

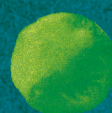


Documento técnico

# OPTIMUM OMEGA NUTRITION™

---

Dra. Ester Santigosa, Ian Carr y Prof. Brett Glencross



**veramaris**®  
A JOINT VENTURE OF DSM AND EVONIK

## MEJORANDO LA PRODUCTIVIDAD EN LA ACUICULTURA AL CUMPLIR LOS REQUISITOS DE OMEGA-3 Y OMEGA-6 EN LA DIETA DEL SALMÓN ATLÁNTICO

### RESUMEN

El ácido eicosapentaenoico (EPA), el ácido docosahexaenoico (DHA) y el ácido araquidónico (ARA) son ácidos grasos esenciales (AGE) que desempeñan un papel fundamental para garantizar la salud, el bienestar, la productividad y la calidad del producto en la acuicultura del salmón del Atlántico. Sin embargo, debido a restricciones ambientales y de suministro, la industria del salmón se está enfrentando a presiones cada vez mayores para optar por alternativas más sustentables y consistentes que el aceite de pescado, que ha sido la fuente tradicional de estos AGE en alimentos para peces. Debido a producciones anuales extremadamente limitadas de las pesquerías, se ha generado una escasez de los ácidos grasos Omega-3, EPA y DHA, y es muy poco probable que ésta aumente en el tiempo.

Existen alternativas al aceite de pescado. Los aceites vegetales son muy distintos al aceite de pescado y son particularmente deficientes en Omega-3 EPA y DHA, pero cuentan con altos contenidos de Omega-6, los cuales, si son administrados en exceso en la alimentación, pueden impactar negativamente la salud y el bienestar de los peces, la calidad del producto final y por lo tanto, la productividad y rentabilidad del cultivo de salmón. Adicionalmente, niveles bajos en la dieta de Omega-3 EPA y DHA modifican el contenido de omega 3 en los filetes de salmónes, impactando así el "alto en Omega-3" del salmón, característica que debe ser protegida para mantener los beneficios en la salud del consumidor, además de permitir continuar con el éxito del sector del cultivo de salmónes.

El aceite natural de algas marinas de Veramaris® es una fuente alternativa sustentable y consistente de EPA, DHA y ARA, con un perfil superior al de otras fuentes de omega 3 y/o incluso al del altamente concentrado aceite de pescado. Esto permite una formulación de alimento precisa y aumenta efectivamente la producción de salmón atlántico. Optimum Omega Nutrition™ de Veramaris® es una guía para alcanzar las necesidades de Omega-3 EPA y DHA y Omega-6 ARA, a la vez que mantiene la razón de Omega-3 y Omega-6 en las dietas de salmónes, mejorando la salud y bienestar de éstos a lo largo de la producción. Al utilizar el aceite de algas de Veramaris® junto con la guía Optimum Omega Nutrition™, los criadores de salmónes no sólo mejoran la productividad, la calidad del producto y el rendimiento, sino que también disminuyen su huella marina.

### ¿POR QUÉ ALGUNOS ÁCIDOS GRASOS SON ESENCIALES?

Los lípidos de la dieta son elementos vitales para la nutrición de peces como fuentes de energía, mensajeros químicos, y fuentes de ácidos grasos esenciales (AGE) (1). Los AGE son ácidos grasos poliinsaturados (AGPI) que no pueden ser sintetizados por el cuerpo y por lo tanto deben ser obtenidos a través de la dieta. Existen dos familias principales: los Omega-3 (n-3) y los Omega-6 (n-6). Entre los AGPI Omega-3 se encuentra el ácido eicosapentaenoico (EPA; 20:5n-3), el ácido docosahexaenoico (DHA; 22:6n-3) y el ácido alfa-linolénico (ALA, 18:3n-3), mientras que el ácido araquidónico (ARA; 20:4n-6) y el ácido linoleico (AL; 18:2n-6) pertenecen a la familia de los AGPI Omega-6.

Los AGE son necesarios fisiológicamente para el crecimiento, reproducción, inmunidad y calidad del producto de animales y deben ser suministrados en la dieta a concentraciones apropiadas. Éstos son claves para la función endocrina e inmune, incluyendo la función de barrera protectora del intestino, desarrollo y función del siste-

ma nervioso, cerebro, visión, pigmentación, resistencia a enfermedades y estrés, síntesis celular y regulación iónica, y para el mantenimiento de la diversidad y balance en el microbioma intestinal al aumentar la proporción de bacterias beneficiosas (2–5). La influencia de los AGPI en el sistema inmune es un área de especial interés porque éstos tienen un rol clave como precursores de eicosanoides, los que actúan como mediadores de la respuesta inmune. Específicamente, los eicosanoides derivados de ARA promueven las respuestas inflamatorias, mientras que los eicosanoides derivados de EPA producen una respuesta antiinflamatoria que antagoniza los eicosanoides derivados de ARA. Los eicosanoides derivados tanto de EPA como de DHA están involucrados en la respuesta antiinflamatoria hasta llevarla a término (6). Dado el rol de EPA en mediar las respuestas inflamatorias, lo mejor es mantener el ratio EPA:DHA a 1,5:1 debido a que niveles insuficientes de EPA pueden resultar en una respuesta antiinflamatoria insuficiente (7). Una incorporación de altos niveles de ARA y DHA, en ausencia de EPA, ha sido asociada a efectos negativos en el hígado de los peces (8), mientras que al aumentar los niveles de EPA y DHA,

y por lo tanto, aumentar el ratio Omega-3:Omega-6, ha mostrado el fortalecimiento de la función de la barrera intestinal en respuesta a estrés crónico (5). Por lo tanto, es de suma importancia que los niveles de ARA se mantengan más bajos que los de EPA o DHA.

## LA BÚSQUEDA PARA CUBRIR LA DEMANDA DE AGE EN EL SUMINISTRO DE ALIMENTO PARA SALMONES

Los requerimientos de AGE han sido históricamente satisfechos con harina de pescado y aceite de pescado (AP). El cultivo de salmones es altamente dependiente del AP y aproximadamente el 70 % del suministro anual del AP es utilizado en acuicultura (9). Esto se debe a que el AP se caracteriza por un contenido relativamente alto de AGPI de cadena larga (AGPI-CL) Omega-3, por lo que presenta un perfil ideal de ácidos grasos (AG) que satisface las necesidades de los peces y ayuda a la sobrevivencia, crecimiento y salud de los peces.

El suministro de AP es limitado, varía en calidad y costo y no puede responder a la creciente expansión y demanda de la industria acuícola (2,3). Además, cada vez hay mayores objeciones ecológicas y éticas a la sobreexplotación de pesquerías silvestres y alimentar una industria acuícola en crecimiento (10), por lo que la industria está buscando fuentes alternativas de Omega-3 que tengan perfiles consistentes de EPA y DHA y que permita a los criadores mantener los niveles de AG Omega-3 en el producto final del salmón. Como resultado, desde hace casi 20 años, la industria comenzó a usar fuentes alternativas de lípidos que incluyen una variedad de aceites vegetales (AV) provenientes de distintas fuentes (tales como canola, soja y girasol) (2), afectando negativamente el contenido de Omega-3 en los filetes de salmón (11). Más recientemente, se han incorporado aceites de algas marinas para suplementar los alimentos acuícolas los cuales han sido reconocidos por tener un gran potencial para llenar el vacío en el suministro global de Omega-3 (12–14).

## ACEITES VEGETALES.

Si bien los AV pueden ayudar al crecimiento de peces, también se caracterizan por tener un alto contenido de Omega-6, pero un bajo contenido de Omega-3 el cual está presente en forma de ácido graso de cadena corta ALA en lugar de AGPI-CL EPA o DHA (2,7,10). El remplazo en la dieta de AP por AV diluye el contenido de Omega-3 en el alimento de salmón atlántico, modificando la composición de AG en los peces y el contenido lipídico en el filete (10,15,16). En consecuencia, el aumento de AGPI

Omega-6 en los tejidos de los peces promueve la síntesis de eicosanoides pro-inflamatorios, afectando la respuesta inmune, y provocando peces menos resistentes a infecciones, enfermedades (10,17,18) y estrés (5,19). Por ello, es importante mantener los niveles de AGPI Omega-3 y Omega-6 balanceados en el alimento; donde para salmones del Atlántico, la razón Omega-3:Omega-6 debería mantenerse lo más alta posible para evitar cualquier efecto negativo (20,21). Pero los actuales niveles de AV para lograr los requerimientos energéticos en el pez, más que optimizar la nutrición y la salud, ha resultado en una suplementación excesiva e indeseada de AGPI Omega-6, comprometiendo la calidad nutricional del producto para los consumidores. Por ejemplo, la razón Omega-3:Omega-6 en salmones de cultivos de Noruega ya disminuyó de 2,6 en 2006 a 1,0 en el año 2020 (22). Por lo tanto, para superar estos obstáculos, las formulaciones de alimento necesitan combinar los AV con fuentes ricas en AGPI Omega-3 EPA+DHA, tales como aceite de algas.

## ACEITE DE ALGAS

Las algas marinas son la fuente original desde la cual los salmones silvestres obtienen los AGPI n-3. En la naturaleza, las algas marinas son ingeridas por el zooplancton, el que es consumido por peces silvestres que son luego consumidos por los salmones. Basados en este conocimiento, Veramaris® fue a la fuente original (es decir, algas marinas) para producir una alternativa sustentable que mejora la salud, el bienestar, la calidad y productividad de los peces al mejorar su alimentación. El aceite de algas de Veramaris® es más concentrado que el AP: una tonelada de aceite de algas Veramaris® rinde la misma cantidad de EPA y DHA que 66 toneladas de forrajeo de peces (12,13).

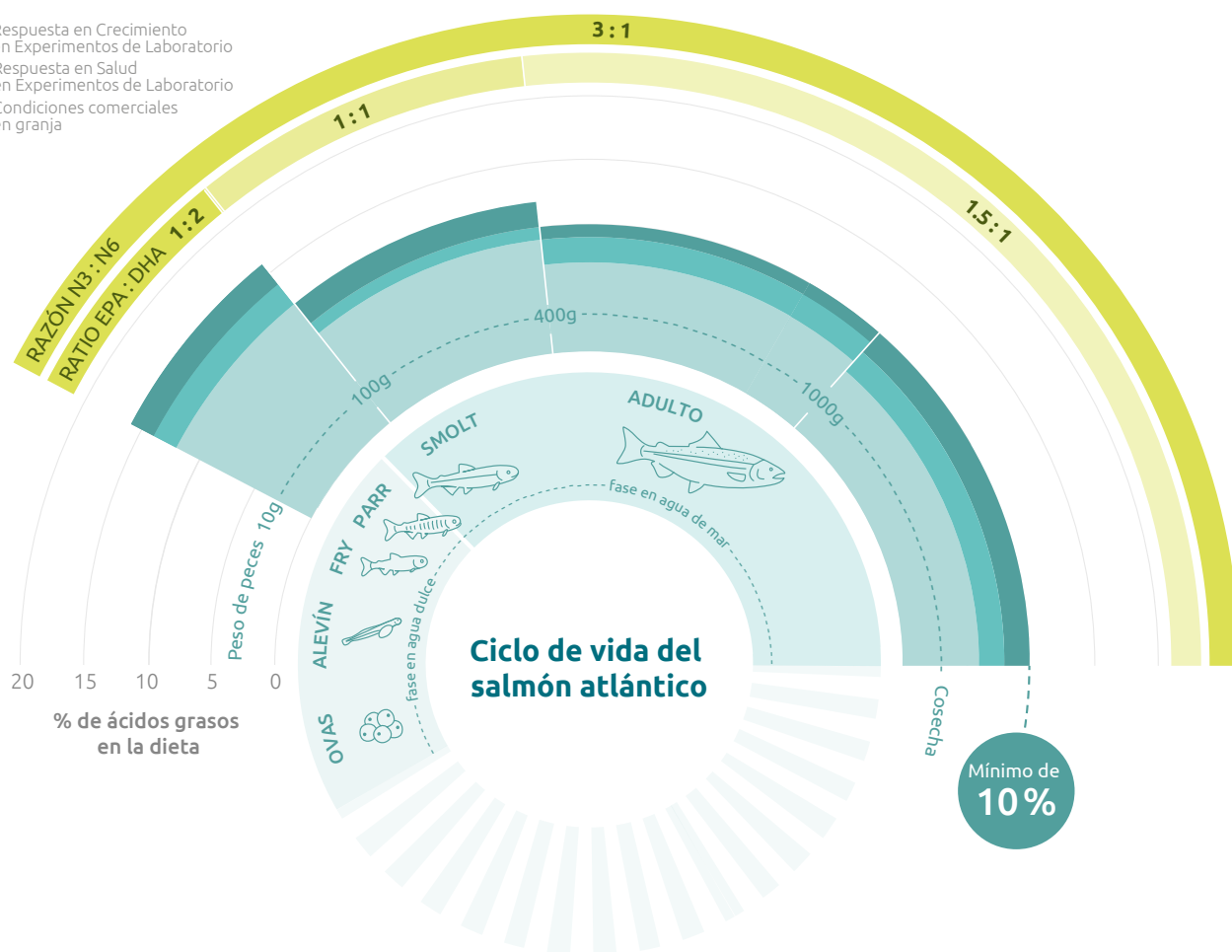
Esta innovación revolucionaria puede suplementar o incluso reemplazar el AP debido a su alta concentración (>60 %) de AGPI (EPA, DHA y ARA), permitiendo a la industria acuícola tener mayor control sobre su dependencia de recursos marinos y alcanzar, de forma sistemática, una menor tasa de dependencia de los peces de forraje (FFDRoil, por sus siglas en inglés). De esta forma, Veramaris® ayuda a mantener la alta calidad de los alimentos y la seguridad de la cadena de suministro, además de mejorar la productividad acuícola sin comprometer la conservación de los recursos naturales. El sólido perfil de AG de Veramaris® permite a los nutricionistas formular los niveles deseados de EPA y DHA en los alimentos de peces de forma muy precisa.

# OPTIMUM OMEGA NUTRITION™ PARA SALMÓN ATLÁNTICO

Análisis de Veramaris® respaldado por el Prof. Brett Glencross basado en la información científica disponible más recientemente

## REQUERIMIENTOS TOTALES DE EPA & DHA

- Respuesta en Crecimiento en Experimentos de Laboratorio
- Respuesta en Salud en Experimentos de Laboratorio
- Condiciones comerciales en granja



## OPTIMUM OMEGA NUTRITION™

Suplementado con aceite natural de algas marinas,  
rico en ácidos grasos esenciales EPA, DHA & ARA

Figura 1. Opinión experta de las necesidades de ácidos grasos esenciales (AGE) para los salmones del Atlántico a lo largo del ciclo de producción, específicamente los requerimientos de Omega-3 EPA y DHA, además de la razón EPA:DHA, y de la razón n-3:n-6.

## LAS CONDICIONES DE CULTIVO REQUIEREN DE OPTIMUM OMEGA NUTRITION™

Los requerimientos de EPA y DHA son significativamente más altos durante las etapas tempranas de vida del salmón, ya que están involucrados en el crecimiento y desarrollo de los alevines, parrs y smolts; específicamente, el DHA juega un rol clave en el crecimiento y desarrollo neuronal (23). Durante el primer año, los salmones son transferidos de agua dulce a agua marina, etapa conocida como smoltificación, la que es un desafío fisiológico importante. Durante esta fase, ocurren cambios en el metabolismo de los lípidos que causan alteraciones en la composición de AG de los tejidos para preparar al salmón a la adaptación a su nuevo ambiente marino: el típico perfil de agua dulce, relativamente bajo en AGPI, es remplazado por el perfil marino particularmente rico en AGPI Omega-3 EPA y DHA (24,25). Sistemáticamente, los peces han mostrado necesitar altos niveles de ARA y DHA cuando se aproxima la smoltificación, mientras que los requerimientos de EPA aumentan post-transferencia al mar. Estos cambios en la composición de AGPI-CL afectan los sistemas involucrados en la adaptación a la salinidad e indican una necesidad por cambiar los perfiles de AG en la alimentación de salmones durante el ciclo productivo para optimizar el crecimiento y la sobrevivencia (25).

Las necesidades en la dieta de AGPI-CL, específicamente de EPA y DHA, también varían de acuerdo con el estado de salud de los animales. Comparado a condiciones controladas, como en ensayos de laboratorios, nuestra revisión de literatura científica muestra que los requerimientos de EPA y DHA en condiciones comerciales son más altos (Tabla 1). Esto es porque los salmones de cultivo están expuestos a variaciones estacionales de los estresores biológicos y ambientales, los cuales cambian a lo largo del tiempo, como la temperatura, la salinidad y los patógenos. En respuesta a los cambios de tempe-

ratura, la composición de las membranas celulares se modifica; por ejemplo, a medida que la temperatura hace disminuir las proporciones de AGPI en las membranas, los requerimientos por EPA y DHA aumentan (3). Los patógenos en los ambientes de cultivo son un riesgo adicional a infecciones que provocan altas mortalidades. Pero la respuesta de los peces a enfermedades e infecciones puede mejorar a través de la nutrición, ocasionando ahorros económicos a través de una mayor productividad y menores costos en el manejo de enfermedades. Por ejemplo, el ajuste de AGE en la dieta puede reducir los impactos de la inflamación del corazón y músculo esquelético (conocido como HSMI, por sus siglas en inglés), asociado a la infección del reovirus, una de las enfermedades inflamatorias más prevalentes en centros de cultivo del salmón del Atlántico (7).

Es por ello importante el uso de Optimum Omega Nutrition™ por los granjeros de salmones para mejorar la salud y bienestar a lo largo del ciclo productivo completo. Otras investigaciones han mostrado que una mejor nutrición omega conlleva beneficio tales como mejor sistema inmune, mayor respuesta a patógenos y resistencia al estrés, lo que en conjunto ayudaría a que los peces respondan de mejor manera a los principales desafíos que deben enfrentar durante el ciclo de producción (2). Adicionalmente, se ha descrito que una mejor nutrición omega resulta en mejor adaptación a la smoltificación, reduce las deformidades vertebrales, mejora la integridad de la piel, aumenta la robustez y la cicatrización, y mejora la calidad de la carne (incluyendo la reducción de melanosis y mejor color del filete).

En términos generales, se ha establecido que los requerimientos de AGPI-CL Omega-3 en la dieta de salmónidos van desde 10 a 25 g/kg de dieta (2), pero éstos son relativos a los niveles de lípidos totales en la dieta (25). En

**TABLA 1**

Peso de peces	Ácido linoleico (AL; 18:2n-6)	Ácido alfa-linolénico (ALA; 18:3n-3)	Ácido araquidónico (ARA; 20:4n-6)	Ácido eicosapentaenoico (EPA; 20:5n-3)	Ácido docosahexaenoico (DHA; 22:6n-3)	EPA+DHA	Omega-3: Omega-6	EPA:DHA
1 – 10g	7	7	3	6	16	22	3:1	1:3
10 – 100g	7	7	3	6	10	16	3:1	1:2
100 – 400g	7	8	3	6	6	12	3:1	1:1
400 – 1000g	7	10	2	6	4	10	3:1	1.5:1
1000 – COSECHA	7	10	1	6	4	10	3:1	1.5:1

*Opinión experta sobre los requerimientos de ácidos grasos esenciales en el salmón atlántico en condiciones de cultivo en granja durante las distintas etapas del ciclo de producción para lograr un crecimiento, sobrevivencia y salud adecuados. Valores expresados en % de ácidos grasos totales, valores sombreados están expresados en ratios.*

condiciones de laboratorio, el salmón del Atlántico post-smolt (~185–550g) tiene requerimientos de AGPI-CL Omega-3 de entre 5 a 8% de los ácidos grasos totales (AGT) (26). Si bien estos niveles son adecuados en condiciones ideales, como las de condiciones ambientales controladas de laboratorio, en condiciones más adversas los requerimientos de EPA y DHA no son menores al 10% de los AGT (Figura 1).

Dado los roles críticos del EPA y del DHA en el desarrollo de huesos y sistemas nerviosos normales y en la respuesta antiinflamatoria, cicatrización y resistencia a enfermedades, los niveles específicos de cada uno de estos AGE deberían estar incluidos en las formulaciones de alimento, además de otros nutrientes esenciales como vitaminas y aminoácidos. Los principales productores de salmón atlántico en Noruega ya están incrementando los niveles de Omega-3 EPA y DHA en las dietas, para restaurar los niveles de estos AGPI-CL a niveles utilizados en el pasado, cuando las dietas de salmónes contenían harina de pescado y AP como la principal fuente de proteínas y grasas. En otras partes del mundo, como en las islas Feroe, los granjeros han reconocido desde hace mucho tiempo la importancia del Omega-3 EPA y DHA para ayudar el desempeño biológico del salmón y su diferenciación en el mercado.

## IMPLEMENTANDO OPTIMUM OMEGA NUTRITION™

La actual guía Optimum Omega Nutrition™ está basada en una revisión científica experta y actual y tienen por objetivo asegurar todas las funciones metabólicas básicas en salmónes atlánticos de cultivo, tales como la homeostasis fisiológica y la respuesta inmune, el crecimiento y la salud general de los peces; de esta manera, se permitiría a los salmónes atlánticos lidiar con las difíci-

les condiciones de un salmón de cultivo comercial.

Estas mejoras en la salud de los peces tienen el potencial de mejorar algunos de los principales indicadores de rendimiento para los criadores de peces, tales como mejoras en la tasa de sobrevivencia, la FCR, y la rentabilidad de los smolts, a la vez que se disminuyen las pérdidas por disminución de calidad (downgrading). Adicionalmente, la consistencia en la calidad que se puede lograr al implementar Optimum Omega Nutrition™ con el aceite de algas de Veramaris®, se puede substancialmente ofrecer argumentos para mantener importantes afirmaciones acerca del producto al consumidor, como las cantidades de EPA + DHA en el filete.

Veramaris® es la primera y única fuente de aceite de algas rico en Omega-3 para la acuicultura, certificado por el ASC-MSC, con niveles de los más importantes AGE sorprendentemente altos. Invitamos a los criadores de salmón que aprovechen plenamente de nuestro aceite de algas para fortalecer sus credenciales de sustentabilidad y mejorar la productividad del cultivo de salmónes, además de que podrán reducir su dependencia por la captura de peces silvestres para la alimentación, y al mismo tiempo podrán proteger una de las principales razones por qué el público ama comer salmón de cultivo... porque es ¡"Rico en Omega-3"!

→ **CONTACTE A VERAMARIS® Y A SU PROVEEDOR DE ALIMENTO PARA SALMONES PARA DISCUTIR CÓMO LAS GUÍAS PUEDEN AYUDARLO A MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD DE SU NEGOCIO**

→ **PARA CONSULTAS GENERALES:**  
[info@veramaris.com](mailto:info@veramaris.com)

### AVISO LEGAL

La información entregada en esta publicación está basada en nuestro conocimiento y experiencia actuales y puede ser usada a su propia discreción y riesgo. No lo libera de llevar a cabo sus propias precauciones y pruebas. No asumimos ninguna responsabilidad en relación con su producto o su uso. Usted debe cumplir con todas las leyes y regulaciones vigentes y respetar todos los derechos de terceras partes.

### Veramaris® V.O.F

Alexander Fleminglaan 1  
2613AX Delft  
Holanda

 [www.veramaris.com](http://www.veramaris.com)

 [info@veramaris.com](mailto:info@veramaris.com)

## REFERENCIAS

1. Ruyter B, Røsjø C, Einen O, Thomassen MS. Essential fatty acids in Atlantic salmon: effects of increasing dietary doses of n-6 and n-3 fatty acids on growth, survival and fatty acid composition of liver, blood and carcass. *Aquaculture Nutrition*. 2000;6:119–27.
2. Glencross BD. Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species. *Rev Aquac*. 2009 Jun;1(2):71–124.
3. Rosenlund G, Torstensen BE, Stubhaug I, Usman N, Sissener NH. Atlantic salmon require long-chain n-3 fatty acids for optimal growth throughout the seawater period. *J Nutr Sci*. 2016 May 11;5:e19.
4. Huyben D, Roehe BK, Bekaert M, Ruyter B, Glencross B. Dietary Lipid:Protein Ratio and n-3 Long-Chain Polyunsaturated Fatty Acids Alters the Gut Microbiome of Atlantic Salmon Under Hypoxic and Normoxic Conditions. *Front Microbiol*. 2020 Dec 23;11:589898.
5. Løvmo SD, Whatmore P, Sundh H, Sigholt T, Madaro A, Bardal T, et al. Effects of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed low- and high HUFA diets on growth and midgut intestinal health. *Aquaculture*. 2021 Jun 30;539:736653.
6. Calder PC, Albers R, Antoine J-M, Blum S, Bourdet-Sicard R, Ferns GA, et al. Inflammatory disease processes and interactions with nutrition. *Br J Nutr*. 2009 May;101 Suppl 1:S1–45.
7. Martínez-Rubio L, Morais S, Evensen Ø, Wadsworth S, Ruohonen K, Vecino JLG, et al. Functional feeds reduce heart inflammation and pathology in Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) following experimental challenge with Atlantic salmon reovirus (ASRV). *PLoS One*. 2012 Nov 30;7(11):e40266.
8. Glencross BD, Tocher DR, Matthew C, Bell JG. Interactions between dietary docosahexaenoic acid and other long-chain polyunsaturated fatty acids on performance and fatty acid retention in post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Fish Physiol Biochem*. 2014 Aug;40(4):1213–27.
9. Case study - fish meal and fish oil. European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture Products; 2019. Report No.: 4.
10. Tocher DR, Bell JG, McGhee F, Dick JR, Fonseca-Madrugal J. Effects of dietary lipid level and vegetable oil on fatty acid metabolism in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) over the whole production cycle [Internet]. Vol. 29, *Fish Physiology and Biochemistry*. 2003. p. 193–209. Available from: <http://dx.doi.org/10.1023/b:fish.0000045722.44186.ee>
11. Sprague M, Dick JR, Tocher DR. Impact of sustainable feeds on omega-3 long-chain fatty acid levels in farmed Atlantic salmon, 2006–2015. *Sci Rep*. 2016 Feb 22;6(1):21892.
12. Santigosa E, Constant D, Prudence D, Wahli T, Verlhac-Trichet V. A novel marine algal oil containing both EPA and DHA is an effective source of omega-3 fatty acids for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *J World Aquac Soc*. 2020 Jun;51(3):649–65.
13. Santigosa E, Brambilla F, Milanese L. Microalgae oil as an effective alternative source of EPA and DHA for gilthead seabream (*Sparus aurata*) aquaculture. *Animals (Basel)* [Internet]. 2021 Mar 31;11(4). Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/ani11040971>
14. Tocher DR, Betancor MB, Sprague M, Olsen RE, Napier JA. Omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids, EPA and DHA: Bridging the gap between supply and demand. *Nutrients*. 2019 Jan 4;11(1):89.
15. Gordon Bell J, Tocher DR, Farndale BM, Cox DI, Sargent JR. The effect of dietary lipid on polyunsaturated fatty acid metabolism in Atlantic salmon (*Salmo salar*) undergoing parr-smolt transformation. *Lipids*. 1997 May 1;32(5):515–25.

16. Bou M, Berge GM, Baeverfjord G, Sigholt T, Østbye T-K, Romarheim OH, et al. Requirements of n-3 very long-chain PUFA in Atlantic salmon (*Salmo salar* L): effects of different dietary levels of EPA and DHA on fish performance and tissue composition and integrity. *Br J Nutr.* 2017 Jan;117(1):30–47.
17. Thompson KD, Tatner MF, Henderson RJ. Effects of dietary (n-3) and (n-6) polyunsaturated fatty acid ratio on the immune response of Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Aquacult Nutr.* 1996 Mar;2(1):21–31.
18. Waagbø R. The impact of nutritional factors on the immune system in Atlantic salmon, *Salmo salar* L.: a review. *Aquac Res.* 1994 Feb;25(2):175–97.
19. Bell JG, McVicar AH, Park MT, Sargent JR. High dietary linoleic acid affects the fatty acid compositions of individual phospholipids from tissues of Atlantic salmon (*Salmo salar*): association with stress susceptibility and cardiac lesion. *J Nutr.* 1991 Aug;121(8):1163–72.
20. Karalazos V, Bendiksen EÅ, Dick JR, Bell JG. Effects of dietary protein, and fat level and rapeseed oil on growth and tissue fatty acid composition and metabolism in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) reared at low water temperatures. *Aquac Nutr.* 2007 Aug;13(4):256–65.
21. Sissener NH, Araujo P, Sæle Ø, Rosenlund G, Stubhaug I, Sanden M. Dietary 18:2n-6 affects EPA (20:5n-3) and ARA (20:4n-6) content in cell membranes and eicosanoid production in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture.* 2020 May;522(735098):735098.
22. Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning. Nifes [Internet]. [cited 2021 Oct 20]. Available from: <https://sjomatdata.hi.no/#seafood/4578/1>
23. Litz MNC, Miller JA, Copeman LA, Hurst TP. Effects of dietary fatty acids on juvenile salmon growth, biochemistry, and aerobic performance: A laboratory rearing experiment. *J Exp Mar Bio Ecol.* 2017 Sep 1;494:20–31.
24. Bendiksen EÅ, Arnesen AM, Jobling M. Effects of dietary fatty acid profile and fat content on smolting and seawater performance in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture.* 2003 Jul 14;225(1):149–63.
25. Tocher DR, Bell JG, Dick JR, Henderson RJ, McGhee F, Michell D, et al. Polyunsaturated fatty acid metabolism in Atlantic salmon (*Salmo salar*) undergoing parr-smolt transformation and the effects of dietary linseed and rapeseed oils. *Fish Physiol Biochem.* 2000;23(1):59–73.
26. Huyben D, Grobler T, Matthew C, Bou M, Ruyter B, Glencross B. Requirement for omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids by Atlantic salmon is relative to the dietary lipid level. *Aquaculture.* 2021 Jan 30;531:735805.