

## PERFIL METABÓLICO DE PARALARVAS DE PULPO COMÚN (*Octopus vulgaris*) EN LAS PRIMERAS FASES DE VIDA

A.E. Morales<sup>1</sup>, G. Cardenete<sup>1</sup>, M.C. Hidalgo<sup>1</sup>, D. Garrido<sup>2</sup>, V. Martín<sup>2</sup> y E. Almansa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dpto. de Zoología, Facultad de Ciencias, Campus de Excelencia Internacional del Mar (CEI-MAR), Universidad de Granada, Campus Fuentenueva s/n, 18071 Granada. E-mail: [amaenca@ugr.es](mailto:amaenca@ugr.es)

<sup>2</sup> Instituto Español de Oceanografía, Centro Oceanográfico de Canarias, Vía Espaldón, Dársena Pesquera PCL 8, 38180 Santa Cruz de Tenerife.

### Abstract

The metabolic profile of common octopus paralarvae newly hatched and after 12 days of feeding with *Artemia* enriched with phytoplankton (*Isochrysis galbana* and *Nannchloropsis* sp.) or marine phospholipids (LC60) were assessed. The cultured paralarvae of 12 days showed a significant increase in activities that support the anaerobic catabolism, octopine dehydrogenase (ODH) and lactate dehydrogenase (LDH), necessary for the capture of prey. He was also observed a significant increase in the activity of  $\beta$ -hydroxyacyl CoA deshydrogenase (HOAD), indicative of catabolism of fatty acids, and the significant decrease in the activity of glutamate dehydrogenase, indicative of proteolysis, which would indicate an increase in the use of fatty acids from food as a source of energy during periods of swimming slow and sustained, reducing the use of amino acids as fuel.

### Resumen

Se evaluó el perfil metabólico de paralarvas de pulpo común recién eclosionadas y tras 12 días de alimentación con *Artemia* enriquecida con fitoplancton (*Isochrysis galbana* y *Nannchloropsis* sp.) o con fosfolípidos marinos (LC60). Las paralarvas cultivadas de 12 días presentaron un aumento significativo de las actividades que soportan el catabolismo anaeróbico, octopina deshidrogenasa (ODH) y lactato deshidrogenasa (LDH), necesarias para la captura de presas. También se observó un aumento significativo de la actividad  $\beta$ -hidroxiacil CoA deshidrogenasa (HOAD), indicativa de catabolismo de ácidos grasos, y la disminución significativa de la actividad glutamato deshidrogenasa, indicativa de proteólisis, lo que indicaría un aumento del uso de ácidos grasos del alimento como fuente de energía en los periodos de natación lenta y sostenida, reduciéndose el uso de aminoácidos como combustible.

### Justificación

El pulpo común (*Octopus vulgaris*) es un excelente candidato para la acuicultura debido a algunas de sus características biológicas, como el desarrollo embrionario directo, ciclo de vida corto, rápido crecimiento e índice de conversión alimenticia elevado (Vaz-Pires et al., 2004). La alta tasa de mortalidad en la fase de paralarva de *Octopus vulgaris* supone un gran impedimento para su cultivo intensivo, práctica que ha adquirido un gran interés comercial en los últimos años. Un aspecto importante es el hecho de que, aunque los pulpos adultos tienen vida bentónica, las paralarvas son pelágicas desde la eclosión hasta los 30-60 días de vida, siendo fundamental asegurar un correcto desarrollo de las funciones que deben soportar dicha actividad. Tras la eclosión, las paralarvas poseen reservas vitelinas internas que les permiten sobrevivir en ausencia de alimento algunos días. Desde ese momento hasta los 30-60 días se alimentan de pequeños crustáceos del zooplancton, lo que implica capturar las presas. Estos episodios puntuales de natación explosiva se realizan a expensas del metabolismo anaerobio, por tanto, la supervivencia de las paralarvas va ligada al desarrollo de su metabolismo durante sus primeros días de vida. En los animales en general, la principal vía de obtención de energía en condiciones anaerobias es la catalizada por la enzima lactato deshidrogenasa (LDH). No obstante, los moluscos poseen una vía alternativa mediante una reacción catalizada por la octopina deshidrogenasa (ODH) que degrada depósitos de argininafosfato. Dado que las altas tasas de mortalidad podrían estar relacionadas con algún tipo de limitación metabólica, se ha analizado la actividad de las enzimas clave del metabolismo intermediario con el objetivo de evaluar las posibles adaptaciones metabólicas experimentadas por las paralarvas en los primeros doce días de vida, así como la influencia de la composición del alimento.

### Material y métodos

Ejemplares adultos de pulpo común fueron capturados en aguas costeras próximas al Centro Oceanográfico de Canarias (IEO-Tenerife) para obtener las paralarvas. Éstas fueron cultivadas en tanques de 500L cilindro-cónicos negros a una densidad de 10 paralarvas/L en circuito abierto de 18:00h a 8:00 h

con un caudal de 1L/min, fotoperiodo de 12L:12O, iluminancia de 700 lx y aireación suave. Además, se empleó agua verde ( $5 \cdot 10^5$  cél /mL de *Nannochloropsis sp.*) Phytobloom Green Formula®, Portugal). Las paralarvas fueron alimentadas con metanauplios de *Artemia* (Sep-Art AF INVE Aquaculture, Bélgica) enriquecidas 24h con fitoplacton (*Isochrysis aff. galbana* T-Iso, aportada por easy algae®, Cádiz, Spain y *Nannochloropsis sp.*) o con fosfolípidos marinos (Marine Lecithin LC60, Phospho Tech Laboratoires, Francia). Las paralarvas fueron alimentadas tres veces al día con 0.5 Artemias/mL. Todos los tratamientos fueron realizados por triplicado. Se tomaron muestras de paralarvas a 0 y 12 días para determinar la actividad de las enzimas clave del metabolismo intermediario: octopina deshidrogenasa (ODH) y lactato deshidrogenasa (LDH) según Baldwin and England (1980), fructosa 1,6-bisfosfatasa (FBPasa), piruvato kinasa (PK), glucosa 6-fosfato deshidrogenasa (G6PDH), citrato sintasa (CS),  $\beta$ -hidroxiacil CoA deshidrogenasa (HOAD), glutamato piruvato transaminasa (GPT), glutamato oxalacetato transaminasa (GOT) y glutamato deshidrogenasa (GDH) según lo descrito por Pérez-Jiménez *et al.* (2012).

## Resultados y discusión

Las paralarvas de 12 días presentan un aumento significativo de las actividades que soportan el catabolismo anaeróbico, lactato deshidrogenasa (LDH) y octopina deshidrogenasa (ODH), independientemente del alimento consumido, siendo este aumento mucho más pronunciado en el caso de la ODH, lo que confirma la importancia de esta enzima en cefalópodos. Los resultados indican que estos animales desarrollan su metabolismo en un periodo corto de tiempo, ya que un catabolismo anaerobio deficiente provocaría un déficit de energía para sustentar la natación explosiva, condicionando la captura de presas y, por tanto, su supervivencia. Otro aspecto destacable en las paralarvas de 12 días es el aumento significativo de la actividad HOAD y la disminución significativa de la actividad GDH, lo que indicaría que las paralarvas estarían usando los ácidos grasos del alimento como fuente de energía en los periodos de natación lenta y sostenida, con lo que se reduciría la degradación de aminoácidos con ese fin. Respecto a la actividad HOAD, las paralarvas alimentadas con *Artemia* enriquecida con *Isochrysis* y *Nanochlorosis* presentaron un aumento de actividad más marcado que las alimentadas con LC60. En el resto de actividades enzimáticas no se observan diferencias significativas derivadas de la edad o del régimen alimenticio.

Tabla 1. Actividad específica (mU/mg proteína) de enzimas del metabolismo intermediario en paralarvas de pulpo común (*Octopus vulgaris*).

	FBPasa	PK	LDH	ODH	G6PDH	CS	HOAD	GPT	GOT	GDH
<b>0</b>	0.9 ± 0.2	172.7 ± 6.9	15.1 <sup>a</sup> ± 2.4	22.8 <sup>a</sup> ± 2.9	12.7 ± 0.4	60.0 ± 6.2	9.9 <sup>a</sup> ± 0.4	9.8 ± 0.9	354.6 ± 21.7	78.5 <sup>b</sup> ± 5.3
<b>12IN</b>	0.6 ± 0.04	195.8 ± 3.5	22.6 <sup>b</sup> ± 0.4	81.3 <sup>b</sup> ± 8.9	11.0 ± 1.0	70.5 ± 5.0	31.4 <sup>c</sup> ± 1.3	9.4 ± 0.9	298.0 ± 35.3	46.4 <sup>a</sup> ± 6.1
<b>12LC60</b>	1.2 ± 0.4	190.2 ± 16.1	22.9 <sup>b</sup> ± 1.0	80.9 <sup>b</sup> ± 10.0	11.9 ± 0.2	60.2 ± 3.8	21.1 <sup>b</sup> ± 2.7	11.4 ± 1.5	341.1 ± 13.9	49.3 <sup>a</sup> ± 4.4

Los valores se presentan como media  $\pm$  error estándar (n=3). Diferentes superíndices indican diferencias significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ). 0: paralarvas recién eclosionadas; 12IN: paralarvas de 12 días alimentadas con *Artemia* enriquecida con *Isochrysis* y *Nanochlorosis*; 12LC60: paralarvas de 12 días alimentadas con *Artemia* enriquecida con fosfolípidos marinos

## Bibliografía

Baldwin J., England W.R. 1980. A comparison of anaerobic energy metabolism in mantle and tentacle muscle of the blue-ringed octopus, *Hapalochlaena maculosa*, during swimming. Australian Journal of Zoology 28, 407-412.

Pérez-Jiménez A., Cardenete G., Hidalgo M.C., García-Alcazar A., Abellán E., Morales A.E. 2012. Metabolic adjustments of *Dentex dentex* to prolonged starvation and refeeding. *Fish Physiology and Biochemistry* 38, 1145-1157.

Vaz-Pires P., Seixas P., Barbosa A. 2004. Aquaculture potential of the common octopus (*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797): a review. *Aquaculture* 238, 221-238.

#### **Agradecimientos**

Al proyecto OCTOWELF (Ref. AGL2013-49101-C2-2-R)