

B. Alimentación y Nutrición

**USO DE ACEITES RICOS EN EPA Y DHA DERIVADOS DE UNA PLANTA TRANSGÉNICA
EN DIETAS PARA ACUICULTURA**

Betancor MB¹, Sprague M¹, Wischhusen P¹, Mourente G², Napier JAN³, Tocher DR¹

¹Institute of Aquaculture, Faculty of Natural Sciences, University of Stirling, Stirling FK9 4LA, Reino Unido; ²Departamento de Biología, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, Universidad de Cádiz, 11510 Puerto Real, Cádiz, España; ³Rothamsted Research, Harpenden AL5 2JQ, Reino Unido

Resumen

La oferta limitada de aceite de pescado, tradicionalmente la principal fuente de ácidos grasos omega-3 poliinsaturados de cadena larga (n-3 LC-PUFA), en concreto ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA), ha hecho necesario el desarrollo de fuentes completamente nuevas de estos nutrientes dietéticos esenciales. Recientemente, se ha demostrado que los aceites que contienen EPA y DHA derivados de una planta oleaginosa modificada genéticamente, *Camelina sativa*, promueven el crecimiento y mejoran los contenidos de EPA y DHA en distintas especies de peces. En esta comunicación se resumirán los principales resultados que confirman el uso potencial de esta nueva fuente de n-3 en dietas para especies acuícolas de interés comercial.

Introducción

Se sabe que los ácidos grasos omega-3 poliinsaturados de cadena larga (n-3 LC-PUFA) ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA), tienen efectos beneficiosos para la salud humana. Aunque los peces son la principal fuente de estos nutrientes, las pesquerías que tradicionalmente los suministraban están, en el mejor de los casos, estancadas o, en el peor de los casos, en declive, por lo que ahora más del 50% de todos los peces y mariscos se crían en granjas. Paradójicamente, muchos peces de cultivo también requieren un suministro dietético de EPA+DHA para garantizar un crecimiento máximo y una salud óptima (Tocher et al 2019). Históricamente, esto se suministraba en los piensos mediante la inclusión de harina y aceite de pescado, derivados de pesquerías. El alto uso de estos ingredientes es una práctica insostenible, lo que impulsó el desarrollo de piensos basados en harinas y aceites vegetales, carentes de n-3 LC-PUFA, por lo que su uso ha resultado en niveles reducidos de EPA +DHA en los peces de cultivo. Los niveles más bajos de EPA y DHA en la dieta no solo afectan a los consumidores, sino que también tienen posibles consecuencias para la salud de los peces de cultivo.

Una alternativa sería generar EPA+DHA en cultivos oleaginosos (Napier y Betancor 2023). En los últimos años, se han desarrollado cultivos de *Camelina sativa* modificados genéticamente para producir EPA o EPA+DHA en sus semillas (Napier y Betancor 2023), y han sido evaluados extensamente en varias especies (Tabla 1). En esta comunicación se analizarán los principales resultados obtenidos con las distintas especies que validan el uso de esta nueva materia prima para dietas de acuicultura.

Tabla 1.- Experiencias realizadas en las distintas especies incluyendo que iteración del aceite se utilizó, el peso inicial de los peces así como la duración de los experimentos.

Especie	Iteración	Peso inicial (g)	Duración	Referencia
Salmón Atlántico (<i>Salmo salar</i>)	EPA	82.5±8.1	7 semanas	Betancor et al. 2015
	EPA+DHA	256.2±11.7	11 semanas	Betancor et al. 2016a
	EPA+DHA	122.5±0.3	12 semanas	Betancor et al 2017
	EPA+DHA	133.0±1.6	12 semanas	Betancor et al 2018
	EPA+DHA	187.2±2.4	37 semanas	Tocher et al enviado
	EPA+DHA	39.6±1.5	41 semanas	Betancor et al in prep
Dorada (<i>Sparus aurata</i>)	EPA+DHA	55.5±0.4	11 semanas	Betancor et al, 2016b
Lubina (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	EPA+DHA	16.7±0.9	18 semanas	Betancor et al 2021
Atún rojo (<i>Thunnus thynnus</i>)	EPA+DHA	3.4±1.9	18 días	Betancor et al 2022
Trucha (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	EPA+DHA+Astax	294.0±32.1	10 semanas	Wischhusen et al in prep

Material y métodos

Esta nueva fuente de n-3 LC-PUFA ha sido testada en cinco especies distintas de interés acuícola tal y como se indica en la Tabla 1. Se probaron varias iteraciones del aceite conteniendo sólo EPA, EPA+DHA (distintos niveles) o EPA+DHA y el pigmento astaxantina. Los experimentos no sólo reportaron el efecto de este aceite sobre el crecimiento y acúmulo de ácidos grasos en las diferentes especies si no que también evaluaron el impacto sobre la respuesta inmune, inflamatoria, oxidativa, bienestar y calidad del filete.

Resultados y discusión

El crecimiento no se vio afectado con inclusiones del aceite transgénico en ninguna de las especies. El músculo de los peces alimentados con el nuevo aceite acumulo mas EPA+DHA que peces alimentados con mezclas de aceites que reflejan tendencias comerciales. Ningún aspecto relacionado con el estado oxidativo, inflamación o inmunidad se vio afectado. En algunas especies, específicamente lubina y trucha, la presencia de glucosinolatos, un factor antinutricional encontrado en plantas de la familia Brassicaceae, impactó levemente en la ingesta de alimento, hecho que se normalizó después de algunas semanas de habituación a las dietas. Por tanto, todos estos experimentos demuestran que el aceite derivado de *Camelina sativa* modificado genéticamente es un ingrediente seguro que promueve el crecimiento de los peces, a la vez que su valor nutritivo al potenciar el acúmulo de los ácidos grasos saludables EPA y DHA.

Palabras clave:

Lípidos, EPA+DHA, Camelina, nutrición.

Bibliografía

- Betancor, M.B., Sprague, M., Usher, S., Sayanova, O., Campbell, P.J., Napier, J.A., Tocher, D.R., 2015a. A nutritionally-enhanced oil from transgenic *Camelina sativa* effectively replaces fish oil as a source of eicosapentaenoic acid for fish. *Sci. Rep.* 5, 8104.
- Betancor, M.B., Sprague, M., Sayanova, O., Metochis, C., Campbell, P.J., Napier, J.A., Tocher, D.R., 2016a. Nutritional evaluation of an EPA-DHA oil from transgenic *Camelina sativa* in feeds for post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *PLoS One* 11, e0159934
- Betancor, M.B., Sprague, M., Montero, D., Usher, S., Sayanova, O., Campbell, P.J., Napier, J.A., Caballero, M.J., Izquierdo, M., Tocher, D.R., 2016b. Replacement of marine fish oil with de novo omega-3 oils from transgenic *Camelina sativa* in feeds for gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). *Lipids* 51, 1171-1191.
- Betancor, M.B., Li K., Sprague, M., Bardal, T., Sayanova, O., Usher, S., Han, L., Måsøval, K., Torrissen, O., Napier, J.A., Tocher, D.R., Olsen, R.E., 2017. An oil containing EPA and DHA from transgenic *Camelina sativa* to replace marine fish oil in feeds for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.): Effects on intestinal transcriptome, histology, tissue fatty acid profiles and plasma biochemistry. *PLoS One* 12, e0175415.
- Betancor, M.B., Li, K., Bucerzan, V.S., Sprague, M., Sayanova, O., Usher, S., Han, L., Norambuena, F., Torrissen, O., Napier, J.A., Tocher, D.R., Olsen, R.E., 2018. Oil from transgenic *Camelina sativa* containing over 25 % n-3 long-chain polyunsaturated fatty acids as the major lipid source in feed for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Br. J. Nutr.* 119, 1378-1392.
- Betancor, M.B., MacEwan, A., Sprague, M., Gong, X., Montero, D., Han, L., Napier, J.A., Norambuena, F., Izquierdo, M., Tocher, D.R., 2021. Oils from transgenic *Camelina sativa* as a source of EPA and DHA in feeds for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture* 530, 735759.
- Betancor, M.B., Sprague, M., González-Silvera, D., Ortega, A., de la Gándara, F., Gong, X., Napier, J.A., Tocher, D.R., Mourente, G., 2022. Oils derived from GM crops as sustainable solutions to the supply of long-chain omega-3 for on-growing Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L.). *Fishes* 7, 366.
- Napier, J.A., Betancor, M.B., 2023. Engineering plant-based feedstocks for sustainable aquaculture. *Curr. Op. Plant Biol.* 71, 102323.
- Tocher, D.R., Betancor, M.B., Sprague, M., Olsen, R.E., Napier, J.A., 2019. Omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids, EPA and DHA: Bridging the gap between supply and demand. *Nutrients* 11, 89.

Correo del autor:

m.b.betancor@stir.ac.uk