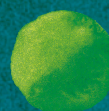




White paper

OPTIMUM OMEGA NUTRITION™

Skrevet av Dr. Ester Santigosa, Ian Carr, og Prof. Brett Glencross



veramaris®
A JOINT VENTURE OF DSM AND EVONIK

FORBEDRET PRODUKTIVITET I AKVAKULTUR VED Å OPPNÅ KRAV TIL OMEGA-3 OG OMEGA-6 FOR ATLANTISK LAKS

OPPSUMMERING

Eikosapentaensyre (EPA), Docosahexaensyre (DHA), og Arakidonsyre (ARA) er essensielle fettsyrer som spiller en kritisk rolle for optimal dyrehelse, velferd, prestasjon og produktkvalitet i lakseoppdrett. Men, på grunn av leve- og miljørestriksjoner, møter lakseindustrien et økt press til å benytte seg av mer bærekraftige og stabile alternativer til fiskeolje, som er den tradisjonelle kilden til disse EFA-syrene i lakseoppdrett. Fettsyrene Omega-3, EPA og DHA, er spesielt en mangelvare, hvor den årlige tilgangen fra fiskerier er begrenset og det vises ikke tegn til økt tilgang over tid.

Det finnes alternativer til fiskeolje. Vegetabiliske oljer er svært forskjellig fra fiskeoljer, normalt med lave EPA & DHA Omega-3 verdier, men med høye Omega-6 verdier som ved overføring kan ha en negativ påvirkning på fiskehelse, velferd, produktkvalitet, og dermed også produktivitet og profitt i lakseoppdrett. I tillegg, så er lave verdier av EPA & DHA Omega-3 i kostholdet kjent for å endre Omega-3 innholdet i laksefileter, som påvirker laksens høye innhold av Omega-3-attributt, som må bevares for forbrukernes helsegevinst og den fortsatte suksessen av lakseoppdrett.

Veramaris® naturlige marine algeolje er en bærekraftig og stabil alternativ kilde til EPA, DHA og ARA med en profil som er overlegen andre kilder Omega-3 og/eller høyt konsentrert fiskeolje. Det sørger for presis fôrformulering og forbedrer effektivt lakseoppdrett. Optimum Omega Nutrition™ av Veramaris® er en retningslinje for å innfri krav til EPA & DHA Omega-3 og ARA Omega-6, samtidig som forholdet mellom Omega-3 og Omega-6 i laksens diett opprettholdes, som fører til bedre laksehelse og velferd gjennom produksjonen. Ved å bruke Veramaris® algeolje i forbindelse med Optimum Omega Nutrition™ retningslinjer, kan fiskeoppdrettere ikke bare forbedre produktiviteten, produktkvaliteten og utbyttet, men også redusere det marine fotavtrykket.

HVORFOR ENKELTE FETTSYRER ER NØDVENDIGE

Kostholdslipider er vitale elementer i fiskeernæring når det gjelder energikilder, kjemiske formidlere og kilder til essensielle fettsyrer (EFA) (1). EFA er flerumettede fettsyrer (PUFA) som ikke kan syntetiseres i kroppen og må derfor fås gjennom dietten. Det er to hovedfamilier: Omega-3 (n-3) og Omega-6 (n-6); Omega-3 PUFA inkluderer eikosapentaensyre (EPA; 20:5n-3), Docosahexaensyre (DHA; 22:6n-3), og Arakidonsyre (ARA; 20:4n-6) og alfalinolsyre (LOA; 18:3n-3), mens arakidonsyre (ARA; 20:4n-6) og linolsyre (LOA; 18:2n-6) er Omega-6 PUFA.

EFA er nødvendig fysiologisk for dyrevest, reproduksjon, immunitet, og produktkvalitet og de må suppleres i dietten i riktige konsentrasjoner. De er viktige for endokrin og immunfunksjon, inkludert den beskyttende barrierefunksjonen til tarmen, utvikling og funksjon av nervesystemet, hjernen, synet, pigmentering, resistens mot sykdommer og stress, cellulær syntese og ionregulering, og for å opprettholde mangfoldet av tarmmikrobiom og balanse ved å forsterke proporsjonen av fordelaktige bakterier (2–5).

Påvirkningen av PUFA på immunsystemet er et spesielt interesseområde fordi de har en nøkkelrolle som forløpere til eikosanoider, som fungerer som mediatorer av immunresponsen. Mer spesifikt, fremmer eikosanoider avledet fra ARA inflammatoriske responser mens eikosanoider avledet fra EPA produserer en anti-inflammatorisk respons som motvirker ARA-avlede eikosanoider. Eikosanoider avledet fra både EPA og DHA er involvert i den anti-inflammatoriske responsen og terminerer den (6). Gitt rollen til EPA i å formidle inflammatoriske responser, er det best å opprettholde EPA:DHA-forholdet på 1,5:1 fordi utilstrekkelige EPA-nivåer kan resultere i en utilstrekkelig anti-inflammatorisk respons (7). Høye inklusjonsnivåer av ARA og DHA, i fravær av EPA, har vært assosiert med negative effekter på leveren til fisk (8), mens økende nivå av EPA og DHA, og dermed økende Omega-3:Omega-6-forhold, har vist seg å styrke tarmbarrierefunksjonen som respons på kronisk stress (5). Derfor er det viktig at ARA-nivåene holdes lavere enn de for enten EPA eller DHA.

SØKEN ETTER Å MØTE EFA- ETTERSPØRSELEN I LAKSEFÔR

Fiskens krav til EFA har historisk vært møtt med fiskemel og fiskeolje (FO). Lakseoppdrett er svært avhengig av FO og ca. 70 % av den årlige FO-tilgangen går til akvakultur (9). Dette er fordi FO er preget av et relativt høyt innhold av Omega-3 langkjedet PUFA (LC-PUFA), og presenterer en ideell fettsyreprofil (FA) for å møte fiskens behov og støtte fiskens overlevelse, vekst og helse.

FO er begrenset i tilgang, varierer i kvalitet og kostnad, og kan ikke møte den økende etterspørselen fra den ekspanderende havbruksnæringen (2,3). I tillegg er det økende økologiske og etiske innvendinger mot utnyttelse av villfiske for å opprettholde veksten av akvakultur (10), så industrien etterlyser alternative Omega-3-kilder som har konsistente EPA- og DHA-profiler og lar oppdrettere møte krav om Omega-3 FAer i det endelige lakseproduktet. Som et resultat begynte industrien for nesten tjue år siden å bruke alternative lipidkilder, inkludert en rekke vegetabiliske oljer (VO) fra forskjellige kilder (som raps, soyabønner og solsikke) (2). Dette førte til negative effekter på Omega-3 innholdet i laksefileter (11). I senere tid har marine algeoljer også blitt brukt som supplement til akvakulturfôr, og disse er anerkjent for å ha et stort potensiale for å lukke gapet i den globale Omega-3-forsyningen (12–14).

VEGETABILISKE OLJER

Mens VO-er kan støtte fiskevekst, er de kjennetegnet av et høyt innhold av Omega-6, men et lavt innhold av Omega-3 som forekommer i form av den kortere kjeden LNA i stedet for LC-PUFA EPA og DHA (2,7, 10). Kost-erstatningen av FO for VO tynner ut Omega-3-innholdet i laksefôret, og modifiserer sammensetningen av FA og filetenes lipidinnhold (10,15,16). Økningen av Omega-6 PUFA i fiskevevet fremmer syntesen av pro-inflammatoriske eikosanoider, som påvirker immunresponsen og resulterer i fisk som er mindre motstandsdyktig mot infeksjon, sykdommer (10,17,18) og stress (5, 19). Det er derfor viktig

å holde nivåene av Omega-3 og Omega-6 PUFA balansert i fôret; for laks bør Omega-3:Omega-6-forholdet holdes så høyt som mulig for å unngå negative effekter (20,21). Men, den nåværende bruken av VO-er for å møte energikravene til fôr, snarere enn å optimere ernæring og helse, resulterer i et uønsket overskudd av Omega-6 PUFA, som går på bekostning av den ernæringsmessige kvaliteten til produktet for forbrukerne. For eksempel har Omega-3:Omega-6-forholdet i norsk oppdrettslaks allerede gått ned fra 2,6 i 2006 til 1,0 i 2020 (22). For å overkomme disse utfordringene, må prosedyrer for formulering av laksefôr kombinere VO med kilder som er rike på Omega-3 PUFA, for eksempel algeolje.

ALGEOlje

Marine alger er de opprinnelige kildene som villaksen får n-3 PUFA fra. I naturen spises marine alger av dyreplankton, som blir konsumert av villfisk som igjen blir konsumert av laks. Basert på denne kunnskapen gikk Veramaris® tilbake til den opprinnelige kilden (dvs. marine alger) for å produsere et bærekraftig alternativ som forbedrer fiskehelse, velferd, kvalitet og produktivitet for å oppgradere akvatisk fôr. Veramaris® algeolje er mer konsentrert enn FO: Ett tonn Veramaris® algeolje gir samme mengde EPA & DHA som opptil 66 tonn fôrfisk (12,13).

Denne banebrytende innovasjonen kan supplere eller til og med erstatte FO på grunn av den høye konsentrasjonen (>60 %) av PUFA (EPA, DHA og ARA), slik at oppdrettsnæringen bedre kan kontrollere sin avhengighet av marine ressurser og konsekvent oppnå en lavere fôrfisk-avhengighetsgrad (FFDRoil). På denne måten bidrar Veramaris® til å opprettholde høykvalitets fôr og sikkerhet i forsyningskjeden, samtidig som den forbedrer akvakultur produktiviteten uten å gå på bekostning av naturressurser. Den konsekvente FA-profilen til Veramaris® lar fôr-ernæringseksperter formulere de ønskede nivåene av både EPA og DHA i fiskefôr på en veldig presis måte.

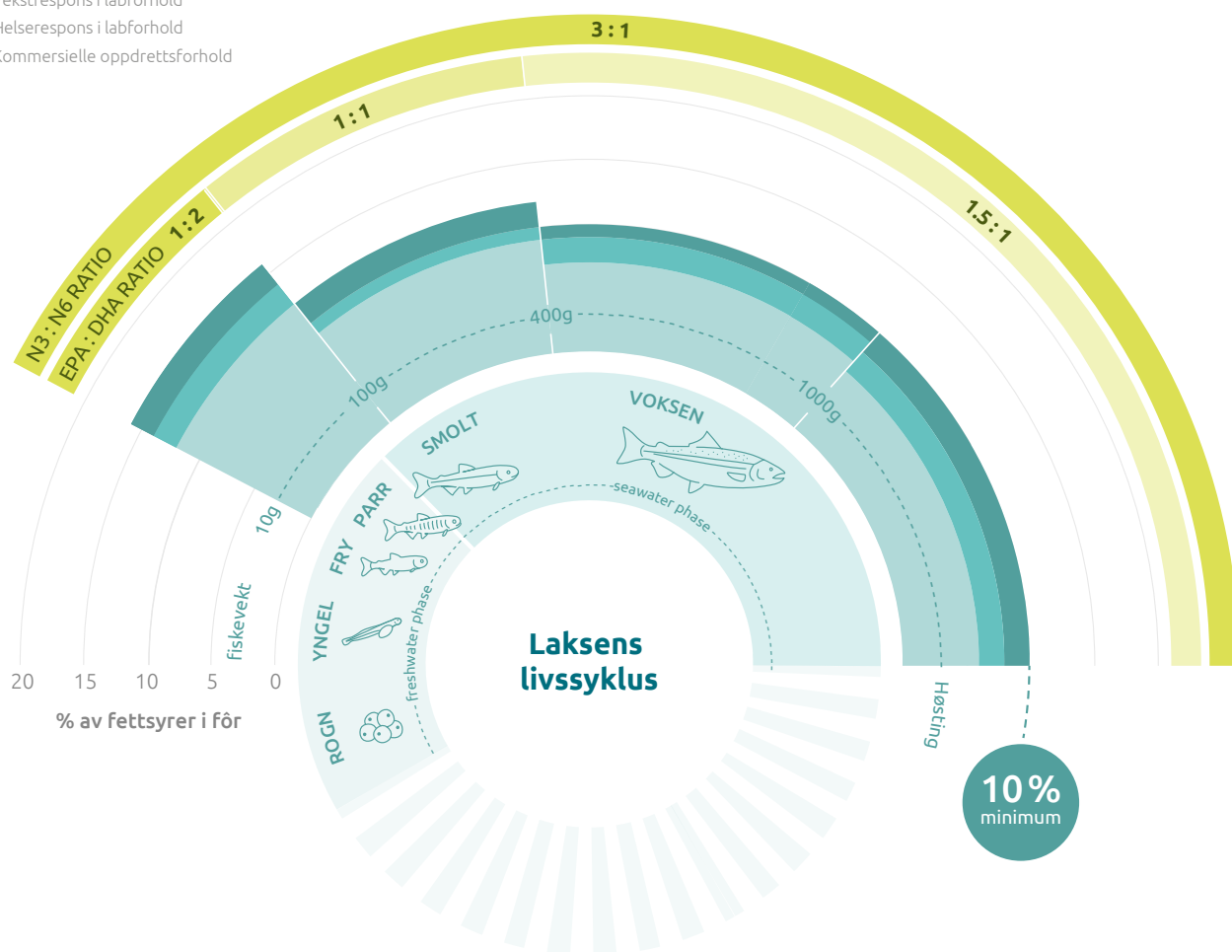
OPTIMUM OMEGA NUTRITION™

For atlantehavslaks

Veramaris® analyse støttet av Prof. Brett Glencross basert på nyeste informasjon og forskning.

Totale EPA & DHA-krav

- Vekstrespons i labforhold
- Helse respons i labforhold
- Kommersielle oppdrettsforhold



OPTIMUM OMEGA NUTRITION™

Støttet av Veramaris naturlige marine algeolje rik i EPA, DHA & ARA essensielle fettsyrer

Figur 1. Ekspertuttalelse om krav til essensielle fettsyrer (EFA) hos laks gjennom hele produksjonssyklusen, mer spesifikt EPA & DHA Omega-3-krav, samt EPA:DHA-forholdet og n-3:n-6-forholdet.

FORHOLD I OPPDRETT KREVER OPTIMUM OMEGA NUTRITION™

EPA- og DHA-kravene er betydelig høyere i de tidlige livsstadierne til laks da disse er involvert i yngel, parr og smoltvekst og utvikling; mer spesifikt spiller DHA en nøkkelrolle i nevrologisk vekst og utvikling (23). I løpet av det første året overføres også laks fra ferskvann til sjøvann, den såkalte smoltifiseringen, som er en betydelig fysiologisk påkjenning. I løpet av denne fasen forårsaker endringer i lipidmetabolismen endringer i FA-sammensetningen i vev for å forberede laksen til å tilpasse seg sitt nye marine miljø: den typiske ferskvanns-FA-profilen, relativt lav i PUFA, erstattes av den marine profilen som er spesielt rik på EPA og DHA Omega-3 PUFA (24,25). Fisk har konsekvent vist seg å kreve høyere nivåer av ARA og DHA når de nærmer seg smoltifisering, mens EPA-krav øker etter overføring til sjøen. Disse endringene i LC-PUFA-sammensetning påvirker systemer involvert i tilpasning til saltholdighet og indikerer et behov for å endre FA-profiler i laksefôr gjennom produksjonssyklusen for å optimalisere vekst og overlevelse (25).

Kostholdskravene til LC-PUFA, spesielt EPA og DHA, varierer også i henhold til dyrenes helsestatus. Sammenlignet med kontrollerte forhold som laboratorieforsøk, viser vår gjennomgang av vitenskapelig litteratur at EPA- og DHA-kravene under kommersielle forhold er høyere (tabell 1). Dette er fordi oppdrettslaks er utsatt for sesongvariasjoner i biologiske og miljømessige stressfaktorer som endres over tid som temperatur, saltnivå og sykdomspatogener. Som svar på temperaturendringer endres sammensetningen av cellemembraner; for eksempel, når temperaturen reduserer andelen PUFA i membranene, øker EPA- og DHA-kravene (3). Patogener i

oppdrettsmiljøet forårsaker en ekstra risiko for infeksjon som resulterer i høy dødelighet. Men fiskens respons på sykdommer og infeksjoner kan imidlertid forbedres gjennom ernæring, noe som resulterer i økonomiske besparelser gjennom økt produktivitet og lavere kostnader ved sykdomshåndtering. For eksempel kan EFA-modulering i kosthold redusere virkningene av hjerte- og skjelettmuskelbetennelse (HSMI), assosiert med laks reovirusinfeksjon, en av de mest utbredte inflammatoriske sykdommene i atlantiske lakseoppdrettsanlegg (7).

Det er derfor viktig at lakseoppdrettere spesifiserer Optimum Omega Nutrition™ for å forbedre fiskehelsen og velferden gjennom hele produksjonssyklusen. Forskning viser at bedre omega-ernæring gir fordeler som forbedret immunsystem, respons på patogener og motstand mot stress, og hjelper fisken med å svare på de store utfordringene de står overfor i produksjonssyklusen (2). I tillegg har bedre omega-ernæring blitt rapportert å resultere i bedre tilpasning til smoltifisering, reduserte vertebrale deformiteter, forbedret skinnhelse, økt robusthet og sårheling, og økt kjøttkvalitet (inkludert reduserte melaninflekker og forbedret filetfarge).

Totalt sett er det fastslått at diettbehovet for Omega-3 LC-PUFA til laksefisk varierer fra 10 til 25 g/kg diett (2), men disse kravene er i forhold til det totale lipidnivået i kosten (25). Under laboratorieforhold varierer behovet for postsmolt laks (~185–550 g) Omega-3 LC-PUFA mellom 5 til 8 % av de totale fettsyrene (TFA) (26). Selv om disse er tilstrekkelige under ideelle forhold som de i kontrollerte laboratoriemiljøer, er de spesifikke EPA- og DHA-kravene ikke under 10 % TFA under utfordrende forhold (Figur 1).

TABELL 1

Fiskevekt	Linolsyre (LOA, 18:2n-6)	Alfalinolsyre (LNA, 18:2n-3)	Arakidonsyre (ARA, 20:4n-6)	Eikosapentaensyre (EPA, 20:5n-3)	Dokosaheksaensyre (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 – HØSTING	7	10	1	6	4	10	3:1	1.5:1

Ekspertuttalelse om krav til essensielle fettsyrer hos laks under oppdrettsforhold under de forskjellige stadiene av produksjonssyklusen for å støtte tilstrekkelig vekst, overlevelse og helse. Verdier uttrykt i % totale fettsyrer, skraverte verdier uttrykt i forhold.

Gitt nøkkelrollene til EPA og DHA i utviklingen av normale ben- og nervesystemer, så vel som i anti-inflammatorisk respons, sårheling og sykdomsresistens, bør spesifikke nivåer for hver av disse EFAene inkluderes i fôrformuleringer, som for andre essensielle næringsstoffer som vitaminer og aminosyrer. Ledende produsenter av laks i Norge øker allerede kostholds nivåene av EPA og DHA Omega-3, og benytter muligheten til å gjenopprette nivåene av disse LC-PUFA til de da lakseføret besto av fiskemel og FO som hovedkilder til protein og fett. I andre deler av verden, som på Færøyene, har oppdrettere lenge anerkjent viktigheten av EPA og DHA Omega-3 for å støtte den biologiske ytelsen til laks og dens differensiering i markedet.

IMPLEMENTERING AV OPTIMUM OMEGA NUTRITION™

Disse retningslinjene for Optimum Omega Nutrition™ er basert på en ekspertgjennomgang av gjeldende vitenskap og tar sikte på å sikre at alle grunnleggende metabolske funksjoner i oppdrettslaks støttes, slik som fysiologisk homeostase og immunrespons, fiskevekst og generell helse; dermed gjør det mulig for laks å takle de utfordrende forholdene i et kommersielt lakseoppdrettsanlegg.

Disse forbedringene i fiskehelsen har potensiale til å forbedre noen av indikatorene for oppdrettsanlegg som det å forbedre overlevelsesraten, FCR og smoltutbytte, samtidig som de reduserer nedgraderinger. I tillegg kan konsistensen i kvalitet som kan oppnås ved å implementere Optimum Omega Nutrition™ med Veramaris® algeolje, gi grunnlag for å komme med slagkraftige påstander om forbrukerprodukter som mengde EPA + DHA per filet.

Veramaris® er den første og eneste ASC-MSC-sertifiserte kilden til Omega-3-rik algeolje for akvakultur, med forbløffende høye nivåer av de viktigste EFA-ene. Vi inviterer lakseoppdrettere til fullt å utnytte vår algeolje for å nå bærekraftsmål og forbedre produktiviteten til lakseoppdrett, samt ytterligere redusere avhengigheten av villfanget fisk som fôr, samtidig som vi beskytter en av hovedgrunnene til at folk elsker å spise oppdrettslaks... fordi den er "rik på omega 3"!

→ **KONTAKT VERAMARIS® OG DIN LEVERANDØR AV LAKSEFØR FOR Å DISKUTERE HVORDAN DISSE RETNINGSLINJENE KAN HJELPE MED Å FORBEDRE PRODUKTIVITETEN I DIN VIRKSOMHET.**

→ **FOR GENERELLE HENVENDELSER:**
info@veramaris.com

VILKÅR

Informasjonen oppgitt i denne publikasjonen er basert på vår nåværende kunnskap og erfaring, og kan brukes etter eget skjønn og risiko. Det fritar deg ikke fra å gjennomføre dine egne forholdsregler og tester. Vi påtar oss ikke noe ansvar i forbindelse med produktet ditt eller bruken av det. Du må overholde alle gjeldende lover og forskrifter, og overholde alle tredjeparts rettigheter.

Veramaris® V.O.F

Alexander Fleminglaan 1
2613AX Delft
Netherlands

 www.veramaris.com

 info@veramaris.com

KILDER/REFERANSELISE

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. Martinez-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-Madriral 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, Baevefjord 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.