	16.99 $\pm$ 0.36	16.37 $\pm$ 0.81	16.53 $\pm$ 0.56	0.341
Incremento total (g)	0.180 $\pm$ 0.05 <sup>a</sup>	0.146 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	0.176 $\pm$ 0.02 <sup>a</sup>	0.089 $\pm$ 0.06 <sup>b</sup>	0.09 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>	0.043
Incremento total (mm)	1.88 $\pm$ 0.25	1.65 $\pm$ 0.54	1.97 $\pm$ 0.41	1.47 $\pm$ 0.55	1.59 $\pm$ 0.20	0.588
Ingestión diaria (g/100g)	1.19 $\pm$ 0.22 <sup>a</sup>	0.82 $\pm$ 0.22 <sup>ab</sup>	0.60 $\pm$ 0.22 <sup>b</sup>	0.42 $\pm$ 0.14 <sup>b</sup>	0.40 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup>	0.002
ECA	0.70 $\pm$ 0.22	0.75 $\pm$ 0.08	1.09 $\pm$ 0.39	1.26 $\pm$ 0.42	0.75 $\pm$ 0.15	0.146

a, b, c: promedios con diferente literal en cada renglón son estadísticamente diferentes  $P \leq 0.05$

resultados, comparados con la experiencia previa, son difíciles de interpretar, aunque quizá se deban a variaciones en el contenido mismo de taninos de los diferentes tipos de uvas (Belitz y Grosh, 1987), ya sea por variedad o madurez del fruto. Los taninos son compuestos fenólicos de sabor amargo cuya concentración en el alimento es inversamente proporcional al cosumo debido a la naturaleza astringente de los mismos, mientras que la disminución en la digestibilidad está influenciada por la capacidad que tienen los taninos para reaccionar con la proteína impidiendo su aprovechamiento (Badui, 1986; Church, 1988), esto debido a que la digestibilidad se ve disminuida por la inactivación de enzimas digestivas. La harina de mosto de uva contiene una cierta cantidad de taninos que, aunque no se cuantificaron en el presente trabajo ni en la experiencia previa al mismo, se sabe de su presencia (Belitz y Gosch, 1986). Las dietas aquí elaboradas contenían un 33% de harina vegetal, ya sea de *M. pyrifera* o de mosto uva, en vez del 16% recomendado por Guzmán y Viana (1998), de tal manera que el tratamiento con el 50% de harina de mosto de uva (TU50% en la tabla 4) correspondería a una sustitución del 100% en la formulación recomendada. Dicho porcentaje de inclusión fue incrementado con el fin de incrementar la sensibilidad de la respuesta en el experimento. Los resultados de tasa de crecimiento aquí presentados son menores a los que se reportan como óptimos (alrededor de  $80 \mu\text{m día}^{-1}$ ), que se consideran ideales para que una producción comercial sea rentable (Hahn, 1989), sin embargo, en otros trabajos se ha demostrado que el uso de *M. pyrifera* fresca, o bien seca, integrada a manera de alimento aglutinado con alginato de sodio, resulta en un crecimiento menor al obtenido con un alimento balanceado bajo condiciones experimentales (Viana *et al.*, 1993, 1996).

En el presente trabajo es posible asociar el factor negativo observado sobre el crecimiento de los organismos conforme se incrementa la incorporación de harina de mosto de uva en las dietas, observando diferencias significativas en aquellas en las que se incluyó en más de 50%. Esto, al influir directamente sobre el consumo del alimento debido a que la eficacia de la conversión alimenticia (ECA) que relaciona crecimiento e ingestión, no presenta diferencias significativas. De tal manera que se puede concluir que el mosto de uva presentó un problema de gustocidad baja para el abulón y no se observa un efecto antinutricional (Jobling, 2001). Esto, obviamente deberá ser visto con mayor atención, de tal manera que se estudie la posibilidad de eliminar los taninos del mosto de uva. Baja California es el estado de la República Mexicana con mayor producción de uva y vino, por lo que la generación de harina de mosto es significativa. En la actualidad dicho subproducto es integrado en bajas cantidades al suelo de cultivo, resultando problemático su manejo.

En resumen, el presente trabajo concluye que la harina de mosto de uva puede ser incluida hasta un máximo del 16% del total de los ingredientes sin causar una diferencia significativa en el crecimiento. Sin embargo, debido a la tendencia encontrada a ingerir menor cantidad de alimento al incrementar la

resulted in lesser growth than that obtained with a balanced diet under experimental conditions (Viana *et al.*, 1993, 1996).

In the present work, the negative effect detected on abalone growth can be associated with the increased amounts of winery by-product in the diets, and significant differences were observed in those in which it was included in more than 50%. Since the inclusion of the winery by-product resulted in a lower feed ingestion but the FCE, which relates growth and ingestion, did not present significant differences, it can be concluded that the winery by-product did not present an anti-nutritional effect, but rather a problem of low palatability for the abalone (Jobling, 2001). Greater attention must obviously be paid to this and the possibility of eliminating the tannins from the winery by-product must be studied. Baja California is Mexico's largest wine-producing region, so the amount of winery by-product generated is significant. At present, low amounts of this by-product are integrated into the culture soil and its handling is problematic.

This work concludes that the winery by-product can be included up to a maximum of 16% of the total ingredients without significantly affecting growth. The decrease in ingestion rate as the amount of this ingredient increases indicates that this by-product needs to be improved; a reduction in the concentration of tannins will result in greater consumption and thus greater growth.

### Acknowledgements

This study is part of the B.Sc. thesis of the first author and was supported by CONACYT (project G28119B). We thank the following companies for their backing: BC Abalone, SA de CV; Roche Mexico; Alimentos Concentrados California, SA de CV; and Productos del Pacífico, SA de CV.

English translation by Christine Harris.

---

cantidad de este subproducto de la uva, debe de trabajarse un poco más en la reducción de la concentración de taninos para así incrementar el consumo, resultando en un mayor aprovechamiento y un crecimiento máximo.

### Agradecimientos

El presente trabajo forma parte de la tesis de licenciatura en oceanología de R. Nava-Guerrero y fue apoyado por CONACYT (proyecto G28119B). Agradecemos a las siguientes empresas su patrocinio de este experimento: BC Abalone, SA de CV; Roche, México; Alimentos Concentrados California, SA de CV; y Productos del Pacífico, SA de CV.

### Referencias

Akiyama, D.M. (1991). Future considerations for the aquaculture feed industry. In: Akiyama D.M. and Tan RRH (eds.),

- Proceedings of the Aquaculture feed processing and nutrition workshop. American Soybean Association. Rep. of Singapore, 5–9 pp.
- AOAC (1990). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemist. 15th ed. Washington, DC, pp. 2290.
- Badui, D.S. (1986). Química de los Alimentos. Editorial Alhambra Mexicana, pp. 283–284.
- Belitz, H.D. and Grosch, W. (1987). Food Chemistry. Springer-Verlag Berlin, 774 pp.
- Bligh, E.G. and Dyer, W.J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37(8): 911–917.
- Church, D.C. (1988). The Ruminant Animal. Digestive Physiology and Nutrition. Waveland Press, Inc. Illinois, USA 564 pp.
- Fleming, A.E., Van Barneveld, R.J. and Hone, P.W. (1996). The development of artificial diets for abalone: A review and future directions. *Aquaculture*, 140: 5–53.
- Gómez-Montes, L., García-Esquivel, Z., D'Abramo, L.R.D., Shimada, A., Vásquez-Peláez, C. and Viana, M.T. (2003). Effect of dietary protein-energy ratio on intake, growth and metabolism of juvenile green abalone *Haliotis fulgens*. *Aquaculture*, 220: 769–780.
- Gordon, H.R. and Cook, P.A. (2001). World supply, market and pricing: Historical, current and future. *J. Shellfish Res.*, 20(2): 567–570.
- Guzmán, J.M. and Viana, M.T. (1998). Growth of abalone *Haliotis fulgens* fed diets with and without fishmeal compared to a commercial diet. *Aquaculture*, 165: 321–331.
- Hahn, K.O. (1989). Nutrition and growth of abalone. In: K.O. Hahn (ed.), *CRC Handbook of Culture of Abalone and other Gastropods*. CRC Press, FL, pp. 135–156.
- Jandel (1994). Sigma-Stat for Windows. Vers. 1.0. Jandel Corp.
- Jobling, M. (2001). Feed composition and analysis. In: D. Houlihan, T. Boujard and M. Jobling (eds.), *Food Intake in Fish*. Blackwell Science, UK, pp. 1–48.
- SAS (2000). SAS Procedure Guide. Vers. 8. Cary, NC, SAS Institute Inc.
- Uki, N. and Watanabe, T. (1992). Review of the nutritional requirements of abalone (*Haliotis* sp.) and development of more efficient artificial diets. In: S.A. Shepherd, M.J. Tegner and S.A. Guzmán del Proó (eds.), *Abalone of The World. Biology, Fisheries and Culture*. Fishing News Books, Oxford, pp 504–517.
- Viana, M.T., López, L.M. and Salas, A. (1993). Diet development for juvenile abalone, *Haliotis fulgens*, evaluation of two artificial diets and macroalgae. *Aquaculture*, 117: 149–156.
- Viana, M.T., López, L.M., García-Esquivel, Z. and Méndez, E. (1996). The use of silage from fish and abalone viscera as an ingredient for abalone feed. *Aquaculture*, 140: 87–98.