

Valor nutritivo de harinas de macroalgas para el cultivo de semilla de almeja japonesa *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850): pruebas preliminares

M. Albentosa y A. Pérez Camacho

Centro Oceanográfico de A Coruña. Instituto Español de Oceanografía. Muelle de Ánimas, s/n. E-15001 A Coruña, España.
Correo electrónico: marina.albentosa@co.ieo.es

Recibido en julio de 2001. Aceptado en febrero de 2002.

RESUMEN

Se evalúa la calidad nutritiva dos harinas de macroalgas (esporofitos y gametofitos de *Undaria*) para el cultivo de semilla de almeja japonesa *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850). Ambas harinas se ensayaron como dieta única y como sustitución del 50 % en dos dietas de referencia, constituidas exclusivamente por la microalga *Isochrysis galbana* Parke clone T-ISO suministrada al 100 y al 50 % de la ración diaria de alimento. En ambos casos, el suministro de la harina duplica el crecimiento observado con la dieta de referencia del 50 %. Además, el crecimiento de la semilla con la dieta de sustitución es estadísticamente comparable, en peso seco, al de la dieta de control al 100 % en el caso de la harina de esporofitos, y ligeramente inferior con la de gametofitos (un 20 % más bajo que la dieta de control).

Estos resultados ilustran el interesante potencial de las harinas de macroalgas como alternativa parcial o total a los alimentos microalgales vivos. Estudios futuros relativos al aumento en el nivel de sustitución y sobre la modificación de las harinas para facilitar su digestión permitirán determinar el posible uso de estos productos en la alimentación de los moluscos bivalvos, e, incluso, de otro tipo de animales filtradores, como los rotíferos.

Palabras clave: Dietas alternativas, macroalgas, semilla, almeja japonesa, *Ruditapes philippinarum*, crecimiento.

ABSTRACT

Nutritive value of macroalgal meals for the culture of seed clams of the Manila clam *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850): Preliminary results

Nutritive value of two macroalgal meals (*Undaria* sporophytes and gametophytes) for Manila clam *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850) seed culture was studied. Both meals were tested at a substitution level of 50 % of the daily food ration and as single diets; these diets were then compared with the reference diets comprising the microalgae *Isochrysis galbana* Parke clone T-ISO, either as the entire daily food ration or half of the ration. In both cases, 50 % substitution of the microalgae by the macroalgal meals doubled the growth observed, compared with the reference diet. Moreover, growth rates of the seed clams fed on the substitution diets were statistically comparable, on a dry weight basis, to the 100 % control diet in the case of sporophytes meal, or lightly lower in the case of gametophytes meal (20 % lower than the control diet).

These results point out the interesting potential of the macroalgal meals as partial or total substitutes of live microalgae. Further future research focused on increasing the substitution level, along with modifying the meals in order to increase their digestibility, could determine the potential of these diets in the feeding of bivalves, and even in other filter-feeding animals, such as rotifers.

Keywords: Alternative diets, macroalgae, seed clams, Manila clam, *Ruditapes philippinarum*, growth.

INTRODUCCIÓN

La capacidad de producción de alimento es el factor limitante de mayor importancia en la producción de semilla de moluscos bivalvos en criaderos. Este alimento está constituido básicamente por una mezcla de microalgas de distintas especies cultivadas para tal fin en los propios criaderos, y hasta ahora, a diferencia de lo que sucede en el cultivo de peces o crustáceos, no se dispone de piensos de sustitución total o parcial del alimento microalgal. Este hecho, junto con el alto coste de producción de los cultivos microalgales, que representa casi la mitad de los costes de explotación de los criaderos, ponen en relieve la necesidad de disponer de un alimento alternativo.

En los últimos años, nuestro grupo de trabajo ha centrado su investigación en la búsqueda de algún alimento sustitutivo del microalgal vivo, ensayando, con mayor o menor éxito, diferentes productos: microalgas liofilizadas (Albentosa *et al.*, 1997), levaduras modificadas (Albentosa *et al.*, 1989) y harinas de cereales (Pérez Camacho *et al.*, 1998; Albentosa *et al.*, 1999); estas últimas han proporcionado los mejores resultados. Así, se ha conseguido sustituir hasta el 50 % de la ración diaria de microalgas por harinas de cereales sin que el crecimiento de la semilla disminuya. Actualmente, nuestro interés se centra en conseguir el incremento de este porcentaje de sustitución con la utilización de harinas elaboradas a partir de macroalgas. En este trabajo se presentan los primeros resultados que hemos obtenido con este tipo de harinas para el cultivo de la semilla de la almeja japonesa *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850).

MATERIAL Y MÉTODOS

Condiciones experimentales

La semilla utilizada procedía de criaderos industriales de *R. philippinarum*, y fue aclimatada a las condiciones de nuestro laboratorio durante un periodo mínimo de 10 días, en el que fue alimentada con la microalga *Isochrysis galbana* Parke clone T-ISO y mantenida a 20 ± 2 °C. Aclimatada la semilla, se seleccionó del siguiente modo: para el primer ensayo con harina de esporofitos de *Undaria* (experimento 1) se empleó semilla de 1,26 mm de talla y 0,52 mg indiv⁻¹ de peso vivo (PV), equivalentes a 0,26 mg indiv⁻¹ de peso seco (PS), con un

12,8 % de materia orgánica; para el ensayo con la harina de gametofitos (experimento 2) se utilizó semilla de 1,81 mm y 1,46 mg indiv⁻¹ (PV), equivalentes a 0,74 mg indiv⁻¹ (PS), con un 11,6 % de materia orgánica.

El dispositivo de experimentación fue el utilizado por Albentosa *et al.* (1999), que suministra las dietas discontinuamente a lo largo del día para evitar la sedimentación del alimento. Cada dieta se ensayó por triplicado y se añadió un cuarto cultivo sin animales con el fin de cuantificar la sedimentación del alimento. Los cultivos se mantuvieron durante 28 días.

Dietas

Se evaluaron dos harinas: una elaborada a partir de esporofitos (ME) de *Undaria* y otra a partir de gametofitos (MG). En ambos casos, las harinas se obtuvieron tras el secado, molienda y tamizado de las macroalgas, cultivadas en el Centro Oceanográfico de Santander del Instituto Español de Oceanografía. Ambas harinas se evaluaron como dieta única (ME y MG) y en sustitución al 50 % (50F + 50ME y 50F + 50MG); las dietas de referencia estaban constituidas exclusivamente por la microalga *Isochrysis galbana* clone T-ISO, con suministro de la ración de alimento diaria total (100F) o de la mitad (50F). La ración diaria se estimó previamente a cada ensayo y se consideró igual a la tasa de ingestión máxima de cada lote de semilla en las condiciones experimentales; esto es: el 4 % de materia orgánica de alimento en relación al peso vivo de la semilla en el primer ensayo (harina ME) y el 2 % en el segundo (harina MG).

Parámetros de evaluación de las dietas

El crecimiento de la semilla se registró semanalmente mediante la pesada de la biomasa de cada uno de los cultivos experimentales, tras el secado durante 10 minutos a temperatura ambiente sobre papel absorbente. Al finalizar los ensayos se determinaron, también, la talla y los pesos tras el secado a 100 °C (peso seco) y la calcinación a 450 °C (peso orgánico).

Métodos estadísticos

Los resultados fueron analizados utilizando el programa informático Statgraphics. La compara-

ción entre los diferentes parámetros de evaluación de las dietas se realizó mediante el test Anova, con un nivel de significación $P < 0,05$. Los datos expresados en porcentajes fueron transformados previamente al análisis calculando el arcoseno de sus raíces cuadradas positivas, con el fin de asegurar su normalidad. La homogeneidad de las varianzas se comprobó utilizando el test de Bartlett. En el caso de comparaciones múltiples, las diferencias entre cada par de dietas se analizaron usando el test de Student-Newman-Keuls. En los casos de varianzas no homogéneas incluso después de ser transformadas, el análisis de la varianza se realizó con el test de Kruskal-Wallis.

RESULTADOS

En la tabla I se muestran los pesos medios iniciales de la semilla utilizada en los experimentos y tras 28 días de alimentación con cada una de las dietas. Al finalizar la experiencia, la semilla que alcanzó mayor tamaño en ambos ensayos fue la alimentada con la dieta de control (100F), con un PS final de $6,88 \pm 0,91$ mg indiv⁻¹ en el experimento 1 (harina de esporofitos) y de $7,86 \pm 0,20$ mg indiv⁻¹ en el experimento 2. En el experimento 1 el peso de la semilla alimentada con la dieta de sustitución (50F + 50ME; $6,09 \pm 1,07$ mg indiv⁻¹) fue estadísticamente comparable al obtenido con la dieta de control (100F) (Anova; SNK test; $P > 0,05$), mien-

tras que en el experimento 2 fue significativamente inferior (50F + 50MG; $6,25 \pm 0,13$ mg indiv⁻¹). A pesar de ello, el crecimiento de la semilla alimentada con la dieta de sustitución con gametofitos fue sólo el 20 % inferior (en peso seco) al obtenido con la dieta de control.

En la figura 1 se muestran las tasas de crecimiento, expresadas en incrementos del peso seco por individuo y día, de la semilla de *R. philippinarum* alimentada con las dietas de sustitución compuestas por harina de esporofitos y de gametofitos de *Undaria*. En ambos casos, el suministro de la harina (dietas 50F + 50ME y 50F + 50MG) duplica el crecimiento observado con la dieta de referencia del 50 % (dieta 50F). Así, el crecimiento de la semilla alimentada con la dieta 50F en el experimento 1 fue de $93,8 \pm 21,3$ mg indiv⁻¹ día⁻¹, mientras que al suplementar esta dieta con harina de esporofitos (50F + 50ME), la tasa de crecimiento se duplica: $207,8 \pm 38,2$ mg indiv⁻¹ día⁻¹. Algo similar sucede con la harina de gametofitos, con la que se logra un crecimiento de $197,0 \pm 4,7$ mg indiv⁻¹ día⁻¹ en la semilla alimentada con la dieta de sustitución (50F + 50MG), mucho mayor que el observado con la dieta 50F ($102,0 \pm 8,6$ mg indiv⁻¹ día⁻¹).

La sustitución total de las microalgas por las harinas de macroalgas implicó un descenso considerable en el crecimiento de la semilla en ambos experimentos. En el caso de harina de esporofitos, la semilla alimentada exclusivamente con 100ME alcanzó un PS final de $1,37$ mg indiv⁻¹, apenas el 10 % del

Tabla I. Magnitudes corporales de la semilla de *R. philippinarum* alimentada durante 28 días con distintas dietas experimentales. (PV): peso vivo; (PS): peso seco; (MO): materia orgánica. 100F: dieta constituida por el 100 % de la ración de alimento con la microalga *I. galbana* clone T-ISO; 50F: dieta constituida por el 50 % de la ración de *I. galbana* clone T-ISO; 50F + 50ME y 50F + 50MG: dietas compuestas por un 50 % de microalgas y un 50 % por harina de esporofitos (ME) o de gametofitos (MG) de la macroalga *Undaria*; 100ME y 100MG: dietas exclusivamente compuestas por harinas de macroalgas.

Experimento 1: harina de esporofitos					
Dieta	PV (mg/indiv)	PS (mg/indiv)	MO (mg/indiv)	MO (%)	Talla media (mm)
Inicial	0,52	0,26	0,03	12,8	1,26
100F	$12,72 \pm 1,76$	$6,88 \pm 0,91$	$1,07 \pm 0,20$	$15,5 \pm 0,9$	$4,11 \pm 0,23$
50F	$5,57 \pm 1,25$	$2,89 \pm 0,60$	$0,30 \pm 0,08$	$10,4 \pm 0,6$	$2,94 \pm 0,23$
50F + 50ME	$11,17 \pm 1,94$	$6,09 \pm 1,07$	$0,69 \pm 0,09$	$11,6 \pm 0,6$	$3,86 \pm 0,26$
100ME	$1,37 \pm 0,03$	$0,79 \pm 0,03$	$0,08 \pm 0,00$	$10,4 \pm 0,2$	$1,69 \pm 0,07$
Experimento 2: harina de gametofitos					
Dieta	PV (mg/indiv)	PS (mg/indiv)	MO (mg/indiv)	MO (%)	Talla media (mm)
Inicial	1,46	0,74	0,09	11,6	1,81
100F	$14,59 \pm 0,40$	$7,86 \pm 0,20$	$0,98 \pm 0,04$	$12,4 \pm 0,3$	$4,33 \pm 0,04$
50F	$6,58 \pm 0,44$	$3,60 \pm 0,24$	$0,36 \pm 0,02$	$10,0 \pm 0,6$	$3,30 \pm 0,11$
50F + 50MG	$12,02 \pm 0,24$	$6,25 \pm 0,13$	$0,71 \pm 0,06$	$11,2 \pm 0,7$	$4,12 \pm 0,20$
100MG	$3,18 \pm 0,21$	$1,81 \pm 0,08$	$0,18 \pm 0,02$	$9,9 \pm 0,8$	$2,42 \pm 0,05$

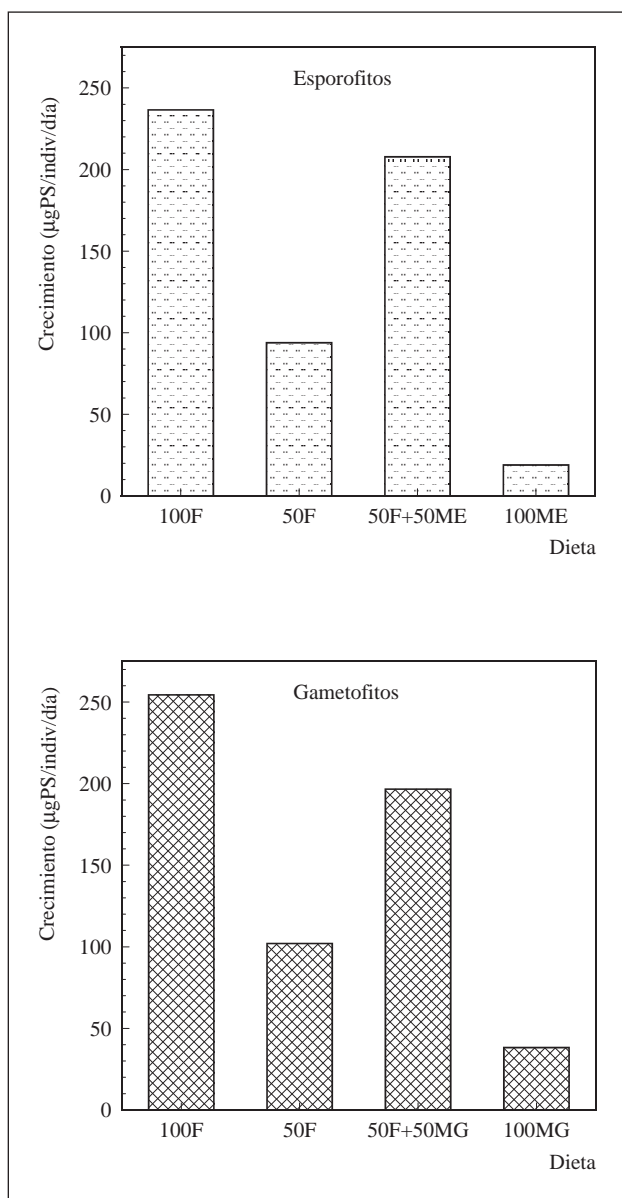


Figura 1. Crecimiento de la semilla de *Ruditapes philippinarum*, expresado en µg de peso seco por individuo y día, alimentada con harina de esporofitos o con harina de gametofitos de *Undaria*. 100F: dieta constituida por el 100 % de la ración de alimento por la microalga *I. galbana* clone T-ISO; 50F: dieta constituida por el 50 % de la ración con *I. galbana* clone T-ISO; 50F + 50ME y 50F + 50MG: dietas compuestas por un 50 % de microalgas y un 50 % por harina de esporofitos (ME) o de gametofitos (MG) de *Undaria*; 100ME y 100MG: dietas exclusivamente compuestas por harinas de macroalgas.

peso obtenido con la dieta de control o con la dieta de sustitución. El peso de la semilla alimentada con la harina de gametofitos (100MG), a pesar de ser muy bajo (3,18 mg indiv⁻¹), fue superior al obtenido con la harina de esporofitos, y constituye el 20 % del peso observado con la dieta de control.

En la tabla I se muestran los contenidos en materia orgánica de la semilla al finalizar el periodo experimental. En ambos ensayos el porcentaje de materia orgánica de la semilla de partida fue muy similar, en torno al 12 % del peso seco, que se mantiene en la dieta de control en el experimento 2 y sube ligeramente en el experimento 1. El porcentaje de materia orgánica disminuye ligeramente (hasta el 11 %) en ambas harinas con las dietas de sustitución, y es notablemente más bajo en las dietas de peor calidad (50F y 100ME; 100MG).

En la figura 2 se muestran las tasas de crecimiento relativo a la dieta de control para cada una de las magnitudes corporales estudiadas: peso seco, peso orgánico y talla, para las harinas ensayadas. El crecimiento en peso seco de la dieta de sustitución con harina de esporofitos fue el 88 % del obtenido con la dieta de control, y algo inferior, el 77 %, si la sustitución se hace con harina de gametofitos. Cuando se considera el crecimiento en peso orgánico de la semilla alimentada con la dieta de sustitución, éste disminuye hasta el 69 % en relación a la dieta de control con la harina de esporofitos, y hasta el 64 % con la harina de gametofitos. Este hecho también se ha observado con las dietas compuestas exclusivamente por harinas, con las que se obtuvo un crecimiento en peso seco del 9 % (100ME) y del 15 % (100MG), según la harina utilizada, con respecto a la dieta de control, mientras que el crecimiento en peso orgánico fue más bajo (4 % y 10 %) con respecto a la dieta de control.

La dieta de referencia (50F) proporcionó en ambos experimentos un crecimiento del 40 % en peso seco y del 30 % en materia orgánica con respecto a la dieta de control. El crecimiento en talla relativo a la dieta de control fue, en todos los casos, superior a los crecimientos observados en peso seco y en peso orgánico. Así, por ejemplo, el crecimiento en talla de la semilla fue del 90 %, respecto a la dieta de control, con las dietas de sustitución y del 15 % (100ME) y el 24 % (100MG) con las dietas compuestas exclusivamente por las harinas.

DISCUSIÓN

Los resultados presentados en este trabajo ponen de manifiesto el interesante potencial de las harinas de macroalgas en la alimentación de moluscos bivalvos en criadero. De hecho, en su medio, las macroalgas, y más exactamente los detritos pro-

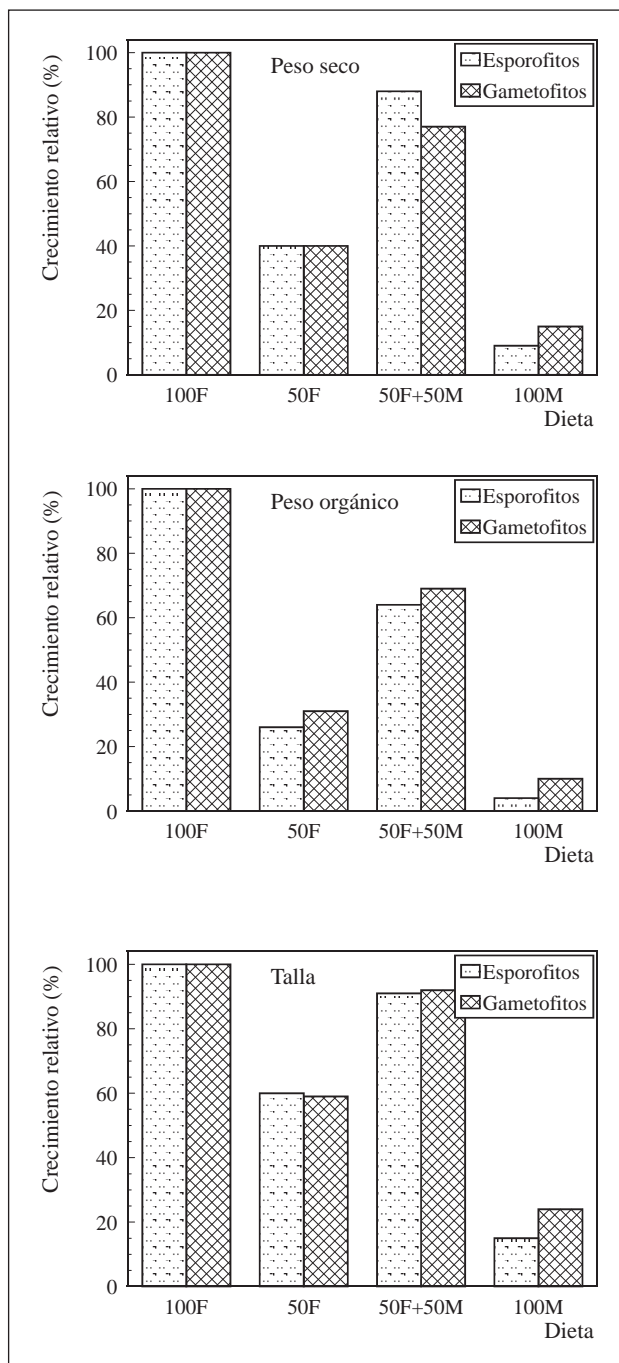


Figura 2. Crecimiento relativo a la dieta de control de la semilla de *Ruditapes philippinarum* expresado en peso seco, peso orgánico y talla, alimentada con las diferentes dietas: 100F: dieta constituida por el 100 % de la ración de alimento por la microalga *I. galbana* clone T-ISO; 50F: dieta constituida por el 50 % de la ración con *I. galbana* clone T-ISO; 50F + 50M: dietas compuestas por un 50 % de microalgas y un 50 % por harina de esporofitos o de gametofitos de *Undaria*; 100M: dietas exclusivamente compuestas por harinas de macroalgas.

cedentes de ellas, constituyen una fuente de alimento junto con el alimento vivo (fitoplancton y bacterias) y la materia orgánica disuelta (Darnell,

1967; Frankenberg y Smith, 1967; Ukeles, 1971). Es más: la mayor parte de la producción primaria en ecosistemas de estuario se debe a las plantas vasculares y a las macroalgas, mientras que la producción fitoplanctónica es de importancia menor (Kirby-Smith, 1976); estas macrofitas constituyen, por tanto, un aporte sustancial de nutrientes para los herbívoros que habitan estos ecosistemas. En consecuencia, la utilización de productos derivados de las macrofitas en la alimentación de bivalvos en los criaderos podría contribuir a un desarrollo más equilibrado de su cultivo (Uchida, Nakata y Maeda, 1997).

En los estudios detallados en la bibliografía sobre el valor nutritivo de las macroalgas en la alimentación de los herbívoros marinos se utilizan diferentes técnicas de degradación de éstas con el fin de elaborar dietas detriticas (Uchida y Nakayama, 1993; Uchida, Nakayama y Abe, 1995; Uchida, 1996; Uchida y Numaguchi, 1996; Uchida Nakata y Maeda, 1997). Estos autores han puesto a punto un conjunto de técnicas de degradación de diferentes especies de macrofitas, si bien su ensayo como alimento para bivalvos apenas ha sido abordado. Únicamente en Uchida y Numaguchi (1996) se describe cómo las larvas de almeja japonesa *R. philippinarum* son capaces de ingerir detritos obtenidos a partir de la degradación del alga *Ulva pertusa* Kjellman por bacterias marinas. Las macroalgas utilizadas en el presente estudio para la fabricación de las harinas sólo fueron secadas y molidas, y no se les aplicó tratamiento alguno de modificación de su estructura, tratamiento que sí ha sido aplicado por nuestro grupo de trabajo en un estudio posterior (Pérez Camacho *et al.*, 2002).

El nivel de sustitución del alimento vivo por harinas de macroalgas obtenido en nuestro estudio (50 %) coincide con el que nuestro grupo obtuvo en investigaciones anteriores con harinas de cereales. En aquellos ensayos, realizados con semilla de almeja fina *Ruditapes decussatus* (L., 1758), el crecimiento de la semilla alimentada con la dieta de sustitución del 50 % usando harina de maíz (Pérez Camacho *et al.*, 1998) y germen de trigo (Albentosa *et al.*, 1999) fue comparable al de la semilla alimentada con la dieta de control. En el presente estudio, la sustitución del 50 % de la dieta microalgal por harina de esporofitos implicó un crecimiento de la semilla similar al de la dieta de control, por lo menos en peso seco. A pesar de que sería deseable un nivel de sustitución más alto, la reducción en el

50 % de los gastos de producción de alimento vivo en los criaderos supondría un importante incremento en el rendimiento de los mismos, teniendo en cuenta que la producción de fitoplancton es una de las operaciones más costosas de los criaderos de bivalvos, sobre todo en la fase de semilla (Coutteau y Sorgeloos, 1992).

Se ha observado aquí un ligero descenso en el porcentaje de materia orgánica de la semilla alimentada con las dietas de sustitución al finalizar el periodo experimental, como ya detectamos con las harinas de cereales (Pérez Camacho *et al.*, 1998; Albentosa *et al.*, 1999). Este descenso está íntimamente relacionado con el hecho de que las diferencias entre dietas son sensiblemente inferiores si el crecimiento se expresa en talla en lugar de en peso orgánico; por ejemplo: el crecimiento, expresado en peso orgánico de la semilla alimentada con la dieta de sustitución 50F + 50MG, fue el 70 % del obtenido con la dieta de control 100F, mientras que, si expresamos este crecimiento en talla, supera el 90 %. Cómo también se apuntaba en los estudios con harinas de cereales, en etapas de rápido crecimiento, como la etapa de semilla, parece existir un crecimiento preferencial de la concha en detrimento del crecimiento de los tejidos corporales, lo que, en casos de deficiencias cualitativas o cuantitativas de la dieta, acentúa todavía más este crecimiento diferencial.

Los resultados que se describen en este artículo ilustran el interesante potencial de las harinas de macroalgas como sustitutas parciales o totales de los alimentos microalgales vivos. Estudios futuros relativos al aumento del nivel de sustitución, así como de la posible modificación de las harinas para facilitar su digestión o la variación de la composición bioquímica de las macroalgas permitirán determinar el posible uso de estos productos en la alimentación de los moluscos bivalvos, e, incluso, de otro tipo de animales filtradores, como los rotíferos.

AGRADECIMIENTOS

A C. Fernández Pena por la asistencia técnica prestada en los cultivos microalgales y de semilla. A J. M. Salinas y a su equipo por proporcionar las macroalgas. Este estudio se ha llevado a cabo dentro del proyecto "Desarrollo de biotransformados de algas marinas especialmente adaptados para la ali-

mentación de moluscos bivalvos" financiado por el Plan Nacional I + D + i (Ref.: AQUA00-001).

BIBLIOGRAFÍA

- Albentosa, M., M. J. Fernández Reiriz, A. Pérez Camacho y U. Labarta. 1999. Growth performance and biochemical composition of *Ruditapes decussatus* (L.) spat fed on microalgal and wheatgerm flour diets. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 232: 23-37.
- Albentosa, M., E. Naessens, P. Léger, P. Coutteau, P. Lavens y P. Sorgeloos. 1989. Promising results in the seed culturing of the Manila clam *Tapes semidecussata* with a manipulated yeast product as a partial substitute for algae. En: *Aquaculture Europe'89. Business joins science* (European Aquaculture Society Special Publication). R. Billard y N. de Pauw (eds.) 10: 7-8.
- Albentosa, M., A. Pérez Camacho, U. Labarta y M. J. Fernández Reiriz. 1997. Evaluation of freeze-dried microalgal diets for the seed culture of *Ruditapes decussatus* using physiological and biochemical parameters. *Aquaculture* 154: 305-321.
- Coutteau, P. y P. Sorgeloos. 1992. The use of algal substitutes and the requirement for live algae in the hatchery and nursery rearing of bivalvemolluscs: an international survey. *J. Shellfish. Res.* 11 (2): 467-476.
- Darnell, R. M. 1967. Organic detritus in relation to the estuarine ecosystem. En: *Estuaries*. G. M. Lauff (ed.) 83: 375-382. American Association for the Advancement of Science. Washington.
- Frankenberg, D. y K. L. Smith. 1967. Coprophagy in marine animals. *Limnol. Oceanogr.* 12: 443-450.
- Kirby-Smith, W. W. 1976. The detritus problem and the feeding and digestion of an estuarine organism. En: *Estuarine Processes*. M. Wiley (ed.) I: 469-479. Academic Press. Nueva York.
- Pérez Camacho, A., M. Albentosa, M. J. Fernández Reiriz y U. Labarta. 1998. Effect of microalgal and inert (cornmeal and cornstarch) diets on growth performance and biochemical composition of *Ruditapes decussatus* seed. *Aquaculture* 160: 89-102.
- Pérez Camacho, A., J. M. Salinas, C. Fuertes y M. Delgado. 2002. Utilización de biotransformados de *Laminaria saccharina* (L.) Lamouroux en la alimentación de la semilla de la almeja *Ruditapes decussatus* (L., 1758). En: *VIII Congreso nacional de acuicultura: Acuicultura y desarrollo sostenible*. (22-25 de mayo, 2001. Santander, Cantabria, España). I. Arnal Atarés *et al.* (eds.). *Boletín. Instituto Español de Oceanografía* 18(1-4): 321-328.
- Uchida, M. 1996. Formation of single cell detritus densely covered with bacteria during experimental degradation of *Laminaria japonica* Thalli. *Fisheries Science* 62 (5): 731-736.
- Uchida, M., K. Nakata y M. Maeda. 1997. Introduction of detrital food webs into an aquaculture system by supplying single cell algal detritus produced from *Laminaria japonica* as a hatchery diet for *Artemia* nauplii. *Aquaculture* 154: 125-137.

- Uchida, M. y A. Nakayama. 1993. Isolation of *Laminaria*-frond decomposing bacteria from Japanese coastal waters. *Nippon Suisan Gakkaishi* 59 (11): 1865-1871.
- Uchida, M., A. Nakayama y S. Abe. 1995. Distribution and characterization of bacteria capable of decomposing brown algae fronds in waters associated with *Laminaria* fronds. *Fisheries Science* 61 (1): 117-120.
- Uchida, M. y K. Numaguchi. 1996. Formation of protoplasmic detritus with characteristics favorable as food for secondary animals during microbial decomposition of *Ulva pertusa* (Chloropyta) frond. *Journal of Marine Biotechnology* 4: 200-206.
- Ukeles, R. 1971. Nutritional requirements in shellfish culture. En: *Proceedings of the Conference on Artificial Propagation of Commercially Valuable Shellfish* (22-23 de octubre, 1969. Newark, Delaware, EE UU). K. S. Price y D. L. Maurer (eds.): 42-64. College of Marine Studies, Universidad de Delaware. Newark (Delaware), EE UU.