

## **Balıklarda Lipitler, Yağ asitleri ve Bunların Bazı Önemli Metabolik Fonksiyonları**

**Gülsüm BALÇIK MISIR<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Su Ürünleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Vali Adil Yazar Cad. No:14 Yomra-Trabzon

\* Sorumlu yazar: Tel:+90 462 3411053 Faks:+90 462 3411152  
e-posta: gbmisir@sumae.gov.tr

Geliş Tarihi: 11.07.2013  
Kabul Tarihi: 09.09.2013

### **Abstract**

#### **Lipid and Fatty Acid Content of Fish and Their Some Important Metabolic Functions**

Lipids, fatty acids and proteins are the main organic components of fish. These components are important as being the sources of metabolic energy needed for growth, reproduction and movement including migration. Also long chain highly unsaturated omega-3 fatty acids play critical physiological role in the diet of human and animals. Occurring huge amounts and unique make omega-3 fatty acids popular for a long time. Another causative effect that make them important is the need of investigation of nutritional necessities of aquaculture fish. It was compiled some information about fish lipids, fatty acids and some specific metabolic functions of these components in fish.

**Keywords:** Fish, lipid, omega-3 fatty acids

### **Özet**

Lipitler ve içerdikleri yağ asitleri, proteinlerle birlikte balıkların temel organik bileşenlerinden birini oluşturmaktadır. Bu bileşenler büyüme ve üreme ile göç dahil hareket için gerekli olan metabolik enerjinin kaynağı olması açısından önemlidirler. Ayrıca uzun zincirli yüksek doymamış omega-3 yağ asitleri üstlendikleri kritik fizyolojik rolleri gereği insan ve hayvan beslenmesinde özellikle önemli rollere sahiptir. Balık lipitleri ve yağ asitlerine olan uzun süreli ilgi onların bol ve eşsiz kaynaklar olmasından ileri gelmektedir. Bununla birlikte son yıllarda balık lipitleri üzerindeki çalışmaların ivme kazanmasının önemli nedenlerinden biri de hızla gelişmekte olan akuakültür sektöründe kültür balıklarının besin ihtiyaçlarının belirlenmesine olan ihtiyaçtır. Bu çalışmada balıklarda lipitler, yağ asitleri ve bunların bazı önemli metabolik fonksiyonları hakkında bilgiler derlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Balık, lipit, omega-3 yağ asitleri

### **Giriş**

#### **Lipitler**

Lipitler suda çözünmeyen, benzen, eter ve kloroform gibi çeşitli organik çözücülerde çözünebilir, biyolojik olarak önemli bir sınıfı oluşturan biyo-moleküllerdir. C, H, O, P ve N elementlerini içerebilirler, genellikle %75 C,

%12-13 H ve O içerirler (Güner, 2007; Griffin ve Cunnane, 2009). Lipitler oda sıcaklığındaki fiziksel özelliklerine (katı sıvı hal gibi), polaritelerine (polar ve nötral), insanlar için esansiyel olup olmadıklarına veya yapılarına göre sınıflara ayrılabilirler. Nötral yapıda olan triaçilgliseroller (TAGs) yağ asitlerinin gliserolle

Esterleşmesi sonucu oluşan basit lipitlerdir. Bunlar metabolik enerjinin temel depo maddesi olduklarından depo lipitleri olarak adlandırılırlar. Polar yapıdaki fosfolipitler ve glikolipitler ise yağ asitlerinin farklı gruplarla birleşiminden oluşan bileşik lipitlerdir. Bu lipitler biyolojik membranların temel bileşenleridir. Lipit türevleri basit lipitlerin hidroliz veya değişim ürünleridir.

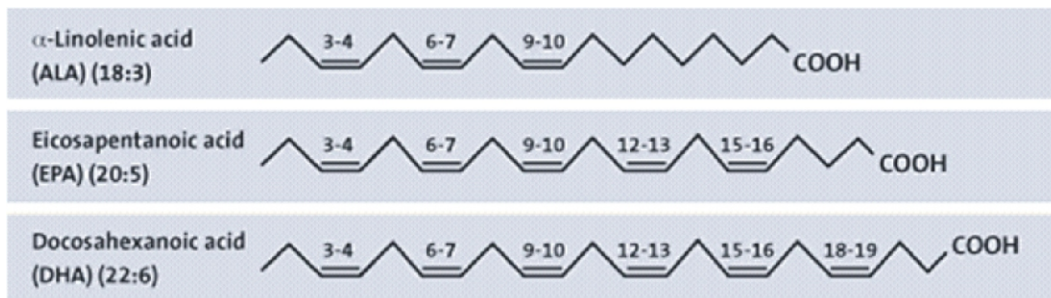
Sabunlaşmayan (non-saponifiable) lipitler; steroidler, hormonlar ve kolesterolden oluşur. Kolesterol hücre membranlarının temel bileşenlerinden birini oluşturur. Bu gruptaki lipitler belirli fizyolojik işlemler için gereklidir (Hrycyna, 2007).

Lipitler birçok organizmada hücre çeperleri ve organellerin koruyucu bileşenleridir. Metabolik yakıt maddesi olan ATP sentezi ile ilgili işlemler olan elektron taşıma işlemi, oksidatif fosforilasyon ve fotosentez gibi metabolik işlemlerin gerçekleştiği temel yerlerdir (Güner, 2007).

### Yağ Asitleri

Yağ asitleri lipit sınıflarının temel bileşenlerini oluşturur. Doğunluk derecelerine göre "**doymuş yağ asitleri**" (saturated fatty acids, SFA) ve "**doymamış yağ asitleri**" olarak isimlendirilir. Doymamış yağ asitleri ise kendi içinde tekli doymamış (**monounsaturated, MUFA**) ve çoklu doymamış yağ asitleri (**polyunsaturated, PUFA**) olarak

ikiye ayrılır. Çift bağın pozisyonu ve özellikle metilen ile bağlantılı tek bağın pozisyonu, farklılık gösterir. Bundan dolayı, ikiden fazla çift bağ içerenler ailesi (örneğin n-3 ve n-6) ilk çift bağın üçüncü (n-3) ve altıncı karbon atomuna metilen grubundan (n-6) bağlanmasıyla oluşur. Yirmiden fazla karbon atomu ve üçten fazla çift bağ içeren çoklu doymamış yağ asidi HUFA olarak tanımlanır (Sargent ve ark, 2002). Doğada en çok bulunan yağ asidi oleik asittir (C18:1); bu yağ asidi çoğu yağlarda bulunan yağ asitlerinin yarısından fazlasını oluşturur. Oleik asitten sonra yağlarda en çok bulunan yağ asidi, bir SFA olan palmitik asittir (C16:0). MUFA'nın en önemli iki üyesi, palmitoleik asit (C16:1) ile oleik asittir. Bunlardan palmitoleik asit daha çok deniz hayvanları yağları için karakteristik bir bileşen olduğu halde, oleik asit bugüne değin bilinen bütün doğal yağların yapısında yer almıştır (Gunstone, 1996). PUFA'lar içerisinde n-3 ve n-6 yağ asitleri birbirinden çok farklı biyokimyasal rollere sahiptir. Linoleik asit (n-6, LA) ve alfa-linolenik asit (n-3 ALA) iki temel bileşendir ve diyetle esansiyel yağ asitleri olarak bilinirler (Benatti vd., 2004). N-3 yağ asitlerinin en önemlileri olan eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asitin (DHA) ana kaynağının deniz ürünleri olduğu bildirilmiştir (Gordon ve Ratliff, 1992) (Şekil 1'de ALA, DHA ve EPA'nın kimyasal yapısı gösterilmiştir).



Şekil 1. ALA, DHA ve EPA'nın kimyasal yapısı (URL 1. www.sciencedirect.com, 15.04.2013).

## Balıklarda Lipit Kompozisyonu

Balıklarda lipit miktarları son derece değişkendir. Mevsimler, besin maddelerinin türü ve miktarı, su sıcaklığı, Ph, tuzluluk, ve üreme periyodu gibi farklı abiyotik ve biyotik faktörler bu değişkenliğe sebep olmaktadır (Kaushik vd., 2006; Shiari vd., 2002; Pigott ve Toker, 1990). Örneğin uskumru balığında lipit miktarı mevsime bağlı olarak %4 ile %30'u aşan miktarlarda değişmektedir. Tablo 1 mevsimlere bağlı olarak, üç tür tilapya balığı ve üç tür alabalığın yağ içeriklerindeki değişimi göstermektedir. Balıklardaki lipitlerin depolandığı ana kısımlar türler arasında farklılık gösterir. Ancak lipitler birincil olarak derinin üçüncü tabakasında lokalize olurlar, karın dokusu, karaciğer, mesentirik dokular da

diğer depo yerleridir (Ackman, 1994).

Balık derisinde bulunan lipit miktarı kasta bulunan lipit miktarından daha fazladır. Yağsız balıklarda derideki lipit miktarı %0.2 ile %3.9 arasında iken bu oran yağlı balıklarda %50'nin üzerine kadar çıkabilir. Morina balıklarında yumurta (mevsime bağlı olarak) vücut ağırlığının %27'sine kadar ulaşır ve bulundurduğu lipit miktarı %0.3 ile %1.5 arasında değişir. Karaciğer ise aynı balıkta vücudun %4-9'u kadar olmasına karşılık bulundurduğu lipit miktarı %70'e kadar ulaşır (Ackman, 1994). Morina gibi bazı tür balıklarda yağ dokusu karaciğerde toplanır ve bu balıkların kas dokusu yağsızdır. Bunlar “yağsız balıklar” olarak isimlendirilirler. “Yağlı balıklar” olarak isimlendirilen ikinci tür balıklarda ise yağ deri altında, kaslar arasında

**Tablo 1.** Farklı mevsimlerde üç tür tilapya balığı ve üç tür alabalığın lipit içerikleri (g/100g) (Rasoarahona vd., 2005; Bayır vd. 2010)

Mevsimler	<i>Tilapia rendalli</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	<i>Oreochromis macrochir</i>	<i>Salmo turta caspius</i>	<i>Salmo trutta labrax</i>	<i>Salmo trutta macrostigma</i>
Kış	0.86±0.15	2.45±0.12	1.37±0.28	3.10±0.12	4.67±0.19	3.22±0.08
Sonbahar	1.29±0.08	2.74±0.14	1.29±0.24	1.75±0.06	1.50±0.06	2.83±0.05
İlkbahar	0.24±0.08	2.39±0.14	1.18±0.10	2.24±0.07	2.50±0.08	2.89±0.08

**Tablo 2.** Balık türlerinde yüksek değerli besin elementlerinin karşılaştırılması (URL-2. www.wikipedi.org, 23.05.2013)

	Alaska mezgiti <sup>1</sup>	Ringa balığı <sup>2</sup>
		
Enerji (kcal)	111	203
Protein (g)	23	23
Yağ(g)	1	12
Kolesterol (mg)	86	77
Vitamin B-12 (µg)	4	13
Fosfor (mg)	267	303
Selenyum (µg)	44	47
Omega-3 (mg)	509	2014

ve iç organlarının çevresinde yoğunlaşmaktadır (Göğüş ve Kolsarıcı, 1992). Balıklardaki lipit dağılımı baştan kuyruğa doğru azalarak uzanır. Koyu kaslardaki lipit içeriği beyaz kaslara oranla birkaç kat daha fazladır. Aynı zamanda kasları çevreleyen myoseptada kayda değer miktarda lipit lokalize olur (Zhou ve Ackman, 1995). Uzun süre göç eden balık türleri (tuna, ringa, uskumru gibi) yavaş yüzen türlere nazaran fonksiyonları gereği daha fazla koyu kasa dolayısıyla da daha fazla lipide sahiptirler (Sikorski ve Kolakowska, 2003). Tablo 2'de yağlı ve yağsız balıkların besin değerleri karşılaştırılmıştır.

Balıklarda lipit içeriği % 0.3 - 45 w/w arasında değişen geniş bir yere yayılmıştır. Lambertsen (1978) balıkları buldukları yağ miktarına göre 4 gruba ayırmıştır;

1. Yağsız balıklar (<%2); morina, had-dock, kabuklular, mezgit gibi
2. Az yağlı balıklar (%2-4) dil, halibut, pisi gibi
3. Orta yağlı balıklar (%4-8); doğal salmon
4. Çok yağlı balıklar (>%8); ringa, uskumru, çiftlik salmonu gibi (Huss, 1988).

Bir diğer sınıflandırmada ise balıklarda yağ oranı;

- <%2 ise yağsız;
- %2-7 arasında ise az yağlı
- %7-15 yağlı ve
- >%15 ise çok yağlı olarak tanımlanmıştır (Polish Standard PN-A-86770, 1999).

### Balıkda Lipit Fraksiyonları

Balık kaslarında bulunan lipitler temel olarak fosfolipitler, triaçilgliseroller (TAG) ve storellerden oluşur, az miktarda da bunların metabolik ürünleri mevcuttur. Yine az miktarda glikolipitler ve sulfolipitler gibi yaygın olmayan lipitlere de rastlanır. TAG hemen

hemen tüm ticari tür balıklarda depo lipitidir. TAG miktarı kastaki lipit miktarı arttıkça artar (Drazen, 2007; Kolakowaka ve Kolkavski, 1990). Fosfolipitler balık kasındaki diğer ana lipit sınıfını oluşturdukları için yağsız balıklarda toplam lipitlerin çoğunu oluştururlar (yaklaşık %90 gibi), TAG ise %1 civarındadır (Ackman, 1994).

### Balıklarda Yağ Asitlerinin Kaynağı

Balıklardaki omega-3 yağ asitlerinin ana kaynağını mikroalgler ve fitoplanktonlar oluşturur. Bu canlılar karakteristik yaşam ortamları gereği fotosentez yoluyla birincil organik materyali üretirler. Mikroalgler taksonomik pozisyonlarına göre farklı yağ asidi kompozisyonlarına sahiptirler. Genel olarak alglerin çevresel şartlara adaptasyon yeteneğinin, çok çeşitli lipit paternine sahip olmalarına ve bir dizi ilginç bileşenleri sentezleme yeteneklerine bağlı olduğuna inanılmaktadır (Huss, 1988).

Günümüzde, yapılarında bol miktarda yüksek kaliteli PUFA bulundurduğu bilinen bazı tatlısu ve deniz algleri yetiştiricilik faaliyetleri için yaygın olarak kullanılmaktadır (Irina vd., 2006). *Navicula saprophila*, *Rhodomonas salina* and *Nitzschia* türü mikroalgler üzerinde yapılan çalışmalarda uygun şartlar altında EPA oranlarının toplam yağ asitlerinin, sırasıyla %20.1, %15.4 ve %24.7'si olduğu bulunmuştur (Kitano vd., 1997). Bir diğer deniz mikroalgi *Crypthecodinium cohnii*'de bir diğer omega-3 yağ asidi olan DHA'nın değerli bir kaynağı olarak ticari olarak kullanılmaktadır. Bu alg de biyokütlenin %20'si oranında yağ akümüle etmekte ve çok değerli yağ asitlerini bünyesinde bulundurmaktadır. Yapısındaki DHA oranı toplam yağ asitlerinin %30-50'sini oluşturmaktadır (De Swaaf vd., 1999). Denizel diatomlardan *P. tricornutum* toplam yağ asit-

lerinin %30'unu EPA olarak biriktirme yeteneğinden dolayı yetiştiricilikte yaygın olarak besin maddesi olarak kullanılmaktadır (Jiang ve Gao, 2004). EPA ve DHA'nın yanı sıra mikroalgler özellikle çok miktarda C:16 ve C:18 polieni üretirler. Zooplanktonlardan da özellikle kopoepodlar mikroalglerden aldıkları bu asitleri bir dizi enzimatik işlemlerle (desaturasyon ve uzatma) C:20 ve C:22 yapılarına dönüştürürler ve ilk üreticilerle kendilerinden sonraki üst tüketiciler arasındaki esansiyel bağı kurarlar. Balıklar bu yolla C:20 ve C:22 formundaki yağ asitlerinin büyük kısmını hazır olarak alır ve depo ederler. Bununla birlikte dışarıdan aldıkları C16:0 ve C18:0 formundaki doymuş yağ asitlerini desaturasyonla daha düşük erime noktasına sahip olan C16:1 ve C18:1 formlarına çevirebilmektedirler. Ancak C18:2n-6 ve C18:3n-3'ü diyetle almak zorundadırlar. Aldıkları bu esansiyel yağ asitlerini de yine desaturasyon ve uzatma işlemleri ile fizyolojik fonksiyonlar için temel teşkil eden C:20 ve C:22 PUFA'larına (C18:2n-6'yı C20:4n-6'ya ve C18:3n-3'ü de C20:5n-3 ve C22:6n-3'e) dönüştürebilirler (Berge ve Bernathan, 2005). Bu dönüşümde omega-3 yağ asitlerinin desaturasyonunda kullanılan enzimler omega-6 yağ asitlerinde kullanılanlara oranla daha aktiftir. Bu da C22:6n-3'ün fazla birikim yapmasına işaret eder. Ancak bu işlemler balığın enzimatik yapısına bağlı olarak ve oldukça düşük düzeyde gerçekleştiği için balıklar temel olarak yağ asitlerini diyetle dışarıdan alırlar (Tocher, 2003; Morais ve Conceicao, 2009).

### Balıklarda Yağ Asitleri

Balıklarda lipitlerin büyük çoğunluğunu oluşturan fosfolipitlerin yağ asidi kompozisyonlarının en karakteristik komponenti PUFA'lardır. Akuatik hayvanlarda genelde uzun zincirli (n-3) konfigürasyonundadır.

Ancak birçok araştırmacı deniz balıkları ile tatlı su balıkları yağ asitleri kompozisyonları arasında farklılık olduğunu belirtmiştir. Tatlı su balıklarının n-6 yağ asitleri deniz balıklarına oranla daha yüksektir (Sikorski ve Kolakowska, 2003). Ortalama n-6/n-3 oranları tatlı su balıklarında 0.37, deniz balıklarında 0.16 civarındadır. Bu farklılığın sebebi balıkların farklı beslenme rejimi ve/veya balığın yaşam ortamlarına fizyolojik adaptasyonu için PUFA'lara özel olarak ihtiyaç duymasından kaynaklanmaktadır. *Plecoglossus altivelis*'e ait PUFA oranları balığın denizden tatlı sulara göç ettiği bir aylık kısa süre içerisinde büyük oranda değişmektedir (Ota ve Tagaki, 1977). Benzer ancak tersi olay *Oncorhynchus masu*'da tatlı sulardan denize göç esnasında meydana gelmektedir. Hatta aynı balık türünde dahi suyun tuzluluk derecesi yağ asitleri paterninde büyük değişimlere sebep olmaktadır (Halver, 1980). Haliloğlu vd. (2004) gökkuşağı alabalıklarının deniz ve tatlısu formlarında farklı dokulardaki yağ asitlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında balıkların aynı diyetle beslenmelerine rağmen su tuzluluğunun yağ asitlerine etki ettiğini ortaya koymuşlardır. Denizel ortamlarda 18:3n-3, 20:5n-3 ve 22:6n-3 yağ asitleri dominanttır. Çoğu karnivor balık ve omurgasızlarda DHA genellikle EPA'dan daha fazla bulunur. Tatlı sulardaki besin zincirleri ise LA, ALA ve EPA yağ asitlerince karakterize edilir ve tatlı su balıkları böcekleri tüketmek suretiyle yüksek oranlarda 20:4n-6 elde edebilirler (Kolakowska vd., 2003; Sikorski, 1990; Okumuş, 2000). Tatlı su balıklarının büyük çoğunluğu LA'i AA'e ve ALA'i de EPA'ya dönüştürebilmektedir. Ancak LA ve ALA esansiyel yağ asitleri olduklarından diyetle dışarıdan alınmak zorundadırlar. (N-3)/(n-6) oranı denizel gıda kaynaklarında karasal gıda kaynaklarına oranla daha yüksektir. Bu oran farklı balık türleri arasındaki besin değerinin ortaya konmasında iyi bir

**Tablo 3.** Bazı su ürünlerindeki yağ asitleri miktarları

Balık Türü	Yağ (g/100g)	SFA (g/100g)	MUFA (g/100g)	PUFA (g/100g)	EPA (g/100g)	DHA (g/100g)
Hamsi	4.8	1.3	1.2	1.6	0.5	0.9
Morina	0.7	0.1	0.1	0.3	0.1	0.2
Berlam	1.6	0.3	0.3	0.6	0.2	0.2
Uskumru	13.0	2.5	5.9	3.2	1.0	1.2
Tirsi	17.3	4.8	4.2	5.6	0.8	2.8
Gökkuşığı alası	3.4	0.6	1.0	1.2	0.1	0.4
Kefal	8.4	1.5	1.2	1.6	0.6	0.5
Palamut	8.4	2.2	1.8	2.8	0.6	1.7
Orkinos	6.6	1.7	2.2	2.0	0.4	1.2
Karides	1.1	0.2	0.1	0.4	0.2	0.1

Not: SFA:doymuş yağ asitleri; MUFA: tekli doymamış yağ asitleri; PUFA:çoklu doymamış yağ asitleri; EPA:iekosapentaenoik asit; DHA: dokosaheksaenoik asit (Pigott ve Tucker, 1990; Mısır, B. 2010.)

indeks olarak önerilmektedir. Bu oran balıklarda birçok çevresel ve biyolojik faktörden etkilenir. Balıklarda doymuş yağ asitlerinden palmitik asit dominanttır. Bunu miristik asit izler. Tirsi etine ait palmitik asit ve miristik asit değerleri sırasıyla %18.1 ve %4.6 olarak belirlenmiştir (Mısır, B., 2010). Stearik asit ılıman su balıklarında deniz balıklarına oranla daha fazla bulunur (Ackman, 1994). C15:0, C17:0 ve C20:0 oranları da %1 civarında seyrederek ve bunların besinsel değeri sınırlıdır (Sikorski ve Kolakowska, 2003).

MUFA'nden oleik asit (C18:1n-9) baskın yağ asididir ve bunu palmitoleik asit (C16:1) takip eder. Uskumru ve ringa yüksek miktarlarda C20:1n-9 ve C22:1n-9 içerir. Bu da daha fazla mum esterlerince zengin kopepodlarla beslenmesi ile açıklanabilir (Sargent, 1976). Bazı su ürünlerindeki yağ asidi kompozisyonları Tablo 3'de verilmiştir.

### Balık Lipitleri ve n-3 PUFA'nin Biyolojik Rolü

Fosfolipitler hücre zarı yapısı ve akışkanlığını belirlerler. Diyet omega-3 yağ asitlerinin organizmadaki biyolojik fonksiyonları;

enerji, C atomu ve hücrenin hidrofobik iç yapısını sağlamak, su ve polar moleküllerin geçişini engelleyerek hücre muhteviyatını korumaktır (Benatti vd., 2004). Hücre zarlarındaki yapısal rolleri yanı sıra araşidonik asit (AA, C20:4n-6) ve EPA prostaglandinlerin prekürsörleridir. Prostaglandinler üreme fonksiyonlarında önemli rol oynayan bir dizi çok önemli, çok aktif, kısa ömürlü hormon benzeri yapılarıdır (Stacey ve Goetz, 1982).

Akuatik organizmaların lipid içeriği ve bileşimi dış (sıcaklık, tuzluluk, beslenme vb.) ve tür, cinsiyet, fizyolojik statü (gonad olgunlaşması, kondisyon, yaş vb.) gibi iç faktörlerden etkilenir. Deniz ve tatlı su balıklarının embriyo ve larvalarının normal gelişimi, sinir sistemleri ve duyu organlarının düzenli çalışması için omega-3 yağ asitleri esansiyel rol oynar.

Bir türün bireyleri arasında kompozisyondaki farklılıklar fizyolojik statü ve cinsiyete bağlı olabilir.

Yağlı balıklardaki kas lipitleri hareket için enerji kaynağı olarak kullanılırlar ve daha sonra üremede gonadlara transfer edilmek üzere depo edilirler. Bu işlemler farklı tür veya alttürlerde farklı şekillerde gerçekleşir (Sikorski ve Kolakowska, 2003).

Aynı türün dişi ve erkek bireylerinde de bu farklılıklar gözlenir. Erkek humback salmonlarının kırmızı kaslarındaki DHA oranı üreme sezonu boyunca kondisyon indikatörüdür, fosfolipitlerdeki DHA oranı lider bireylerde resesif bireylere oranla daha yüksektir. Bu asit aynı zamanda dişilerin üreme faaliyetlerinde de önemli rol oynar; kaslardan karaciğere ve gonadlara transfer olur ve yumurta kalitesi ve larvada yaşamaya etki eder. DHA ayrıca adaptasyon işlemlerinde de (sıcaklık, tuzluluk ve oksijen gibi) önemli rol alır. Örneğin, balığın düşük su sıcaklıklarına maruz kalması çoğu kez yüksek doymamış yağ asitlerinin artışına yol açar. Tuzluluk da balık lipitlerinin yağ asidi kompozisyonunu etkileyebilir. Örneğin, örihalin türlerin bireyleri tatlı suda ve deniz suyunda aynı rasyonla yetiştirildiğinde yağ asidi kompozisyonu bakımından farklılık ortaya çıkar (Lavens vd., 1999; Okumuş, 2000).

Benzer şekilde balığın motor ve sosyal davranışlarına da etki eder. Omega-3 yağ asitleri ve özellikle DHA çevresel şartlara adaptasyon çerçevesinde enfeksiyonel ve parazitik hastalıklara karşı da bağışıklıkta önemlidir (Shulman ve Love, 1999). Balıklardaki kimyasal kompozisyon aynı zamanda balığın yem alımıyla da yakından ilişkilidir. Yoğun yem aldığı dönemlerde kas dokularındaki protein içeriğinde çok az bir artış olur ve bunu lipitlerde dikkate değer miktarda ve hızlı bir artış takip eder.

Balık doğal ve fizyolojik sebeplerle (üreme veya göç gibi) veya dış faktörlere bağlı olarak (besin yetersizliği gibi) açlık periyodu da geçirir. Bu periyotta ringa gibi plankton ile beslenen türler plankton üretimi mevsimsel olarak değiştiği için bariz mevsimsel değişimler yaşar. Deniz suyunda yetiştirilen bireylerin de lipitleri daha fazla (n-3) çoklu doymamış yağ asidi içerir. Farklılık özellikle

solungaç ve böbreklerde daha belirgindir. Benzer şekilde, salmonlar smoltifikasyon geçirirken çoklu doymamış yağ asitleri sentezinde artış gözlenir (Huss, 1988).

Lipitler dişi balıklarda gonad oluşumunda metabolik enerji kaynağı ve hücre ve doku membranlarının oluşumunda esansiyel kaynaklardır (Sargent, 1996). Yumurtadaki lipid miktarı yumurtlama ve yumurtadan çıkış arasındaki zaman aralığıyla korelasyon içindedir (Kaitaranta ve Ackman, 1981). Birçok çalışma gonadogenez evresinde balıkların yemlerinde ve yemleme rejiminde kullanılan lipitlerin kalitatif ve kantitatif içeriğinin hem yumurtlama hem de yumurta kalitesi için önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir (Pustowka vd., 2000; Jeong vd., 2002; Perez vd., 2007; Watanabe vd., 1984a,b; Mourente ve Odriozola, 1990; Harel vd., 1994; Watanabe ve Kiron, 1995).

Yumurta kalitesi de muhtemelen larval yaşamı, özellikle endogen beslenmeden exogen beslenmeye geçiş aşamasında etkilemektedir. Mourente ve Odriozo, (1990) anaç levrek balıklarının diyetindeki düşük n-3 HUFA içerikli yemlerin fekondite, fertilizasyon, yumurta canlılığı ve yumurtadan çıkış oranları ile negatif ilişkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Watanabe (1985), kırmızı çipura (*Pagrus major*) balıklarında yumurta kalitesinin sıkı bir şekilde anaç beslenmesine bağlı olduğunu belirtmiştir. Yumurtlamadan kısa bir süre önce anaç yemlerinin zenginleştirilmesi yumurtlamayı olumlu bir şekilde etkilemiştir (Watanabe vd., 1984b; Takeuchi vd., 1981).

Lipitler balıklarda embriyonik gelişme safhasında da metabolik enerjinin ana kaynağını oluşturmaktadır (Sargent 1996). Ancak katabolize olan lipid miktarı ve lipid sınıfları türler arasında farklılık göstermektedir (Cetta ve Capuzzo, 1982; Tocher vd., 1985; Fraser vd., 1988; Falk-Petersen vd., 1989; Finn, 1994).

Birçok balık türünde balık larvalarının beslenmesinde kullanılan canlı yemlerdeki yüksek oranlı n-3 HUFA'nın larvaların büyüme ve yaşama oranına etki ettiği ortaya konmuştur (Izquierdo vd., 1989; Takeuchi vd., 1990; Rodriguez vd., 1994). Furuita vd. (1998) Japon pisi balığı (*Paralichthys olivaceus*) larvalarında yaptıkları yemleme çalışması sonunda Oleik asit (OA) veya Araşidonik asit (AA) ile zenginleştirilmiş artemia ile beslenen balıklarda, EPA veya DHA ile zenginleştirilmiş artemia ile beslenen balıklardan daha yüksek ölüm oranları gözlemişlerdir. En düşük yaşama oranı esansiyel yağ asitlerince fakir olan yemlerle beslenen larvalarda gözlenmiştir. OA ve AA ile zenginleştirilmiş yemlerle beslenen larvalarda büyüme oranları neredeyse aynı iken, EPA veya DHA ile zenginleştirilmiş yemlerle beslenen larvalarda büyüme oranı önemli oranda yüksek bulunmuştur. Larva beslenmesinde aynı zamanda DHA ve EPA miktarları ile bunların birbirine oranları da önemlidir.

Bazı araştırmalar larval dönemdeki balıklarda farklı fizyolojik fonksiyonları gereği DHA'ya olan ihtiyaç EPA'dan daha fazladır (Watanabe, 1994). Özellikle DHA'nın beyin ve retina gibi ve nöral hücrelerin gelişimi için spesifik rolü vardır (Mourente vd., 1991; Bell vd., 1995). Bazı çalışmalarda kalkan balıklarında yüksek düzeyde DHA/EPA oranına sahip diyetlerin balıkların pigmentasyonu ile pozitif korelasyon gösterdiğini ortaya konmuştur (Reitan vd., 1994; Estewez ve Kanazawa, 2006)

## Sonuç

Lipitler ve yağ asitleri canlı sistemlerin temel yapısı ve yaşam sürecinin düzenlenmesi için hayati önem taşımaktadır. Yetiştiriciliği yapılan balık türlerinin yemlerinde kullanılan yağ kaynağı, türün büyüme performansını,

yem tüketimi ve proteinden faydalanma oranını arttırmaktadır (Bell vd., 2000; Montero vd., 2005). Deniz balıklarının semirtilmesi esnasında, yemlerdeki yağ miktarı ve yağların kullanımı balığın büyümesi açısından oldukça önemlidir. Yoğun kültür çalışmalarında özellikle yeni kültüre alınacak türler için anaç balık beslenmesi, bağışıklık fonksiyonları, yumurta ve larva kalitesi açısından hazırlanacak yeni diyet formülasyonlarında kullanılacak yağlar için daha ayrıntılı araştırmalar yapılmalıdır.

## Kaynaklar

- Ackman, R.G. 1994. Seafood lipids. F. Shahidi ve J.R. Botta (eds), Seafoods: chemistry, processing technology and quality. Blackie Academic & Professional, 41–45.
- Bayır, A., Sirkecioğlu, N., Aras, N.M., Aksakal, E., Haliloğlu, H.İ. ve Bayır, M. 2010. Fatty acids of neutral and phospholipids of three endangered trout: *Salmo trutta caspius* Kessler, *Salmo trutta labrax* Pallas and *Salmo trutta macrostigma* Dumeril, Food Chemistry, 119: 1050–1056.
- Benatti, P., Peluso, G., Nicolai, R. ve Calvani, M. 2004. Polyunsaturated Fatty Acids: Biochemical, Nutritional and Epigenetic Properties, Journal of the American College of Nutrition, 23(4): 281–302.
- Bell, J.D., Tocher, D.R., MacDonald, F.M. ve Sargent, J.R. 1995. Fish Physiol. Biochem. 14:139.
- Bell, J.G., Mcevoy, J., Tocher, D.R., Mcghee, F., Cambell, P.J. ve Sargent, J.R. 2000. Replacement of fish oil with rapeseed oil in diets of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) affects tissue compositions and hepatocyte fatty acid metabolism. Journal of Nutrition, 131: 1535-1543.
- Bergé, J.P. ve Barnathan, G. 2005. Fatty Acids from Lipids of Marine Organisms: Molecular Biodiversity, Roles as Biomarkers, Biologically Active Compounds, and Economical Aspects, Adv. Biochem. Engin. Biotechnol., 96: 49–125.
- Cetta, C. M, ve Capuzzo, J. M. 1982. Physiological and biochemical aspects of embryonic and larval development of the winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*). Mar. Biol., 71: 327-337.



- De Swaaf, M. E., de Rijk, T.C., Eggink, G. ve Sijtsma, L. 1999. Optimisation of docosahexaenoic acid production in batch cultivation by *Cryptohecodinium cohnii*. J. Biotechnol., 70: 185–92.
- Drazen, J.C. 2007. Depth related trends in proximate composition of demersal fishes in the Eastern North Pacific. Deep-Sea Res., 1(54):203-219.
- Falk-Petersen, S., Sargent, J.R., Fox, C., Falk-Petersen, L.B., Haug, T. ve Kjørsvik, E. 1989. Lipids in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) eggs from planktonic samples in northern Norway. Mar. Biol., 101:553-556.
- Furuta, H., Takeuchi, T. ve Uematsu, K. 1998. Effects of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids on growth, survival and brain development of larval Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). Aquaculture, 161: 269–279.
- Göğüş, A. K. ve Kolsarıcı, N. 1992. Su Ürünleri Teknolojisi Ders Kitabı, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1243, Ankara, 1992.
- Gordon, D. T. ve Ratliff, V. 1992. The Implications of Omega-3 Fatty Acids in Human Health, In Advances in Seafood Biochemistry Composition and Quality,
- Finn, R.N. 1994. Physiological energetics of developing marine fish embryos and larvae. Dr. scient, thesis, University of Bergen, Bergen, Norway.
- Fraser, A.J., Gamble, J.C. ve Sargent, J.R. 1988. Changes in lipid content, lipid class composition of developing eggs and unfed larvae of cod (*Gadus morhua* L.). Mar Biol., 99:307-314.
- Griffin, B. A. ve Cunnane, S. C. 2009. Nutrition and Metabolism of Lipids. Gibney, M.J., Vorster, H.H. ve Kok, F.J. (eds), Introduction to Human Nutrition. Blackwell Publ., 86-122.
- Güner, S. 2007. Biyokimya, Biyomoleküllerin yapı ve işlevi, KTÜ Fen Ed. Yayınları, No.52, 189-206.
- Gunstone, F. 1996. Fatty Acid and Lipid Chemistry, Aspen Publ., Chapman & Hall, New York, 1(6): 61-76.
- Haliloğlu, H.İ., Bayır, A., Sirkecioğlu, N.M. ve Atamanalp, M. 2004. Comparison of fatty acid composition in some tissues of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) living in seawater and fresh water, Food Chemistry, 86:55-59.
- Halver, J.E. 1980. Lipids and Fatty Acids, FAO, Aquaculture and Coordination Programme, Chapter 4.
- Harel, M., Tandler, A. ve Kissil, G.W. 1994. The kinetics of nutrient incorporation into body tissues of gilthead seabream (*Sparus aurata*) females and the subsequent effects on egg composition and egg quality and egg quality. Br. J. Nutrition, 72: 45-58.
- Hrycyna, C. 2007. Lipids, CHM333 Lecture 21: 10/17 – 19/07.
- Huss, H.H. 1988. Fresh Fish Quality and Quality Changes, FAO17-19, Rome.
- Irina, A., Guschina, J. ve Harwood, L. 2006. Lipids and lipid metabolism in eukaryotic algae, Progress in Lipid Research, 45:160–186.
- Izquierdo, M.S., Watanabe, T., Takeuchi, T., Arakawa, T. ve Kitajima, C. 1989. Requirement of larval red seabream *Pagrus major* for essential fatty acids. Bull. Japan. Soc. Scien. Fish., 55(5): 859-867.
- Jeong, B.Y. Jeong, W.G., Moon, S. K. ve Ohshima, T. 2002. Preferential accumulation of fatty acids in the testis and ovary of cultured and wild sweet smelt *Plecoglossus altivelis*. Comparative Biochemistry and Physiology, Part B, 131: 251-259.
- Jiang, H. ve Gao, K. 2004. Effects of lowering temperature during culture on the production of polyunsaturated fatty acids in the marine diatom *Phaeodactylum tricoratum* (Bacillariophyceae), J. Phycol., 40: 651–4.
- Kaushik, S.J., Corraze, G., Radunz, J. ve Dumas, J. 2006. Fatty acid profiles of wild brown trout and Atlantic salmon juveniles in the Nivelle basin. J. Fish Bio., 68:1376-1387.
- Kaitaranta, J. ve Ackman, R. 1981. Total lipids and lipid classes of fish roe, Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology, 69(4):725-729.
- Kitano, M., Matsukawa, R., ve Karube, I. 1997. Changes in eicosapentaenoic acid content of *Navicula saprophila*, *Rhodomonas salina* and *Nitzschia sp.* under mixotrophic conditions, J. Appl. Phycol., 9: 559–563.
- Kolakowaka, A. ve Kolkowski, E. 1990. Lipid. In usefulness of fish to processing. Report CPBR 10-16/1.5.6.45. Szczecin, Poland: CPBR.
- Kolakowska, A., Olley, J. ve Dunstan, G.A. 2003. Fish Lipids, Z.E. Sikorski ve Kolakowska, A. (eds), Chemical and Functional Properties of Food Lipids, CRC Press, Florida, 228-230.
- Lambersten, 1978. 1988. H.H. Huss (ed.), Fresh Fish Quality and Quality Changes, FAO17-19, Rome.

- Lavens, P., Lebegue, H., Brunel, A., Dhert, Ph. ve Sorgeloos, P. 1999. Effect of Dietary Essential Fatty Acids and Vitamins on Egg Quality in Turbot Broodstocks, *Aquaculture International*, 7(4): 225-240.
- Mısır, B, G. 2010. Doğu Karadeniz Bölgesinde Avlanan Bazı Balıklarda Toplam Lipit ve Yağ Asidi Kompozisyonlarının Av Mevsimi Boyunca Araştırılması, Y.Lisans Tezi, Trabzon, KTÜ.
- Montero, D., Robaina, L., Caballero, M.J., Gines, R. ve Izquadro, M.S. 2005. Growth, feed utilization and flesh quality of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed diets containing vegetable oil: A timecourse study on the effect of a re-feeding period with a %100 fish oil diet. *Aquaculture*, 248: 121-134.
- Morais, S. ve Conceicao, L.E.C. 2009. A new method for the study of essential fatty acid requirements in fish larvae, *Br. J. Nutr.*, 101: 1564–1568.
- Mourente, G. ve Odriozola, J.M. 1990. Effect of broodstock diets on lipid classes and their fatty acid composition in eggs of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.), *Fish Physiology and Biochemistry*, 8(2):93-101.
- Mourente, G., Tocher, D.R. ve Sargent, J.R. 1991. Specific accumulation of docosahexaenoic acid (22: 6n-3) in brain lipids during development of juvenile turbot *Scophthalmus maximus* L., *Lipids*, 26(11): 871-877.
- Okumuş, İ. 2000. KTÜ. Deniz Bilimleri Fakültesi, Ders Notları.
- Ota, T. ve Tagaki, T. 1977. A comparative study on the lipid class composition and fatty acid composition of sweet smelt (*Plecoglossus altivelis*) from marine and freshwater habitat. *Bull. Fac. Fish, Hokkaido Univ.*, 28: 47–56.
- Perez, M. J., Rodriguez, C., Cejas, J. R., Martin, M. V., Jerez, S. ve Lorenzo, A. 2007. Lipid and fatty acid content in wild white seabream (*Diplodus sargus*) broodstock at different stages of the reproductive cycle. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B*, 146: 187-196.
- Pigott, G.M. ve Tucker, B.W. 1990. *Seafood Effect of Technology on Nutrition*, Marcel Dekker, Inc. New York.
- Polish Standard PN-A-86770, 1999. Fish and fishery products – terminology (in Polish).
- Pustowka, C., McNiven, M. A., Richardson, G. F. ve Lall, S.P. 2000. Source of dietary lipid affects sperm plasma membrane integrity and fertility in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) after cryopreservation. *Aquaculture Research*, 31: 297-305.
- Rasoarahona, J.R.E., Barnathan, G., Jean-Pierre Bianchini, E. ve Gaydou, M. 2005. Influence of season on the lipid content and fatty acid profiles of three tilapia species (*Oreochromis niloticus*, *O. macrochir*, and *Tilapia rendalli*) from Madagascar. *Food Chemistry*, 91:683-694.
- Reitan, K.I., Rainuzzo, J.R. ve Olsen, Y. 1994. Effect of nutrition limitation on fatty acid and lipid content of marine algae. *J. Phycol.*, 30: 972-979.
- Rodríguez, C., Pérez, J.A., Izquierdo, M.S., Lorenzo, A. ve Fernández Palacios, H. 1994. The effect of n-3 HUFA proportions in diets for gilthead sea bream (*Sparus aurata*) larval culture. *Aquaculture*, 124: 284.
- Sargent, R. 1976. The structure metabolism and function of lipids in marine organisms, 149-212. *IND, C. Malins* (ed.), *Biochemical and biophysical perspectives in marine biology*, Vol 3. Academic Press. London.
- Sargent, J.R. 1996. Origins and functions of egg lipid. N.R. Bromage ve R.J. Roberts (eds), *Broodstock management and egg and larval quality*, 353–372, Oxford: Blackwell.
- Sargent, J.R., Tocher, D.R., ve Bell, J.G. 2002. The lipids. J.E. Halver, Hardy, R.W. (eds), *Fish nutrition*, 3rd edn. Academic, San Diego, USA, 181–257.
- Shiari, N., Terayama, M. ve Takeda. H. 2002. Effect of season on the fatty acid composition and free amino acid content of the sardine *Sardinops melanostictus*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 131B:387-393.
- Shulman, G E. ve Love, R.M. 1999. The biochemical ecology of marine fishes, *Advances in Marine Ecology*, 36, London, Academic Press, 15-22.
- Sikorski, Z.E. 1990. *Sea Food: Resources, Nutritional Composition and Preservation*, CRC Press, 41-44.
- Sikorski, Z.E. ve Kolakowska, A. 2003. *Chemical and Functional Properties of Food Lipids*, CRS Press., 1-60.
- Stacey, N.E. ve Goetz, F.W. 1982. Role of prostaglandins in fish reproduction. *Can. J. Fish Aquat. Sci.*, 39: 92–98.
- Takeuchi, T., Watanabe, T., Ogino, C., Saito, M., Nishimura, K. ve Nose, T. 1981. Effects of low protein-highcalory diets and deletion of trace elements from fish meal diet on reproduction of rainbow trout. *Bull. Jap.Sot. Sci. Fish.*, 47: 645-654.

- Takeuchi, T., Toyota, M., Satoh, S. ve Watanabe, T. 1990. Requirement of juvenile red seabream *Pagrus major* for eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 56(8):1263-1269.
- Tocher, D.R., Fraser, A.J., Sargent, J.R. ve Gamble, J.C. 1985. Lipid class composition during embryonic and early larval development in Atlantic herring (*Clupea harengus* L.). *Lipids*, 20: 84-89.
- Tocher, D. R. 2003. Metabolism and Functions of Lipids and Fatty Acids in Teleost Fish. *Reviews in Fisheries Science*, 11(2): 107-184.
- URL-1, [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com), (giriş 15.04.2013)
- URL-2, [www.wikipedi.org](http://www.wikipedi.org), (giriş 23.05.2013)
- Watanabe, T., Arakawa, T., Kitajima ve Fujita, S. 1984a. Effect of nutritional quality of broodstock diets on reproduction of Red Sea bream. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 50: 495–501.
- Watanabe, T., Ohhashi, S., Itoh, A., Kitajima, C. and Fujita, S. 1984b. Effect of nutritional composition of diets on chemical components of Red Sea bream broodstock and eggs produced. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 50: 503–515.
- Watanabe, T. 1985. Importance of the study of broodstock nutrition for further development of aquaculture. C.B., Cowey, Mackie, A.M. ve Bell, J.G. (eds), *Nutrition and Feeding in Fish*. Academic Press, London, 395-414.
- Watanabe, T. ve Kiron, V. 1994. Prospects in larval fish dietetics. *Aquaculture*, 124: 223–251.
- Zhou, S. ve Ackman, R.G. 1995. Strong of lipids in the myosepta of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Fish Physiol. Biochem.*, 14:171-178.