

Gökkuşacağı Alabalığı, Avrupa Deniz Levreği ve Çipura İçin Alternatif Bitkisel Yağ Kaynakları

Önder YILDIRIM¹ Ümit ACAR¹

ÖZET: Dünya nüfusunun gıda gereksinimlerini karşılamada önemli bir yer tutan su ürünlerine talep artmaktadır. Su ürünleri üretiminde %40'luk bir yer tutan su ürünleri yetiştiriciliğinde de balık besleme büyük öneme sahiptir. Balık beslemede, temel hammadde kaynağını balık unu ve balık yağı bileşenleri oluşturmaktadır. Balık yağı, insan tüketiminde ve karasal hayvanların yemlerinde de kullanılmasından dolayı ve yıllık eldesi avcılığa bağlı olduğundan yemlerde maliyeti arttıran bir hammadDEDİR. Bunun yanında, balık yağı omega-3 yağ asitleri bakımından, rasyonlar için mükemmel bir yağ kaynağıdır. Sürdürülebilir ve ekonomik yetiştiricilik faaliyetleri için balık yağına alternatif, balığın besin ihtiyaçlarını karşılayabilecek yağ kaynaklarının bulunması zorunludur. Bu amaçla, son yıllarda balık besleme üzerine yapılan çalışmalarda temini kolay, ekonomik, üretim miktarları değişim göstermeyen ve doymamış yağ asitlerince zengin bitkisel yağ kaynaklarının kullanılması üzerinde yoğunlaşmıştır. Deniz ve tatlısu balıklarında büyüme ve yem değerlendirmeyi olumsuz yönde etkilemeden balık yağının kısmen veya tamamen bitkisel yağ kaynakları ile değiştirilebileceği belirtilmiştir. Bu çalışmada, ekonomik öneme sahip üç balık türünün yemlerinde kullanılan farklı bitkisel yağ kaynaklarının etkileri yapılan güncel araştırmalar doğrultusunda değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Balık Besleme, Balık Yağı, Bitkisel Yağlar, Büyüme



Vegetable oils as alternative lipid diet for Rainbow trout, European seabass and Seabream

ABSTRACT: The importance of aquaculture increases together with the rising demand for food for the continuously growing world population. Aquafeed is of great importance in aquaculture which has a 40% share in fisheries. The primarily raw materials of aquafeed are fish meal and fish oil. Due to its consumption by human beings and its use in feed for terrestrial animals as well as its dependency on annual fishery yields, fish oil is a raw material with rising costs. Besides, fish oil is an excellent lipid source due to its omega-3 fatty acid content. In order to provide sustainability and economic benefits it is obligatory for the aquafeed industry to find suitable substitutes for fish oil that meet the requirements of the fish. For this purpose recent research on aquafeed was focused on easy to obtain, economic and standardized unsaturated fatty acids rich for supply of vegetable oil sources. It was indicated that fish oil can be replaced partially or totally by vegetable oils without any negative impact on growth performance and feed evaluation of marine or freshwater fish. In this study the effects of different vegetable oil sources in fish diet on three economically important species have been evaluated with regard to recent research.

Keywords: Fish feeding, fish oil, vegetable oils, growth

¹ Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü, Muğla, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Önder YILDIRIM, onderyildirim@mu.edu.tr

GİRİŞ

Balık yağı, sınırlı üretimine bağlı olarak fiyatı sürekli olarak artan yem hammaddesidir. Balık yağı üretimi 2009 yılında, yaklaşık 1 milyon ton düzeyine ulaşmıştır (FAO, 2012). Ülkemizde balık yağı üretimi ise yaklaşık 15.000 ton civarındadır (Yıldırım, 2011). Tahminlere göre, dünya balık yağı üretiminin %81'lik kısmı balık yemi sektöründe kullanılmaktadır (Chamberlain, 2011). Balık yemlerinde yağlar, balıkların vücudunda temel anabolik ve katabolik olayların gerçekleşmesi için ihtiyaç duyulan esansiyel yağ asitlerini sağlamaktadır (Bell and Koppe, 2001). Yakın gelecekte, stokları sınırlı olan pelajik balıklardan elde edilen balık yağı yıllık üretiminin, yem endüstrisinin ve yetiştiricilik sektörünün ihtiyaçlarını karşılayamayacak duruma geleceği ön görülmektedir (Tacon et al., 2006).

Yağlar, balıkların enerji ve yağ asitleri ihtiyacını karşılamaları açısından önemli yem bileşenlerindedir. Tüm omurgalı hayvanlarda olduğu gibi balıkların rasyonlarında çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) bulunmak zorundadır. Rasyonlardaki eksikliğine bağlı olarak büyüme, sağlık sorunları, gelişme, üreme ve normal vücut fonksiyonlarında eksiklikler görülmektedir. PUFA'ların biyolojik olarak etkin formları genellikle C₂₀ ve C₂₂ iken metabolik formları ise linoleik asit, linolenik asit, araşidonik asit, dekosaheksaenoik asit ve eikosapentatonik asittir (Sargent et al., 1989). Son yıllarda balık beslemede yüksek enerjili yemlerin kullanılmasına paralel olarak yağların önemi artmıştır. Linolenik ve linoleik yağ asitlerinin tatlı su balıklarının larval beslenmesinde önemliken (Higgs et al., 1992), linolenik, araşidonik ve eikosapentaenoik yağ asitleri tatlı su balıklarının yumurtalarının kalitesini arttırmaktadır (Pickova and Morkore, 2007). Yemlerle birlikte alınan yağlar ve yağ asitleri normal büyüme ve gelişme için önemli besin kaynaklarıdır. Deniz balıkları iyi büyüme performansı için esansiyel yağ asitlerini (EPA ve DHA) yemlerinde mutlaka almaları gerekir (NRC, 1993). Bu anlamda yağlar dengeli büyüme ve gelişme için gerekli önemli organik bileşiklerdir.

Balık yağının en temel karakteristik özelliği, yüksek oranda omega-3 (ω -3) doymamış yağ asitleri (HUFA) içermesi ve bu yağların da balıkların büyümesi ve sağlıklı olarak yetiştiriciliğin yapılabilmesi için esansiyel özellik taşımasıdır. Ancak yem sektörünün ve dolayısıyla su ürünleri yetiştiricilik endüstrisinin de-

vamlılığını sağlamak için yemlerde balık yağına alternatif olarak kullanılabilecek ekonomik, sürdürülebilir, insan ve balık sağlığını da olumsuz etkilemeyecek yeni yağ kaynaklarının bulunması zaruriyet arz etmektedir. Glencross and Turchini (2011), yem üretiminde balık yağına alternatif yağlar kullanarak yaptıkları çalışmalarda olumlu sonuçlar elde edildiğini bildirmişlerdir. Bitkisel yağların üretimlerinin kolay ve ucuz olmasından dolayı değişik oranlarda balık yağına alternatif olarak kullanılabileceği araştırmacılar tarafından kabul edilmektedir. Çeşitli çalışmalarda balık yeminde bitkisel yağların kısmen veya tamamen kullanılmasının büyüme performansı veya vücut kompozisyonuna negatif etkisinin olmadığı belirtilmektedir (Figueiredo-Silva et al., 2005; Mourente et al., 2006; Güler ve Yıldız, 2011; Parpoura et al., 2011). Bitkisel yağların balık yağı yerine yemlerde kullanılmasının yaygınlaşması ile birlikte, balık yağına olan bağımlılık azalacak ve yem üretim maliyeti düşüp, su ürünleri yetiştiriciliğinde giderlerin en büyük payını oluşturan yem giderleri azalacaktır.

Yaygın olarak kullanılan bitkisel yağlar, palmye yağı, pamuk tohumu yağı, kolza tohumu yağı ve soya yağıdır. Balık etinin yağ asidi kompozisyonu genellikle balıkların beslendiği yemin etkisi altındadır (Watanabe, 1982). Bitkisel yağlar, balık yağının aksine ω -6 ve ω -9 yağ asitleri özellikle linoleik asit ve oleik asit bakımından zengindirler. Bu nedenle bitkisel yağ kaynakları rasyonlarda balık yağının tamamen ya da kısmen ikame edebilmekte ve sonuçları bakımından genellikle olumsuz bir etkinin izlenmediği bildirilmektedir.

Bitkisel yağlar, fitosteroller ve tokoferoller olarak adlandırılan küçük yağ bileşenlerini içerirler (Kamal-Eldin, 2005), bu bileşikler doğal ortamlarda balıkların beslendikleri yemlerde bulunmazlar. Fitosteroller doğal olarak bitkisel yağlarda bulunurlar ve yapı olarak kolesterole benzerler. En bol bulunan fitosteroller β -sitostereol, kampstereol ve stigmastereol'dür. Fitosteroller, kolesterollerin metabolizmasını etkileyerek bağlanma yerlerini alırlar böylece insanlarda düşük yoğunluklu lipoprotein kolesterol düzeyini azalttıkları, buna bağlı olarak kalp hastalıkları riskini azalttıkları ileri sürülmektedir (Earnest et al., 2007).

Bitkisel yağların içerdiği diğer bir yağ bileşeni de tokoferollerdir. Tokoferoller, α -tokoferoller ve γ -tokoferoller olmak üzere ikiye ayrılırlar ve E vitaminin temel bileşenlerini oluştururlar (Kamal-Eldin,

2005). Tokoferoller, bitkisel yağların ana bileşenleri değildir, fakat varlıkları doymamış yağ asitlerinin oksidasyonunun engellenmesine yardımcı olur. Bu özelliğinin yanı sıra yapısındaki E vitamini sayesinde balık etlerinin raf ömrünü uzattığı bilinmektedir (Jensen et al., 1998).

Lipidler, yapısı nedeniyle suda çözünmeyen bileşiklerdir. Bunlar polar ve nötral lipidler olarak isimlendirilir. Polar lipidler, fosfolipidleri içerirler ve genel olarak hücre zarının yapısına katılırlar. Nötral lipidler, trigliserol, diaçilgliserol, monoçilgliserol ve steroller içerirler ve genel olarak enerji kaynağı olarak kullanılırlar. Tek çift bağ içeren yağ asitleri tekli doymamış yağ asitleri diye adlandırılırken iki veya daha fazla bağ içeren yağ asitlerine çoklu doymamış yağ asitleri olarak adlandırılmaktadır. Yağ asitlerinin isimlendirilmesinde karbon zincirinin sonundaki metil grubu ile birinci çift bağın arasındaki ilişki dikkate alınır. Eğer birinci çift bağ üçüncü karbon atomuna bağlıysa omega-3 (ω -3) yağ asidi, altıncı karbon atomuna bağlıysa omega-6 (ω -6) yağ asidi olarak isimlendirir.

Bazı yağ asitleri, hücrenin yapısı ve fonksiyonları açısından önemlidir bu yüzden bu yağ asitleri esansiyel yağ asitleri olarak adlandırılırlar. Esansiyel yağ asitleri vücutta sentezlenemezler, mutlaka dışarıdan alınmak zorundadır. Omurgalılar için 18:3 ω -3 (α -linolenik asit), 18:2 ω -6 (linoleik asit) ve 20:4 ω -6 (araşidonik asit) esansiyel yağ asitleri esansiyel olarak kabul edilir.

Balıklarda Lipid Metabolizması

Yağların metabolik bileşenleri olan yağ asitleri, balıkların üreme, büyüme ve sağlık gibi birçok vücut fonksiyonlarında önemli role sahiptir. Balıklar yağları benzersiz bir şekilde depolama ve kullanma yeteneğine sahiptirler. Farklı türler, tuzluluk ve sıcaklık gibi değişen çevresel faktörlere bağlı olarak özel lipid metabolizmaları geliştirmişlerdir.

Genel olarak lipidlerin sindirimi sindirim kanalında lipaz ve kolipaz enzimleri ile olur. Salmonidlerde, lipidlerin birincil olarak hidrolize edildiği yer pilorik seka ve ön bağırsaktır (Denstadli et al., 2004). Kısa zincirli yağ asitleri ve gliserol enterositlerde doğrudan absorbe edilirken uzun zincirli yağ asitleri lipaz ile parçalanarak, miseller olarak adlandırılan negatif yüklü

agregatları oluşturmak için enzimatik işlemin başarısı için önce safra tuzu ile küçük damlacıklara ayrılır, lümenlerden geçerek ayrışır ve yağ asitleri epitel zara geçerler. Enterositlerin içinde yağ asitleri fosfolipidler ve trigliseridler (triacilgliseroller) olmak üzere yeniden esterleştirilir ve şilomikron olarak adlandırılan kompleks proteinlerle birlikte toplanarak lipoproteinler veya düşük yoğunluklu lipoproteinler olarak hepatik portal ven ve lenf sistemi yoluyla karaciğere taşınırlar (Babin and Vernier, 1989; Tocher, 2003). Yağ asitlerinin taşınması ile ilgili kabul gören diğer bir taşıma yolu ise, memelilerin lenf sistemine benzer bir taşıma sistemi ile lipidlerin bağırsaklardan direkt kas ve yağ dokusuna taşınması şeklindedir. Düşük yoğunluklu lipoproteinler karaciğerden diğer dokulara dorsal aort tarafından taşınırlar. Yağ asitlerinin balık vücudundaki son metabolik olayları balıkların beslenmeleri ile alakalıdır.

Yem Lezzetliliği

Su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan en iyi yem, kuşkusuz onu tüketen türün optimum büyümesini sağlaması yanında tadıyla da iştahla kabul görmelidir. Balıkların günlük enerjilerini etkileyen en önemli faktör yem alımlarıdır (De la Higuerra, 2001). Rasyonlarda balık yağı yerine kullanılacak olan bitkisel yağlar, balık yağıyla eşit miktarlarda kullanıldıklarında günlük enerji ihtiyacında çok küçük değişimler beklenir. Bunun yanı sıra farklı yağ kaynakları farklı sindirilebilirliğe sahip olabilir, bunu engellemek için rasyonlarda enzim kullanılması gibi bazı modifikasyonlara gidilebilir. Bunun sonuçlarının tam anlaşılması için gelecekte konu ile ilgili daha çok çalışmaya ihtiyaç vardır (Turchini et al., 2009). Yapılan bazı çalışmalar balık yağı yerine bitkisel yağların kullanılmasının yem alımı ve lezzetine etkisinin olmadığını ya da çok az olduğunu belirtmektedir.

Bitkisel Yağ Kaynakları ve Büyüme Performansları

Balık yağına olan bağımlılığı azaltmak için son yıllarda önemli çalışmalar yapılmıştır. Balık yemlerinde bitkisel yağların kullanımı daha ucuz yem üretimine olanak sağlamaktadır. Ayrıca, bitkisel kaynakların sürekli üretimleri olduğundan dolayı daha sürdürülebilir yağ eldesini mümkün kılmaktadır. Ülkemizde yetiş-

tiriciliği yapılan türlerden gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), levrek (*Dicentrarchus labrax*) ve çipura (*Sparus aurata*) balıkları üzerinde yapılan yakın geçmiş araştırmalar, balık yemlerinde balık yağı yerine kullanılan bitkisel yağ kaynaklarının büyüme performansı ve yem değerlendirmesi üzerine etkileri Çizelge 1 ve Çizelge 2’te verilmiştir.

Kolza tohumu yağı, salmon türleri, tatlı su balıkları ve deniz balıkları yemlerinde balık yağı yerine kullanılan PUFA bakımından özellikle linoleik asit ve oleik asit bakımından zengin fakat, ω -3 PUFA bakımından fakirdir (Izquierdo et al., 2005). Atlantik salmon ve gökkuşuğu alabalıklarının yemlerinde palmye yağının, balık yağı yerine tamamen veya kısmen kullanılmasının büyüme ve yem değerlendirmeye olumsuz etkilerin belirlenmediği ileri sürülmektedir bulunmamıştır (Rosenlund, 2001; Caballero et al., 2002). Benzer bir şekilde Cabellero et al., (2002) gökkuşuğu alabalıklarının yemlerinde kolza yağının balık yağının %61’i olacak şekilde

de kullanılmasının büyümeye negatif etkisi olmadığını belirtmişlerdir. Yine aynı araştırmacılar kolza ve palmye yağının eşit oranlarda olacak şekilde balık yağının %80’i yerine kullanmışlar ve negatif etkiye rastlamadıklarını bildirmişlerdir. Petterson et al., (2009)’de benzer olarak balık yağı yerine %75 oranında kolza yağı kullanılmasının gökkuşuğu alabalığının büyüme performansına negatif etkisi olmadığını belirtmişlerdir. Deniz balıkları yemlerinde de kolza yağı balık yağının yerine yüksek oranlarda kullanılmış ve negatif etkisi belirlenmemiştir (Izquierdo et al., 2005; Fountoulaki et al., 2009).

Soya unu ve soya yağı, balık unu ve yağı yerine kullanılan yem hammaddesidir. Martins et al. (2006) soya yağının balık yağının %50’si oranında kullanılması halinde kontrol grubuna göre daha iyi bir büyüme elde edildiğini, Şener ve Yıldız (2003) ise %100’ü olacak şekilde kullanılmasının herhangi negatif etki yaratmadığını belirtmişlerdir. Martins et al. (2006)’u destekler nitelikte başka bir çalışma, Caballero et al., (2002)

Çizelge 1. Gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yemlerinde balık yağı yerine kullanılan bitkisel yağ kaynaklarının büyüme performansı ve yem değerlendirmesi üzerine etkileri

Bitkisel yağ	% Kullanım	Balık türü	Deneme süresi	İlk ağırlık (g)	Son ağırlık(g)	SGR	FCR	Kaynak
Zeytin yağı	30		64 gün	242.8±10.2	743.1±23.2	1.76±0.12	-	Caballero et al., 2002
Kolza yağı	61		64 gün	253.5±10.5	761.7±31.0	1.73±0.10	-	Caballero et al., 2002
Soya yağı	50		64 gün	252.2±14.7	751.8±24.0	1.72±0.13	-	Caballero et al., 2002
Kolza:Palmye yağı	80		64 gün	246.7±7.7	774.0±49.7	1.79±0.06	-	Caballero et al., 2002
Ayçiçeği yağı	100		60 gün	5.78±0.38	33.87±0.94	1.15±0.06	-	Şener ve Yıldız, 2003
Soya yağı	100		60 gün	5.78±0.38	34.54±1.03	1.16±0.08	-	Şener ve Yıldız, 2004
Soya yağı	50	G. alabalığı	84 gün	51.9±0.2	176.4±3.2	2.2±0.0	-	Figueiredo-Silva et al., 2005
Palmye yağı	50	(<i>Oncorhynchus</i>	70 gün	27	76.7±7.1	1.45±0.13	1.79±0.62	Fonseca et al., 2005
Zeytin yağı	100	<i>mykiss</i>)	42 gün	185	344	-	-	Choubert et al., 2006
Soya yağı	50		84 gün	51.9±0.2	176.4±3.2	1.5±0.03	1.0±0.02	Martins et al., 2006
Hindistan cevizi yağı	50		231 gün	241.9	1160	0.678	1.35	Ballestrazzi et al., 2006
Kolza yağı	75		60 gün	74.1±16.1	142.4±23.7	2.0±0.3	-	Petterson et al., 2009
Keten Tohumu yağı	100		72 gün	88.4	332.2	1.4	1.1	Turchini et al., 2009
Pamuk tohumu yağı	100		60 gün	88.0±2.21	142.8±2.97	0.85±0.05	-	Güler ve Yıldız., 2011

Çizelge 2. Çipura (*Sparus aurata*) ve Avrupa Deniz Levreği (*Dicentrarchus labrax*) yemlerinde balık yağı yerine kullanılan bitkisel yağ kaynaklarının büyüme performansı ve yem değerlendirilmesi üzerine etkileri

Bitkisel yağ	% Kullanım	Balık türü	Deneme süresi	İlk ağırlık (g)	Son ağırlık(g)	SGR	FCR	Kaynak
Zeytin yağı	45-100	Levrek (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	168	94	195.2	0.44	-	Parpoura and Alexis, 2001
Soya yağı	60	Levrek (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	89 gün	7.93± 0.09	31.38±0.40	1.53±0.01	-	Izquierdo et al., 2003
Soya yağı	60	Çipura (<i>Sparus aurata</i>)	204 gün	85	460.8±48.5	0.68±0.03	1.42±0.03	Menoyo et al., 2004
Zeytin yağı	60	Levrek (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	238 gün	94	404.9 ± 90.7	0.61 ± 0.06	-	Mourente et al., 2005
Keten tohumu yağı	60	Çipura (<i>Sparus aurata</i>)	159 gün	85	458.84±54.39	0.67±0.01	-	Izquierdo et al., 2005
Kanola yağı	60	Çipura (<i>Sparus aurata</i>)	159 gün	85	446.48±49.58	0.66±0.02	-	Izquierdo et al., 2005
Soya yağı	60	Çipura (<i>Sparus aurata</i>)	159 gün	85	460.15±48.82	0.68±0.02	-	Izquierdo et al., 2005
Soya yağı	60	Levrek (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	150 gün	75	371.73±34.93	0.52±0.02	-	Montero et al., 2005
Soya yağı	25-50	Levrek (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	84 gün	16,3±0,8	38,1±4,5	1.0±0.1	1.4±0.2	Martins et al., 2006
Kanola yağı	60	Levrek (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	238 gün	94	430.4 ± 81.8	0.63 ± 0.07	-	Mourente et al., 2006
Keten tohumu yağı	60	Levrek (<i>Dicentrarchus labrax</i>)	239 gün	94	434.3 ± 74.3	0.64 ± 0.05	-	Mourente et al., 2007
Kanola yağı	69	Çipura (<i>Sparus aurata</i>)	170 gün	112.04±1.4	252.36±7.27	-	1.85±0.1	Fountoulaki et al., 2009
Palmiye yağı	69	Çipura (<i>Sparus aurata</i>)	170 gün	114.34±2.58	229.41±5.53	-	2.14±0.06	Fountoulaki et al., 2009
Soya yağı	69	Çipura (<i>Sparus aurata</i>)	170 gün	113.92±3.31	259.44±1.63	-	1.72±0.02	Fountoulaki et al., 2009

tarafından yapılmış ve balık yağı yerine %50 soya yağı kullanılabileceği belirtilmiştir. Soya yağının levrek ve çipura yemlerinde de negatif etkisi olmaksızın %60-70 oranlarında kullanılabileceği ifade edilmiştir (Izquierdo et al., 2003; Menoyo et al., 2004; Izquierdo et al., 2005; Montero et al., 2005; Fountoulaki et al., 2009).

Palmiye yağının birkaç balık türü üzerinde balık yağı yerine negatif etkisi olmaksızın kullanılabileceği belirtilmiştir. Fonseca-Madrigal et al. (2005), gökkuşığı alabalığı yemlerinde balık yağının %50'si olacak şekilde kullanmışlar ve bu miktarın büyüme parametrelerine herhangi bir negatif etkisinin olmadığını ifade etmişlerdir.

SONUÇ

Su ürünleri yetiştiriciliğinde en karlı ürün eldesi, minimum maliyet-en iyi büyüme denklemiyle sağlan-

maktadır. Rasyonların dengeli ve yeterli şekilde besin maddesi içermesi ile ekonomik balık üretimi gerçekleştirilebilecektir. Bitkisel yağlar, balık yağı yerine ikame edilerek, yetiştiriciliği yapılan ekonomik deniz ve tatlı su balıklarında büyüme olumsuz etkilemeden iyi bir $\omega 3$ ve $\omega 6$ kaynağı olarak kullanılmaktadır. Tatlı su balıklarında bitkisel yağlar %100'e kadar balık yağı yerine kullanılabilirken deniz balıklarında bu oran henüz %60 düzeyindedir. Ülkemizde de, potansiyel yağlık yerel hammadde kaynaklarının kullanım olanaklarının araştırılması maksadıyla çalışmalara hız verilmesi, hem mevcut altyapımızın yenilenmesi ile atıl kaynakların ekonomiye kazandırılmasına ve hem de hammadde olarak balık beslemedeki boşlukların doldurulması açısından büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Babin, P.J., Vernier, J.M., 1989. Plasma lipoproteins in fish. *Journal of Lipid Research*, 30(4):467-489.
- Bell, J.G., Koppe, W., 2011. Lipids in aquafeeds. In: *Fish Oil Replacement and Alternative Lipid Sources in Aquaculture Feeds* CRC Press London, pp. 21-59
- Caballero, M. J., Obach, A., Rosenlund, G., Montero, D., Gisvold, M., Izquierdo, M. S., 2002. Impact of different dietary lipid sources on growth, lipid digestibility, tissue fatty acid composition and histology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 214(1-4), 253-271.
- Chamberlain, A., 2011. Fishmeal and Fish Oil- The Facts Figures, Trends and IFFO's Responsible Supply Standard, International Fishmeal & Fish Oil Organization
- De la Higuerra M., 2001 Effects of nutritional factor and feed characteristics on feed intake. In: Houlihan D, Boujard T, Jobling M (eds) *Food Intake in Fish*, 250:268. Blackwell Publishing, Oxford.
- Denstadli, V., Vegusdal, A., Krogdahl, A., Bakke-McKellep, A.M., Berge, G.M., Holm, H., Hillestad, M., Ruyter, B., 2004. Lipid absorption in different segments of the gastrointestinal tract of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 240(1-4): 385-398.
- E. Fountoulaki, A., Vasilaki, R., Hurtado, K., Grigorakis, I., Karacostas, I., Nengas, G., Rigos, Y., Kotzamanis, B., Venou, Alexis, M.N., 2009. 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*, 289:317-326.
- Earnest, C.P., Mikus, C.R., Lemieux, I., Arsenault, B.J., Church, T.S., 2007. Examination of encapsulated phytosterol ester supplementation on lipid indices associated with cardiovascular disease. *Nutrition*, 23(9):625-633.
- FAO (Food and Agriculture Organization), 2012. *Fish Statistics*. FAO, Rome, Italy.
- Figueiredo-Silva, A., Rocha, E., Dias, J., Silva, P., Rema, P., Gomes, E., 2005. Partial replacement of fish oil by soybean oil on lipid distribution and liver histology in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles. *Aquaculture Nutrition*, 11(2):147-155.
- Fonseca-Madrigal J, Karalazos V, Campbell PJ, Bell J.G., Tocher, D.R., 2005. Influence of dietary palm oil on growth and tissue fatty acid compositions, and fatty acid metabolism in liver and intestine in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*, 11:241-250.
- Glencross, B.D., Turchini G. M., 2011. *Fish Oil Replacement and Alternative Lipid Sources in Aquaculture Feeds*, CRC Press London, pp.373-404.
- Güler, M., Yıldız, M., 2011. Effects of dietary fish oil replacement by cottonseed oil on growth performance and fatty acid composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Turkish Journal of Veterinarian Animal Science*, 35(3): 157-167
- Higgs, D.A., Dosanjh, B.S., Uin, L.M., Himick, B.A., Eales, J.G., 1992. Effects of dietary lipid and carbohydrate levels and chronic 3,5,30-triiodo-L-thyronine treatment on growth, appetite, food and protein utilization and body composition of immature rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, at low temperature. *Aquaculture*, 105: 175-190.
- Izquierdo M.S., Obach A., Arantzamendi L., Montero D., Robaina L., Rosenlund, G., 2003. Dietary lipid sources for seabream and seabass: growth performance, tissue composition and flesh quality. *Aquaculture Nutrition*, 9: 397-407.
- Izquierdo, M. S., Montero, D., Robaina, L., Caballero, M. J., Rosenlund, G., Ginés, R., 2005. Alterations in fillet fatty acid profile and flesh quality in gilthead seabream (*Sparus aurata*) fed vegetable oils for a long term period. Recovery of fatty acid profiles by fish oil feeding. *Aquaculture*, 250(1-2): 431-444.
- Jensen, C., Birk, E., Jokumsen, A., Skibsted, L.H., Bertelsen, G., 1998. Effect of dietary levels of fat, alpha-tocopherol and astaxanthin on colour and lipid oxidation during storage of frozen rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and during chill storage of smoked trout. *Zeitschrift Fur Lebensmittel-Untersuchung Und-Forschung a-Food Research and Technology*, 207(3):189-196.
- Kamal-Eldin, A., 2005. Minor components of vegetable oils. In: Shahidi, F. (Ed.) *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. Sussex, UK.; John Wiley & Sons Inc.III). pp. 483-523.
- Martins, D.A., Gomes, E., Rema, P., Dias J., Ozório ROA., Valente, L.M.P., 2006. Growth, digestibility and nutrient utilization of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles fed different dietary soybean oil levels. *Aquaculture International*, 14: 285-295.
- Menoyo, D., Izquierdo, M. S., Robaina, L., Ginés, R., Lopez-Bote, C.J., Bautista, J.M., 2004. Adaptation of lipid metabolism, tissue composition and flesh quality in gilthead seabream (*Sparus aurata*) to the replacement of dietary fish oil by linseed and soyabean oils. *British Journal of Nutrition*, 92:41-52.
- Montero, D. Robaina, L., Caballero, R., Gines, R., Izquierdo, M.S., 2005. Growth, feed utilization and flesh quality of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed diets containing vegetable oils: a time-course study on the effect of a re-feeding period with a 100% fish oil diet. *Aquaculture*, 248: 121-134.
- Mourente, G., Bell, J.G., 2006. Partial replacement of dietary fish oil with blends of vegetable oils (rapeseed, linseed and palm oils) in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) over a long term growth study: effects on muscle and liver fatty acid composition and effectiveness of a fish oil finishing diet. *Comparative Biochemistry and Physiology Bulletin*, 145:389-399
- NRC (National Research Council), 1993. *Nutrient requirements of fish*. National Academy Press, Washington, DC, USA, 114p.
- Parpoura, A.C.R., Alexis, M.N., 2001. Effects of different dietary oils in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) nutrition. *Aquaculture International*, 9: 463-476.
- Pettersson, A., Pickova, J., Brännäs, E., 2009. Effects of crude rapeseed oil on lipid composition in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *Journal of Fish Biology*, 75: 1446-1458.

- Pettersson, A., Pickova, J., Brännäs, E., 2010. Swimming performance at different temperatures and fatty acid composition of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) fed rapeseed and palm oils. *Aquaculture*, 300:176-181.
- Rosenlund, G., 2001. Effect of alternative lipid sources on long-term growth performance and quality of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture Research*, 32:323-328.
- Şener E., Yıldız M., 2003. Effect of the Different Oil on Growth Performance and Body Composition of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792) Juveniles. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 3: 111-116
- Tacon, A.G.J., Hasan, M.R., Subasinghe, R.P., 2006. Use of fishery resources as feed inputs to aquaculture development: trends and policy implications. *FAO Fisheries Circular No. 1018*. FAO Fisheries Department, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Tocher, D.R., 2003. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. *Reviews in Fisheries Science*, 11(2):107-184.
- Turchini, G.M. & Francis, D.S. (2009) Fatty acid metabolism (desaturation, elongation and β -oxidation) in rainbow trout fed fish oil- or linseed oil-based diets. *British Journal of Nutrition*, 102, 60–68.
- Turchini, G.M., Torstensen, B.E., Ng, W.K., 2009. Fish oil replacement in finfish nutrition. *Reviews in Aquaculture*, 1:10-57.
- Watanabe, T., 1982. Lipid nutrition in fish. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 273:3–15.
- Yıldırım, Ö. 2011. Türkiye balık yemi sektörünün mevcut durumu ve sürdürülebilirliği, XVI. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, 25-27 Ekim 2011, Antalya.