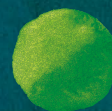


Beyaz kağıt

DENİZ TÜRLERİ İÇİN OPTIMUM OMEGA NUTRITION™

Dr. Ester Santigosa, Ian Carr ve Prof. Brett Glencross tarafından



veramaris®
A JOINT VENTURE OF DSM AND EVONIK

BESİNSEL OMEGA-3 VE OMEGA-6 GEREKSİNİMLERİNİ KARŞILAYARAK TİCARİ AÇIDAN ÖNEMLİ DENİZ TÜRLERİNİN SUKÜLTÜRÜ VERİMLİLİĞİNİN ARTTIRILMASI

ÖZET:

Eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA), balıkların refahı, hayatta kalması ve performansı için gerekli olan Omega-3 esansiyel yağ asitleridir (EYA) ve ayrıca deniz balıklarının ürün kalitesini artırır. On yıllardır, EYA diyet ihtiyacı, balık yağının (BY) su ürünleri formülasyonlarına dahil edilmesiyle karşılanmıştır. Bununla birlikte, durağan erişim, yüksek fiyatlar ve BY'ni çevreleyen güvenlik ve ekolojik sorunlar, bitkisel, hayvansal veya deniz alg yağları gibi alternatif lipid kaynaklarının kullanımını teşvik etmektedir. Bununla birlikte, bitkisel ve hayvansal yağlar tipik olarak EPA ve DHA bakımından yetersiz ama Omega-6 yağ asitleri bakımından yüksektir ve bu da balık sağlığını, performansını ve tüketici için nihai ürünün besin kalitesini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Buna karşılık, alg kaynakları yüksek ve tutarlı bir EPA & DHA Omega-3 profiline sahiptir ve bu da umut verici bir çözüm olarak vurgulamaktadır.

Veramaris, balık yetiştiricilerinin verimliliği ve ürün kalitesini geliştirmede yardımcı olurken denizdeki ayakizlerini de azaltabilir. Veramaris® doğal deniz alg yağı, üretim döngüsü boyunca deniz balıklarının besinsel EYA gereksinimlerini karşılamak için kullanılabilen sürdürülebilir bir EPA ve DHA kaynağı olmakla birlikte, üretim koşullarında optimum gelişimi ve sağlığı desteklemektedir. Veramaris® algal yağı, bu Optimum Omega Nutrition™ talimatları ile birlikte kullanılabilir. Bu kılavuzlar, üreticilerin balık EPA ve DHA Omega-3 gereksinimlerini karşılamalarına yardımcı olmak için uzmanlar tarafından geliştirilmiş olup, balık refahı ve performansında iyileşme sağlar. Genel olarak Veramaris, balık yetiştiricilerine verimliliği ve ürün kalitesini geliştirme yönünde yardımcı olurken aynı zamanda denizdeki ayak izlerini de azaltabilir.

TEMEL YAĞ ASİTLERİ NEDEN GEREKLİDİR

Yağlar, kimyasal iletişim rolleri, enerji ve temel yağ asitleri (EYA) kaynağı olmaları nedeniyle balık beslenmesinin hayati bileşenlerden kabul edilmektedir (1). Vücutta sentezlenemeyen ya da yetersizce sentezlenmesinden dolayı EFA'lar diyet yoluyla elde edilmesi zorunlu olan çoklu doymamış yağ asitleridir (PUFA). EYA'lar iki ana ailede sınıflandırılır: Omega-3 (n-3) ve Omega-6 (n-6). Omega-3 PUFA alfa-linolenik asit (LNA; 18:3n-3), eikosapentaenoik asit (EPA; 20:5n-3) ve dokosaheksaenoik asit (DHA; 22:6n-3) içerirken, Omega-6 PUFA linoleik asit (LA; 18:2n-6) ve araşidonik asit (ARA; 20:4n-6) içerir. Hem EPA hem de DHA LNA'dan, ARA ise LOA'dan sentezlenebilmektedir. Fakat, deniz balığı türlerinin, prekürsörleri kullanarak uzun zincirli PUFA'ları (LC-PUFA'lar; yani EPA, DHA ve ARA) sentezleme kapasitesi ya yoktur ya da çok sınırlıdır ve doğal koşullar altında, deniz balıkları EFA bakımından zengin organizmaları avlamaktadır (1,2). Bunun sonucunda, deniz balıkları diyetlerinde önceden oluşturulmuş olarak sağlanan bu besin maddelerine ihtiyaç duymaktadırlar.

EYA'leri, canlıların büyümesi, refahı ve nihai ürün kalitesi için fizyolojik olarak gereklidirler. Birçok özelliğinin yanı sıra, EFA'lar, kimyasal haberciler veya ikincil habercilerin efektörleri ve hormonların öncüleri olarak metabolik ve endokrin işlevleri açısından kilit öneme sahiptirler (1). EYA'leri ayrıca sinir sistemi, beyin ve görmenin düzgün

gelişimi ve işlevi için de gereklidirler (1,3). Dahası, üreme, bağırsak sağlığı, pigmentasyon, hastalık ve strese karşı direnci, hücre sentezi ve iyonik düzenlenmesinde kritik rol oynamaktalar (1,4-6). EYA'leri, özellikle LC-PUFA'lar, eikosanoidlerin öncüleri olarak bağışıklık fonksiyonu için önemlidirler. Eikosanoidler, bağışıklık sisteminde aracı olarak görev yaparlar ve inflamatuvar ya da anti-inflamatuvar yanıtı desteklerler. ARA'dan elde edilen eikosanoidler pro-inflamatuvar tepkimelerde rol oynarken, EPA'lardan ve DHA'dan elde edilenler ise anti-inflamatuvar tepkimede rol alırlar (7).

DENİZ BALIKLARI İÇİN EFA GEREKSİNİMLERİNİN TANIMLANMASI: TEK ÇEŞİT HERKESE UYMAZ

Deniz balıklarının LC-PUFA'ları öncülerinden sentezleme kapasitesinin sınırlı olması nedeniyle, bu besinlerin diyet yoluyla sağlanması gerekir. Bunların uygun konsantrasyonlarda tedariği, ticari olarak yetiştirilen türlerin fizyolojik taleplerini karşılamak ve balık refahı ve performansını sağlamak için esastır. Bununla birlikte, balık BY bileşimi yem BY profili ile güçlü bir şekilde ilişkili olmakla birlikte insan sağlığını ve beslenmesini etkin bir şekilde destekleyebilecek diyet PUFA'ları bakımından zengin yüksek kaliteli ürünlerin üretimini sağlamak için yeterli EFA'nın diyetle sağlanması kritik öneme sahiptir (8,9).

EYA ihtiyaçları balık türleri, çevresel koşullar, stres faktörleri, balık yaşı ve total diyetsel yağ seviyesi arasında büyük farklılıklar gösterirler (Tablo 1). Genel olarak, deniz türlerinde EYA gereksinimleri erken yaşam dönemlerinde

daha yüksektir ve balıkların olgunlaşmasıyla birlikte azalır. n-3 LC-PUFA'lara olan gereksinim, ve özellikle de EPA ve DHA olmak üzere, balık gelişimindeki rolleri nedeniyle larva dönemlerinde özellikle yüksektirler (3,5,10).

TABLO 1. Yeterli büyüme, hayatta kalma ve sağlığı desteklemek için laboratuvar koşullarında deniz balığı türlerinde temel yağ asitlerinin gerekliliklerine ilişkin uzman görüşü. Belirleyici yağ seviyesi g/Kg cinsinden; yağ asidi değerleri ise diyetteki yağ asitlerinin %'si cinsinden ifade edilmiştir.

Balık Ağırlığı	Belirlenmiş lipit seviyesi (g/Kg)	ARA	EPA	DHA	EPA+DHA	n-3:n-6	EPA:DHA
Çipura için							
1-10 g	100-120	1 - 5	8 - 10	12 - 14	20 - 24	TBD	1:1.5
10-100 g	120-180	1 - 3	6 - 10	6 - 10	12 - 20	TBD	1:1
100-400 g	160-220	1 - 2	5 - 7	3 - 5	8 - 12	TBD	1.5:1
400-1000 g	200-240	1	4 - 6	2 - 3	6 - 9	TBD	2:1
Avrupa deniz levreği							
1-10 g	100-120	1	12 - 14	8 - 10	20 - 24	TBD	1.5:1
10-100 g	120-180	1	6 - 10	6 - 10	12 - 20	TBD	1:1
100-400 g	160-220	1	4 - 6	4 - 6	8 - 12	TBD	1:1
400-1000 g	200-240	1	3 - 4	3 - 5	6 - 9	TBD	1:1
Asya deniz levreği "Barramundi"							
1-10 g	100-120	1	10	10	20	1.5-1.8:1	1:1
10-100 g	120-180	1	6	6	12	1.5-1.8:1	1:1
100-400 g	160-200	1	4	4	8	1.5-1.8:1	1:1
400-1000 g	200-240	1	3	3	6	1.5-1.8:1	1:1
1000-5000 g	260-300	1	3	3	5	1.5-1.8:1	1:1
Sarıkuyruk kral balığı							
1-10 g	100-150	3	12 - 14	12 - 14	24 - 28	TBD	1:1
10-100 g	160-200	3	8 - 9	8 - 9	16 - 18	TBD	1:1
100-1000 g	200-240	3	6	6	12	TBD	1:1
1000-5000 g	240-300	3	5	5	10	TBD	1:1

LC-PUFA'lardaki gereksinimler deniz balıkları türleri arasında farklılık gösterir ve bu nedenle her tür için Optimum Omega Nutrition™ belirlemek oldukça önemlidir.

ÇİPURA VE AVRUPA DENİZ LEVREĞİ İÇİN

Çipura (*Sparus aurata*) ve Avrupa deniz levreğinin (*Dicentrarchus labrax*) toplam EPA + DHA ihtiyacı, üretim döngüsü boyunca yemdeki yağ asitlerinin (YA) %6 - 24'ü arasında değişmekte ve balıklar büyüdükçe azalmaktadır (Şekil 1 ve 2). Ancak çipura balığının erken gelişim evrelerindeki DHA ihtiyacı EPA ihtiyacından daha yüksektir. Bu ihtiyaç ve daha yüksek talep, açlık sırasında EPA'ya kıyasla DHA'nın daha güçlü korunmasıyla gösterilmiştir (11). Daha sonraki aşamalarda, EPA gereksinimleri, yetişkin balıklarda (400 - 1000 g) daha hızlı azalan DHA gereksinimine göre daha yüksektir. Buna karşılık, Avrupa levreğindeki EPA ve DHA gereksinimleri larva sonrası aşamalarından itibaren 1:1 oranında tutarlı bir EPA:DHA oranı ile eşit kalmaktadır.

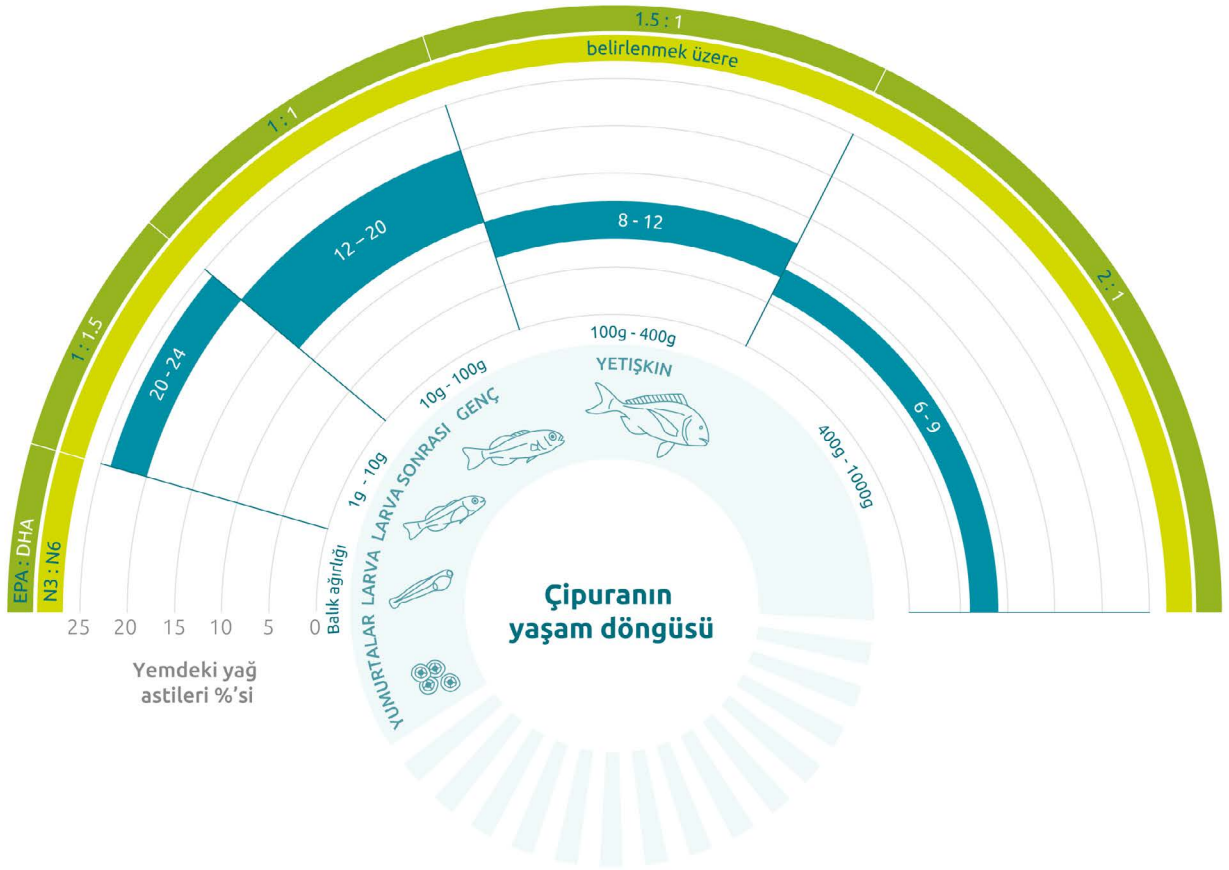
Şekil 1. Üretim döngüsü boyunca çipuradaki (*Sparus aurata*) EPA ve DHA Omega-3 gereksinimlerinin yanı sıra EPA:DHA ve n-3:n-6 oranları hakkındaki uzman görüşü.

OPTIMUM OMEGA NUTRITION™ ÇİPURA İÇİN

Profesör Brett Glencross tarafından desteklenen Veramaris analizi mevcut en son bilgi ve bilime dayanmaktadır.

TOPLAM EPA & DHA İHTİYACI

Laboratuvar koşullarında elde edilen veriler



OPTIMUM OMEGA NUTRITION™

EPA, DHA ve ARA esansiyel yağ asitleri bakımından zengin Veramaris doğal deniz yosunu yağı ile desteklenmiştir

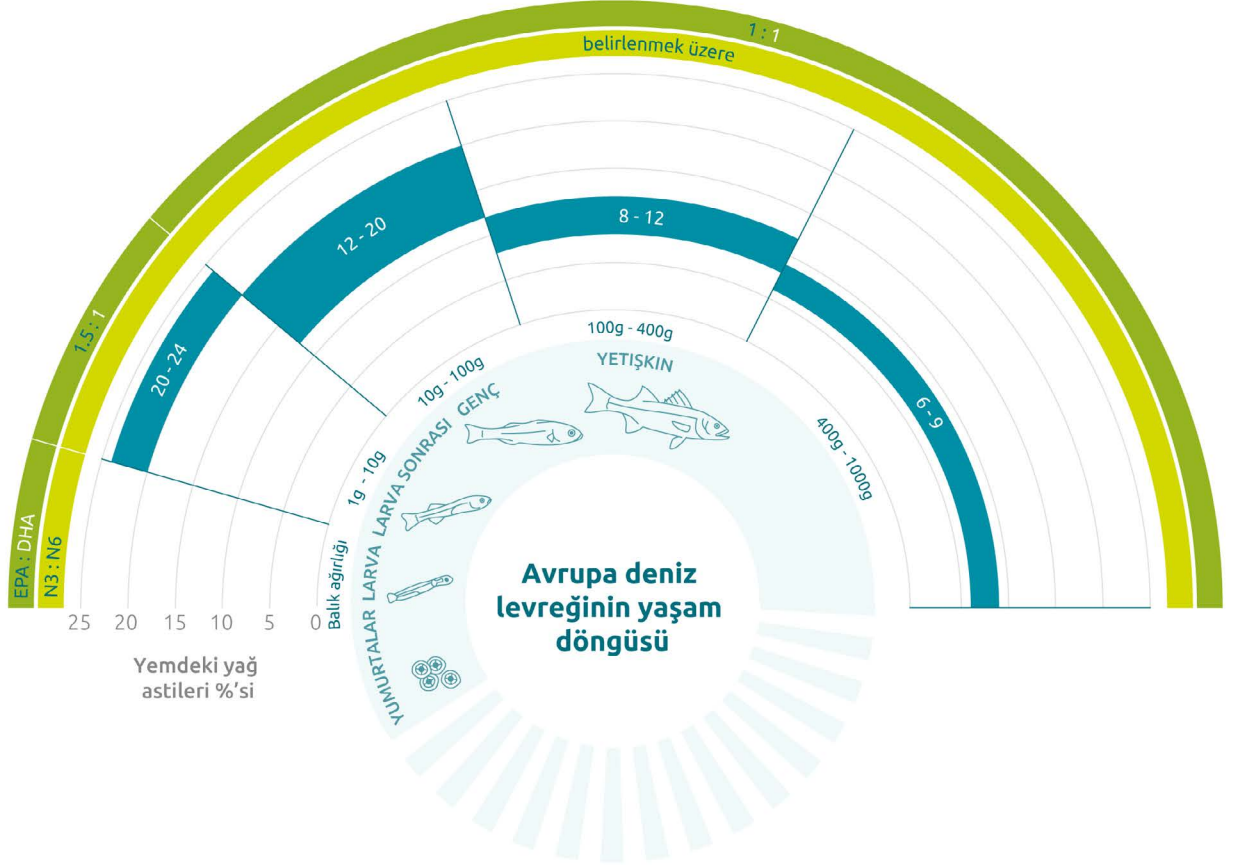
Şekil 2. Üretim döngüsü boyunca Avrupa deniz levreğindeki (*Dicentrarchus labrax*) EPA ve DHA Omega-3 gereksinimlerinin yanı sıra EPA:DHA ve n-3:n-6 oranları hakkındaki ilişkin uzman görüşü.

OPTIMUM OMEGA NUTRITION™ AVRUPA DENİZ LEVREĞİ İÇİN

Profesör Brett Glencross tarafından desteklenen Veramaris analizi mevcut en son bilgi ve bilime dayanmaktadır.

TOPLAM EPA & DHA İHTİYACI

Laboratuvar koşullarında elde edilen veriler



OPTIMUM OMEGA NUTRITION™

EPA, DHA ve ARA esansiyel yağ asitleri bakımından zengin Veramaris doğal deniz yosunu yağı ile desteklenmiştir

ASYA DENİZ LEVREĞİ "BARRAMUNDİ"

Asya deniz levreğinde (Lates calcarifer), EPA + DHA gereksinimleri yukarıda bahsedilen türlere benzemektedir ve yemdeki FA'nın %5-20'si arasında değişmektedir (Şekil 3). Bununla birlikte, EPA seviyeleri DHA ile aynıdır (EPA:DHA oranı 1:1). Ayrıca, Asya deniz levreğinde optimum n-3:n-6 oranının 1,5-1,8:1 olarak önerilmektedir (12).

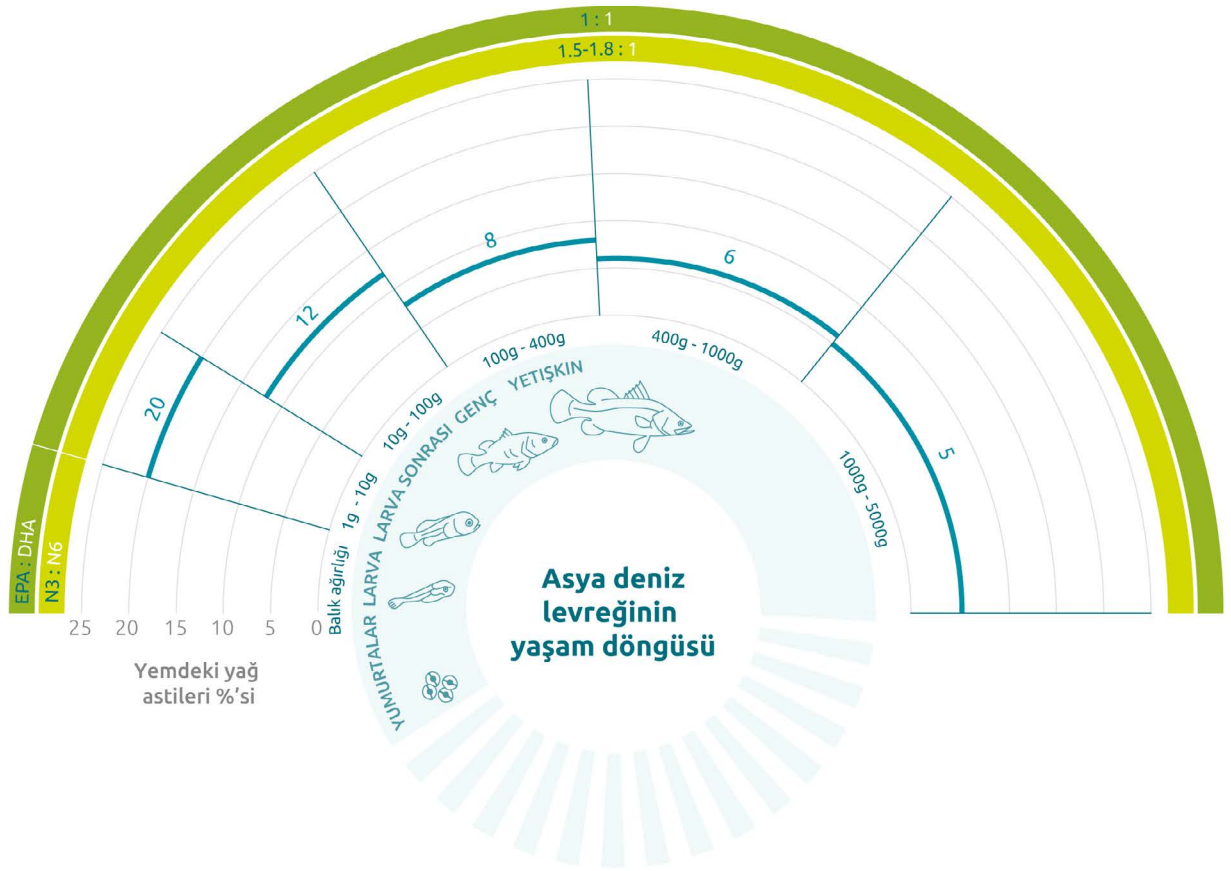
Şekil 3. EPA ve DHA Asya deniz levreğinin (Lates calcarifer) üretim döngüsü boyunca EPA ve DHA Omega-3 gereksinimlerinin yanı sıra EPA:DHA ve n-3:n-6 oranları hakkındaki uzman görüşleri.

OPTIMUM OMEGA NUTRITION™ ASYA DENİZ LEVREĞİ 'BARRAMUNDİ' İÇİN

Profesör Brett Glencross tarafından desteklenen Veramaris analizi mevcut en son bilgi ve bilime dayanmaktadır.

TOPLAM EPA & DHA İHTİYACI

Laboratuvar koşullarında elde edilen veriler



OPTIMUM OMEGA NUTRITION™

EPA, DHA ve ARA esansiyel yağ asitleri bakımından zengin Veramaris doğal deniz yosunu yağı ile desteklenmiştir

SARIKUYRUK KRAL BALIĞI

Sarıkuyruk kral balığında (*Seriola lalandi*), EPA ve DHA gereksinimleri bir deniz türü için kaydedilen en yüksek değerler arasındadır: yemdeki YA'nin oranı en az %10' ve en fazla %28'dir (Şekil 4) (13,14). Bu türde EPA:DHA ve n-3:n-6 oranlarını daha doğru bir şekilde tanımlamak için ekstra araştırmalara ihtiyaç vardır.

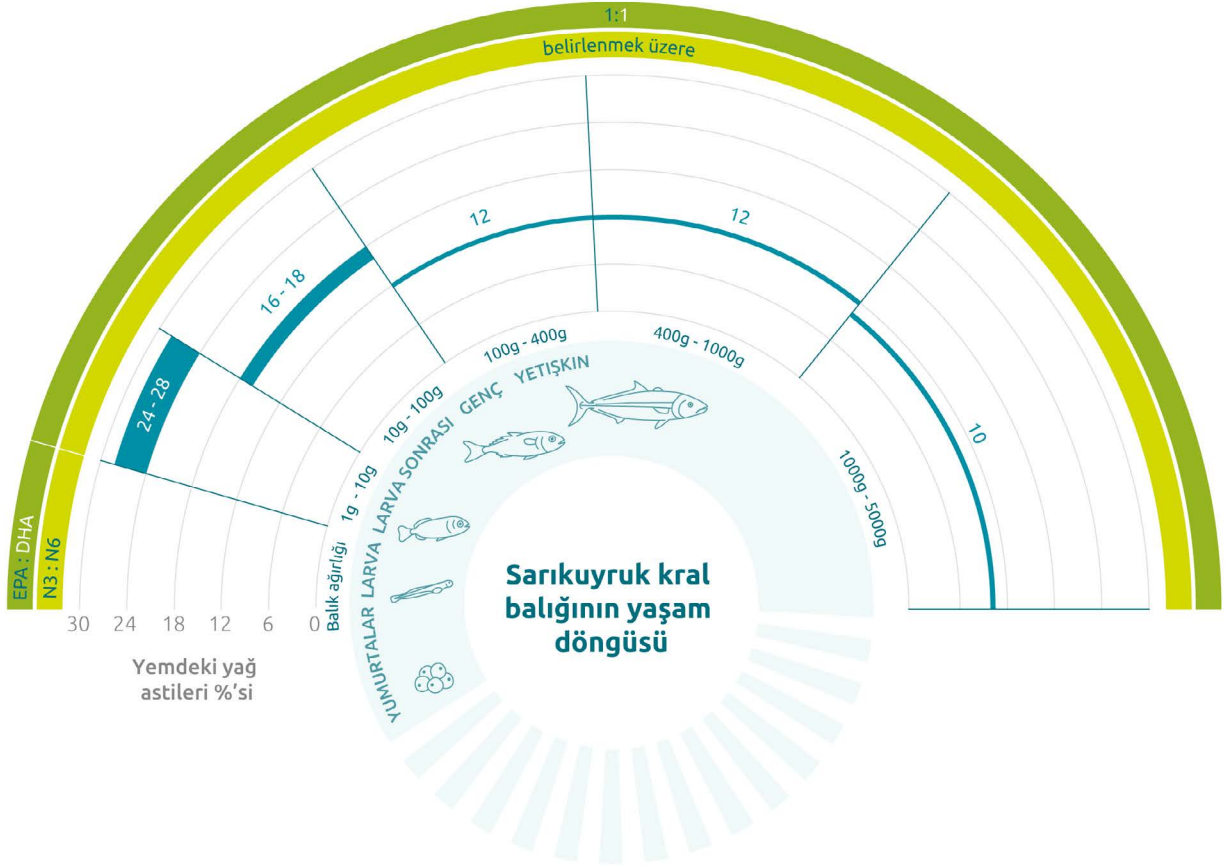
Şekil 4. EPA ve DHA Sarıkuyruk kral balığının (*Seriola lalandi*) üretim döngüsü boyunca EPA ve DHA Omega-3 gereksinimlerinin yanı sıra EPA:DHA ve n-3:n-6 oranları hakkındaki uzman görüşü.

OPTIMUM OMEGA NUTRITION™ SARIKUYRUK KRAL BALIĞI İÇİN

Profesör Brett Glencross tarafından desteklenen Veramaris analizi mevcut en son bilgi ve bilime dayanmaktadır.

TOPLAM EPA & DHA İHTİYACI

Laboratuvar koşullarında elde edilen veriler



OPTIMUM OMEGA NUTRITION™

EPA, DHA ve ARA esansiyel yağ asitleri bakımından zengin Veramaris doğal deniz yosunu yağı ile desteklenmiştir

Farklı yaşam evrelerindeki farklı deniz türleri için EPA ve DHA arasındaki optimum dengenin belirlenmesi için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle zorlu üretim koşullarında, n-3 LC-PUFA ihtiyaçları ve oranlarını daha iyi tanımlanması için daha fazla bilgiye ihtiyaç vardır.

EFA GEREKSİNİMLERİNİ KARŞILAMANIN ZORLUĞU

Balıkların EFA gereksinimleri eskiden balık yağının (BY) su ürünleri yem formülasyonlarına dahil edilmesiyle karşılanmaktaydı. Bugünkü mevcut üretim uygulamalarında, küresel yıllık BY arzının yaklaşık %70'inin su kültürüne gittiği tahmin edilmektedir (15). BY, nispeten yüksek Omega-3 LC-PUFA içermektedir ve balıkların gereksinimlerini karşılayan ve hayatta kalmalarını, büyümelerini ve sağlıklarını destekleyen ideal YA profili nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Fakat, BY'nın yararları dezavantajlarını da beraberinde getirmektedir. BY'nın arzı sınırlıdır ve kalite ve maliyet açısından farklılıklar göstermektedir. Buna ek olarak, su kültüründe yabancı balıkçılığın sömürülmesinden dolayı ekolojik ve etik kaygılar artmaktadır (16). Dahası, BY temizlenmediği sürece istenmeyen kontaminasyonlar içerebilir (17-19). Özet olarak, tedarik, güvenlik ve çevresel kaygılar akuakültür endüstrisinin BY odaklı genişlemesini engellemektedir (20) ve sürdürülebilirlik nedenleriyle, akuakültürde FM ve BY kullanımı ideal olarak yem balıkçılığından değil, yalnızca balık işleme atıklarından sağlanabilecek bir düzeye indirilmelidir (21). Bu nedenle, endüstrinin artan taleplerini karşılamak için tutarlı EPA ve DHA profillerine sahip alternatif Omega-3 kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Neredeyse yirmi yıl önce, endüstri bitkisel yağları lipid kaynağı olarak sunmaya başlamıştı (20,21). Bitkisel yağlar (BiY) balık sağlığını önemli ölçüde tehlikeye atmadan balık büyümesini destekleyebilir (22,23). Bu şekilde, BY'nın bitki bazlı alternatiflerle değiştirilmesi yemin Omega-3 içeriğini azaltır. Sonuç olarak, balıkların bağışıklık fonksiyonu ve metabolizması, sağlık durumunu ve stres direncini doğrudan etkilemektedir (24-26). Ek olarak, balık BY bileşimi ve fileto lipid içeriğindeki değişiklikler ürün kalitesini engellemekte ve tüketiciler için Omega-3 YA diyet önerilerini karşılamak için gereken balık payının sayısını artırmaktadır (27,28). Bu nedenle, BiY'lar balık büyümesini destekleyebilirken, su ürünleri yemlerinde kullanımları balık refahını ve performansını optimize etmezken tüketiciler için nihai ürünün besin kalitesini de tehlikeye atar.

Son zamanlarda, deniz alg yağlarının (AY) küresel Omega-3 tedarikindeki açığı kapatmak için büyük bir potansiyele sahip olduğu kabul edilmektedir (27,29,30). Deniz algleri, n-3 LC-PUFA'ların birincil üreticileridir ve deniz balıklarının doğal koşullarda bu besinleri elde ettiği orijinal kaynaklardır. Yüksek ve tutarlı bir EPA ve DHA profiline sahip olmalarının yanı sıra, AY'larından elde edilen n-3 LC-PUFA'lar diğer bitki bazlı yağlardan daha fazla biyolojik olarak kullanılabilir (31,32). Bu da demek oluyor ki, ticari olarak yetiştirilen balıkların gereksinimlerini karşılamak için diyetle yalnızca az miktarda AY ilavesi gereklidir.

OPTIMUM REFAH VE KALITE İÇİN OPTIMUM OMEGA NUTRITION™ GEREKİR

Veramaris®, üreticilere balık sağlığını, refahını, kalitesini ve verimliliğini arttıran sürdürülebilir bir yağ kaynağı sağlamak için deniz alglerine yöneldi. Veramaris® alg yağı Optimum Omega Nutrition™ (OON) kılavuzlarıyla birlikte kullanılabilir. OON kullanım kılavuzları, üreticilere çeşitli su ürünleri türlerinin üretim döngüsü boyunca balıkların Omega-3 ve Omega-6 gereksinimlerini karşılamak için ve genellikle zorlu ticari üretim koşullarıyla başa çıkmalarını sağlamak için mevcut bilimin ışığında uzman görüşüne dayanarak yardımcı olmaktadır.

Veramaris® algal yağındaki tutarlı ve yüksek orandaki n-3 LC-PUFA konsantrasyonu (%65), BY ve diğer bitkisel yağlarla birlikte kullanılmasına ve hatta tam BY ile yer değişimine olanak sağlamaktadır. Çok sayıda bilimsel çalışma bu potansiyeli ortaya koymuştur. Örneğin, çipura yavrularında BY'nın kanatlı yağı ve Veramaris® algal yağı ile değiştirilmesi, balık büyümesi, diyet YA kullanımı ve tüketici için balık filetosunun besin kalitesi açısından eşit derecede iyi performans sonuçları elde etmiştir (33,34). Benzer sonuçlar, Veramaris® algal yağının balık performansını veya balık filetosundaki yüksek EPA ve DHA seviyelerini etkilemeden BY'nın yerini başarıyla aldığı başka bir deneyde de gözlemlenmiştir (27). Ayrıca, Veramaris® alg yağı ile beslenen çipura balığı filetosunda daha düşük kontaminasyon seviyeleri ve daha düşük Yem Balığı Bağımlılık Oranı (FFDRoil) gözlemlenmiştir. FM ve BY'nın tamamen kanatlı unu, Veramaris® algal yağı ve BiY'ların bir karışımı ile değiştirildiği uzun yüzgeçli sarı kuyrukta (*Seriola rivoliana*) yapılan çalışmalarda karşılaştırılabilir büyüme oranları ve yem dönüşüm oranları gösterilmiştir (35). Ayrıca, tüketicilerle yapılan bir testte, FM ve BY olmadan yetiştirilen balığın lezzet

profilinin ayırt edilemez olduğunu ve hatta bu yağ kaynaklarında yüksek standarttaki ticari bir diyetle yetiştirilen balıklarınkine tercih edildiği görülmüştür (35).

Genel olarak, bu bulgular Veramaris® algal yağının deniz balıkları yemlerinde alternatif bir yağ kaynağı olarak kullanılabileceğini desteklemekte ve sonuçta su kültürü endüstrisinin sürdürülebilir büyümesini teşvik etmektedir. Gerçekten de Veramaris® alg yağı BY'ından daha konsantredir: bir ton Veramaris® alg yağı 66 tona kadar yem balığı ile aynı miktarda EPA & DHA verir (27,29). Bu, su ürünleri yetiştiriciliği endüstrisinin deniz kaynaklarına olan bağımlılığını daha iyi kontrol etmesine ve sürekli olarak daha düşük bir yem balığı yağ bağımlılık oranına (FFDRoil) ulaşmasına olanak sağlayacaktır. Dahası, mikroalglerden formüle edilen su ürünleri yemlerinde ağır metaller ve diğer toksik kontaminantlar daha azdır ya da neredeyse hiç yoktur (36). Buna ek olarak, Optimum Omega Nutrition™'in Veramaris® alg yağı ile uygulanmasıyla elde edilebilecek kalite tutarlılığı, fileto başına EPA ve DHA miktarı gibi etkili tüketici ürünü iddialarında bulunmak için kanıt sağlayabilir. Özetle, Veramaris® çığır açan inovasyonu, yüksek kaliteli yemlerin ve tedarik zinciri güvenliğinin korunmasına yardımcı olurken, su kültürü endüstrisinin doğal kaynakların korunmasından ödün vermeden verimliliği artırmasına olanak tanır.

BU KLAVUZUN İŞLETMENİZİN VERİMLİLİĞİNİ ARTTIRMAYA NASIL YARDIMCI OLABİLECEĞİNİ GÖRÜŞMEK İÇİN VERAMARIS VE YEM TEDARİKÇİNİZLE İLETİŞİME GEÇİN.

GENEL SORULAR İÇİN: info@veramaris.com

YASAL BİLDİRİM

Burada verilen bilgiler mevcut bilgi ve deneyimlerimize dayanmaktadır ve kendi takdirinize ve riskinize bağlı olarak kullanılabilir. Bu bilgiler sizi kendi önlemlerinizi ve testlerinizi yapmaktan alıkoymaz. Ürününüzle ilgili veya kullanımı ile ilgili olarak herhangi bir herhangi bir sorumluluk veya yükümlülük üstlenmemekteyiz. Yürürlükteki tüm yasa ve yönetmeliklere uymalı ve tüm üçüncü taraf haklarını gözetmelisiniz.

Veramaris® V.O.F

Alexander Fleminglaan 1
2613AX Delft
Hollanda



www.veramaris.com



info@veramaris.com

REFERANSLAR

1. Glencross BD. Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species. *Rev Aquac.* 2009 Jun;1(2):71–124.
2. Ishikawa A, Kabeya N, Ikeya K, Kakioka R, Cech JN, Osada N, et al. A key metabolic gene for recurrent freshwater colonization and radiation in fishes. *Science.* 2019 May 31;364(6443):886–9.
3. Innis SM. Dietary (n-3) fatty acids and brain development. *J Nutr.* 2007 Apr;137(4):855–9.
4. Tocher DR. Metabolism and Functions of Lipids and Fatty Acids in Teleost Fish. *Rev Fish Sci.* 2003 Apr 1;11(2):107–84.
5. Tocher DR. Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish. *Aquac Res.* 2010 Apr;41(5):717–32.
6. Turchini GM, Francis DS, Du Z, Olsen RE, Ringo E, Tocher D. The Lipids. In: Halver JE, Hardy RW, editors. *Fish Nutrition (Fourth Edition)*. San Diego: Academic Press; 2003. p. 181–257.
7. 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.
8. Simopoulos AP. Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease: The epidemiological evidence. *Environ Health Prev Med.* 2002 Jan;6(4):203–9.
9. Simopoulos AP. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomed Pharmacother.* 2002 Oct;56(8):365–79.
10. Houston SJS, Karalazos V, Tinsley J, Tocher DR, Glencross BD, Monroig Ó. A comparison of regression models for defining EPA + DHA requirements using the gilthead seabream (*Sparus aurata*) as a model species. *Aquaculture.* 2022 May 1;738308.
11. Koven WM, Kissil GW, Tandler A. Lipid and n-3 requirement of *Sparus aurata* larvae during starvation and feeding. *Aquaculture.* 1989 Jul 1;79(1):185–91.
12. Glencross B, Rutherford N. A determination of the quantitative requirements for docosahexaenoic acid for juvenile barramundi (*Lates calcarifer*). *Aquacult Nutr.* 2011 Apr;17(2):e536–48.
13. Takeuchi, T., Shiina, Y., Watanabe, T., Sekiya, S., Imaizumi, K. Suitable Levels of n-3 Highly Unsaturated Fatty Acid in Diet for Fingerlings of Yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi.* 1992;58(7):1341–6.
14. Rombenso AN, Trushenski JT, Jirsa D, Drawbridge M. Docosahexaenoic acid (DHA) and arachidonic acid (ARA) are essential to meet LC-PUFA requirements of juvenile California Yellowtail (*Seriola dorsalis*). *Aquaculture.* 2016 Oct 1;463:123–34.
15. Case study - fish meal and fish oil. European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture Products; 2019. Report No.: 4.
16. Tacon AGJ, Metian M. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture.* 2008 Dec 7;285(1):146–58.
17. FAO/WHO. Report of the Joint Expert Consultation on the Risks and Benefits of Fish Consumption, Rome, Italy, 25-29 January 2010 [Internet]. 2011. Available from: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2016074283>
18. Bays HE. Safety considerations with omega-3 fatty acid therapy. *Am J Cardiol.* 2007 Mar 19;99(6A):35C-43C.
19. Nácher-Mestre J, Serrano R, Benedito-Palos L, Navarro JC, López FJ, Pérez-Sánchez J. Effects of fish oil replacement and re-feeding on the bioaccumulation of organochlorine compounds in gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) of market size. *Chemosphere.* 2009 Aug;76(6):811–7.
20. Naylor RL, Hardy RW, Buschmann AH, Bush SR, Cao L, Klinger DH, et al. A 20-year retrospective review of global aquaculture. *Nature.* 2021 Mar;591(7851):551–63.
21. Boyd CE, McNevin AA, Davis RP. The contribution of fisheries and aquaculture to the global protein supply. *Food Secur.* 2022 Jan 20;14(3):805–27.
22. Tacon AGJ, Metian M. Feed Matters: Satisfying the Feed Demand of Aquaculture. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture.* 2015 Jan 2;23(1):1–10.
23. Benedito-Palos, Navarro. High levels of vegetable oils in plant protein-rich diets fed to gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.): growth performance, muscle fatty acid profiles and histological *Br J Addict [Internet]*. 2008; Available from: <https://www.cambridge.org/core/journals/british-journal-of-nutrition/article/high-levels-of-vegetable-oils-in-plant-protein-rich-diets-fed-to-gilthead-sea-bream-sparus-aurata-l-growth-performance-muscle-fatty-acid-profiles-and-histological-alterations-of-target-tissues/AFBDB03ACA2AD6AA3B66016BD4BE5651>

24. Montero D, Kalinowski T, Obach A, Robaina L, Tort L, Caballero MJ, et al. Vegetable lipid sources for gilthead seabream (*Sparus aurata*): effects on fish health. *Aquaculture*. 2003 Jul 14;225(1):353–70.
25. Lall SP. Nutrition and health of fish. *Avances en nutrición acuícola* [Internet]. 2000; Available from: <https://nutricionacuicola.uanl.mx/index.php/acu/article/download/261/259>
26. Mourente G, Good JE, Bell JG. Partial substitution of fish oil with rapeseed, linseed and olive oils in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): effects on flesh fatty acid composition, plasma prostaglandins E2 and F2alpha, immune function and effectiveness of a fish oil finishing diet. *Aquacult Nutr*. 2005 Feb;11(1):25–40.
27. 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>
28. Fountoulaki E, Vasilaki A, Hurtado R, Grigorakis K, Karacostas I, Nengas I, et al. Fish oil substitution by vegetable oils in commercial diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.); effects on growth performance, flesh quality and fillet fatty acid profile: Recovery of fatty acid profiles by a fish oil finishing diet under fluctuating water temperatures. *Aquaculture*. 2009;289(3–4):317–26.
29. 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.
30. 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.
31. Li-Beisson Y, Thelen JJ, Fedosejevs E, Harwood JL. The lipid biochemistry of eukaryotic algae. *Prog Lipid Res*. 2019 Apr;74:31–68.
32. Lane K, Derbyshire E, Li W, Brennan C. Bioavailability and potential uses of vegetarian sources of omega-3 fatty acids: a review of the literature. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2014;54(5):572–9.
33. Carvalho M, Montero D, Rosenlund G, Fontanillas R, Ginés R, Izquierdo M. Effective complete replacement of fish oil by combining poultry and microalgae oils in practical diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata*) fingerlings. *Aquaculture*. 2020 Dec;529(735696):735696.
34. Carvahho M. Prediction of the short and long-term effects of novel dietary formulations on the performance of gilthead seabream (*Sparus aurata*). XX International Symposium on Fish Nutrition and Feeding (ISFNF); 2022; Sorrento, Italy.
35. Meigs H, Barrows F, Sims NA, Alfrey K. Testing diets without fishmeal and fish oil for kampachi. Global Seafood Alliance. 2020;
36. Ratledge C. 1 - Single Cell Oils for the 21st Century. In: Cohen Z, Ratledge C, editors. *Single Cell Oils (Second Edition)*. AOCS Press; 2010. p. 3–26.