

## Balık Yemlerinde Kullanılan Balık Yağı ve Özellikleri

\*Ali Yıldırım Korkut<sup>1</sup>, Aysun Kop<sup>1</sup>, Pınar Demir<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Yetiştiricilik Bölümü, 35100 Bornova, İzmir, Türkiye

<sup>2</sup>Kılıç Deniz Ürünleri Yem Fabrikası, Ar-Ge Uzmanı, Suçum Mevkii, Milas, Muğla, Türkiye

\*E mail: ali.korkut@ege.edu.tr

**Abstract:** *Fish oil, used in fish feeds and its characteristics.* This study determines fish oil's an important raw material in aquaculture- production methods, chemical, physical and biological properties also oxidation and oxidation steps and nutritional properties. It will be an important source for fish feed factories and researches who study about fish nutrition.

**Key Words:** Fish oil, produce process, oxidation, oil acids profile, antioxidants.

**Özet:** Bu çalışma içerisinde son yıllarda değeri giderek artan balık yetiştiriciliği içinde önemli bir konuma sahip balık yemi ve bunların yapımında kullanılan ana hammaddelerden biri olan balık yağı, yağın elde edilme yöntemi, kimyasal, fiziksel ve biyolojik özellikleri ile oksidasyonu, oksidasyon basamakları ve besleyici özellikler gibi konular ele alınmıştır. Özellikle balık yemi üretimi yapan fabrikalar ile bu konu da çalışanlar için önemli bir kaynak olabilecek bu çalışma, konu hakkında genel bilgileri içermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Balık yağı, üretim aşamaları, oksidasyon basamakları, yağ asitleri profili, antioksidanlar.

### Giriş

Dünya su ürünleri üretimi yaklaşık 130 milyon ton kadardır (FAO,2004). Bu üretimin % 70'i avcılık % 30'u yetiştiricilik yolu ile elde edilmektedir. Genel kanı 25-30 yıl içerisinde avcılığın artmayacağı ve yaklaşık 100-110 milyon ton kadar olacağıdır (FAO,2004). Bu şu anlama gelmektedir; avcılık üretimi insanların besin ihtiyacını karşılamayacağından, oluşan açığın yetiştiricilik üretimi ile kapatılacaktır. Buna bağlı olarak da balık yemi üretimi ve hammadde tedariki önem kazanmaktadır (FAO,2002). Yine bu hammaddelerin yetiştirilen balık türünün besin ihtiyacına göre seçilmesi ve yem maliyetine getirisini de önem kazanmıştır. Balık yemlerinde kullanılan hammaddelerden olan ve EPA ve DHA gibi omega 3 yağ asitlerini en çok içeren en önemli besinsel kaynak, balık yağıdır. Bu çalışmadaki amaç; yemdeki birincil enerji kaynağı olan balık yağının tüm özelliklerinin incelenmesidir. Balık yağının elde edilmesi, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri, yakalanan balık türüne göre yağ asit profilleri, kalite kontrol aşamasında önem kazanan spesifikasyonları, bozulma koşulları, antioksidanlar ve anti besinsel faktörleri dökümanite edilmiştir.

### Balık Yağının Elde Edilmesi

Balık yağı, balık unu yapımında yan ürün olarak elde edilir. Balık unu presleme işlemi sırasında başlıca iki ürün ortaya çıkar; pres kek ve pres sıvısı. Pişirilen balıklardan çıkan pres sıvısında, öncelikle içinden ayrılması gereken büyük partiküller halinde balık ve kemik parçaları vardır. Bu parçaların ayrılmasında vibrasyonlu elekler kullanılır. Bu işlemde sonra pres sıvısı üç ayırma (seperasyon) işlemine tabi tutulur.

Dekantörler: Pres sıvısı içinde kalan katı kısımların ayrılması

Seperatörler: Pres sıvısı içindeki yağın ayrılması

Saflaştırma: Depolamadan önce yağın içinde kalan iz miktardaki nemin ve yabancı maddelerin yok edilmesi (AOAC, 1990, Korkut ve diğ., 2004).

### Kimyasal Özellikler

Kaliteli bir balık yağında homojen, tortusuz bir görünüm vardır. Kıvamı akıcıdır. Berrak sarı renklidir, balığa has kokuludur ve tadı acı değildir. Balık yemi yapımında girdi ürün olan balık yağının kalitesinin belirlenmesinde; peroksit değeri, serbest yağ asidi değeri (% FFA), iyot değeri, nem, toplam yağ asitleri, sabunlaşmayan madde, sabunlaşma değeri, titre değeri, tortu gibi parametrelere bakılarak yorum yapılabilir (Tablo 1). Balık yağında *rutubetin* (nemin) % 1'den fazla olması istenmez. Fazla olması durumunda oksidasyon (acılaşma) hızlanır. Trigliseritler hidrolize olur ve serbest yağ asitleri açığa çıkar ki bu istenen bir durum değildir.

**Tablo 1.** Balık Yağının Kimyasal Spesifikasyonları (Young, 1985).

Parametreler	Kabul Değerleri
Nem	max 1
Peroksit	<5 meq/kg
p-Anisidin	<20 meq/kg
%FFA	max 15 mg/kg
İyot	min 100
Toplam Yağ Asitleri	min % 85
Sabunlaşmayan Madde (mg / KOH/gr)	max 1
Tortu	max 0,5
Kırılma İndisi	1,473 – 1,475
PCDDs (Dioksin) & PCDFs (Furanlar)	Max. 2 pg
PCBs (poliklorlubifeniller)	< 0.09 mg/kg
TOTOX (Total Oxidation)	Max. 26 meq/kg

Balık yağında *peroksit değeri* çok önemlidir ve 20 meq /1000g'ı geçmesi istenmez. "Peroksit" oksidasyon reaksiyonları sonucu açığa hidroperoksit bileşikleri için kullanılan bir terimdir.

*Serbest Yağ Asitleri (%FFA)*, yağ içerisinde serbest halde bulunan, gliserine bağlı olmayan yağ *asitleridir*. Trigliceridlerin oksidasyonun yan ürünleridir. Konsantrasyonun fazla olması yağın acılaştığının göstergesidir. Yağın enerjisinden faydalanmayı azaltırlar. Kabul edilebilir max. değeri 15 mg/g (oleik asit cinsinden)' dir.

Yağdaki *iyot değeri*, yağların doymamışlığının ölçüsü olup 100 gr. yağın absorbe ettiği gr. *cinsinden* iyot miktarıdır. İyot değeri ne kadar yüksekse doymamış yağ asidi o derece fazladır. Yağ asidi molekülündeki her çift bağ 2 iyot atomu bağlar. Doymamış yağlar doymuş yağlara göre daha yüksek iyot değerine sahiptir. Kabul edilebilir değeri min.100 dür.

*Toplam Yağ Asitleri*, gliserole bağlı ve serbest halde bulunan tüm yağ asitleridir. En az % 85 toplam yağ asidi içerirler. Yağın toplam yağ asidi içeriği yağın enerjisinin bir göstergesidir. Çünkü 1 gr gliserol 4,32 kcal enerji verirken 1 gr yağ asidi 9,4 kcal enerji verir. Yağ asidi profili yağın parmak izi gibidir.

*Sabunlaşmayan Madde*; maksimum değeri 1 olmalıdır. Yağların sabunlaştırılmasından sonra spesifik solventlerle ekstrakte edilen ve solventin *buharlaştırılıp* kurutulmasından sonra ele geçen uçucu olmayan yabancı sıvı maddelerdir. Bunlar; zamlar, lesitinler, steroller, tokoferoller, pigmentler, mumlar, vitaminler ve mineral yağlardır (Tavuk yağında % 2,5, karışık yağlarda % 3,5'tir).

*Sabunlaşma Değeri*; molekül ağırlığının göstergesidir. Değerinin yüksek olması kısa *zincirli* yağ asit miktarının fazla olması anlamına gelir.

*Titre değeri*; yağın katılaştığı noktanın °C cinsinden değeridir. Rending işlemi ile dahi değişmez.

*Tortu*; maksimum 0,5 olmalıdır. Katı partiküller, kıl, deri, kemik ve polietilen parçalar tortuyu oluşturur.

*Totox (toplam oksidasyon)*; bilindiği gibi balık yağı oksidasyona çok meyillidir. Oksidasyon sonucu peroksitler, aldehitler ve ketonlar oluşur. Bu üç bileşiğin toplamı totox (toplam oksidasyon) *değerini* verir ve CRN (The Council for Responsible Nutrition, Uluslararası Beslenme Konseyi) tarafından kullanılan bir standarttır. 19,5 meq/kg.dan daha düşük Totox değerine sahip bir balık yağı varsa çok şanslısınız (NRC, 2002). Totox değeri şu şekilde hesaplanabilir;

$$\text{Totox Değeri} = (2 \text{ PV} + \text{p-AV})$$

PV: Peroksit Değeri

AV: p-anisidin değeri (*aldehitler*, ketonlar)

*p-Anisidin Değeri (AV)*; okside olmuş bir yağda peroksitler daha ileri safhalarda karbonil gibi dekompoze olmuş ikincil türlere dönüşürler. Anisidin değeri yüksek molekül ağırlıklı bu karbonil bileşiklerini (*aldehitler*,2-alkanler vs.) ifade eder. Maksimum değeri 20 meq/kg olmalıdır (NRC, 2002).

## Biyolojik Özellikler

Balık yağında bakteri üremesi pek görülmez. Çünkü bünyelerinde yeteri kadar su ve protein bulundurmadıklarından bakterilerin üremesi için iyi bir besi yeri değillerdir. Yağların elde edilmesinde yüksek sıcaklık uygulaması olduğundan bakteriler tahrip olurlar. Yine yağlardaki asitlikten dolayı bakteri üremesi görülmez.

## Balık Yağının Yağ Asit Profili

Balık yağında yağ asit değerleri çok geniş bir aralıkta değişir. Bu çeşitlilik avlama sezonundan, avlama alanından, jeografik lokasyondan, işleme tekniklerinden, balık türünden ve suyun sıcaklığından kaynaklanır (Sargent and Henderson, 1995).

Balık yağında önemli olan çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) dir. Kimyasal yapılarına göre n-3 yağ asitleri, n-6 yağ asitleri, n-9 yağ asitleri olarak sınıflandırılırlar.

Bunlar ayrıca omega yağ asitleri olarak da adlandırılırlar. Gösterimde rakam C- atomunun ilk çift bağa göre pozisyonunu belirler. (n-3 ; 3. C- atomu ilk çift bağa sahiptir demektir.) *Balıklar* için esasen n-3 grubu esansiyel olmakla birlikte n-6 ve diğer doymamış yağ asitleri de esansiyel olarak kabul edilir. Esansiyel yağ asitlerinin özellikle vitellogenetik dişiler (yumurta üretmekte olan, üreme dönemi öncesi diş damızlık balıklar) ve balık gelişiminin erken safhalarında kullanılmaları çok önemli ve gereklidir. Esansiyel yağ asitlerince yetersiz rasyonlarla beslenme embriyoda önemli bozukluklara, yumurta çıkış oranının düşmesine ve larvalarda abnormalitelere yol açar.

Tablo 2. Balık Yağının Türlerine Göre Yağ Asit Profilleri (NRC, 1993).

Yağ Asidi	Kimyasal Yapı	Hamsi	Capelin	Atlantik Herring	Pasifik Herring	Salmon
Miristik Asit	14:00	7,4	5,4-8,2	5,1-6,4	5,7-7,6	2,2-3,7
Palmitik Asit	16:00	17,4	8,2-11,9	10,9-12,7	16,6-18,3	10,2-17
Palmitoleik Asit	16:01	10,5	8,3-12,4	8,8-12	7,6-8,3	4,1-8,7
Stearik Asit	18:00	4,0	1-1,4	0,9-1,2	1,8-2,2	3,2-4,7
Oleik Asit	18:01	11,6	12,4-17,4	12,6-13	16,9-22,7	18,6-21,4
Linoleik Asit	18:2 W6	1,2	0,7-1,4	0,7-1,1	0,6-1,6	1,2-2
a-Linolenik Asit	18:3 W3	0,8	0,1-0,8	0,3-0,6	0,4-0,6	0,6-1
Stearidonik Asit	18:4 W3	3,0	0,2-7	1,5-1,7	1,6-2,8	2-2,1
Gadoleik Asit (ekosenoik asit)	20:01	1,6	8,6-27,4	14,1-16,1	9,4-10,7	5,4-8,4
Araşidonik Asit	20:4 W6	0,1	0,1-2,3	0,3-0,4	0,4	0,9
Eikosapentaenoik Asit (EPA)	20:5 W3	17	2,8-1,9	7,4-8,4	8,1-8,6	6,7-12
Ertük Asit	22:01	1,2	9,4-25	19,8-20,8	11,6-12	5,5-9,4
Dekasapentaenoik Asit	22:5W3	1,6	0,1-0,9	0,4-0,8	0,8-1,3	2,3-2,9
Dekosaheptaenoik Asit (DHA)	22:6 W3	8,8	1-14	3,9-4,9	4,8-7,6	13,8-16,1

Balık yağının yağ asit profilinin bu kadar geniş bir aralıkta değişim göstermesinin sebebi daha öncede belirtildiği gibi balık türü, mevsim ve su sıcaklığıdır (Tablo 2). Bu parametreler balık yağının kalitesini etkileyen en önemli değerlerdir.

*Toplam W-3 yağ asitlerinin hesaplanması*;

Yağ asitleri Gaz kromatografisi ile tayin edilirler. Yağ asitlerini içeren örnek kromatografi cihazına enjekte edilir. Yağ asitleri burada gaz haline gelir. Cihazda tutulma sürelerine göre tayin edilir. Detektörde elde edilen kromatogramda çıkış

süreleri- molekül ağırlığı değişimi vardır. Molekül ağırlığı düşük olan daha çabuk çıkar. PUFA'lar HUFA'lara göre daha geç çıkarlar (Gruger ve diğ., 1964).

Toplam W-3 yağ asitleri = EPA + DHA + { A<sub>n-3</sub> (EPA + DHA) / A<sub>EPA</sub> + A<sub>DHA</sub> }

EPA : Toplam EPA değeri

DHA: Toplam DHA değeri

A<sub>n-3</sub>: Kromatogramda toplam C: 18:3 n-3, C18:4 n-3, C 20:4 n-3, C 21:5 n-3, C 22:5 n-3 metil esterlerinin pik alanlarını ifade eder.

A<sub>EPA</sub>: Kromatogramda EPA metil esterlerine karşılık gelen pik alanını verir.

A<sub>DHA</sub>: Kromatogramda DHA metil esterlerine karşılık gelen pik alanını verir.

### Balık Yağının Bozulması, Oksidasyon ve Etkileri

Yağlar doymamış yağ asitlerinin ısı, ışık ve bazı ağır metallerin katalitik etkisiyle atmosferik oksijenle birleşmesiyle kolayca oksitlenir ve bozulur (Çakmak, 2003). Yağdaki acılaştırma sonucu yağdaki gliseridler hidrolize olur ve bu hidroliz sonucu yağ asitleri ve gliserin oluşur. Ortaya hidroperoksit bileşikler çıkar ve bu bileşikler güçlü katalizörler olup oksidasyon reaksiyonları hızlandırır.

- Doymamış yağlar asitleri; palmitoleik asit, oleik asit, linoleik asit, linolenik asit, araşidonik asit, palmitik asit.
- Doymuş yağ asitleri; bütirik asit, kaproik asit, laurik asittir.
- Oksitlenerek bozulan yağlar acılaştır, yemde renk, tat, aroma bozuklukları meydana gelir.
- Oksitlenmiş yağ asitlerinin toksik etkisi vardır
- Oksidasyon sonucu yağlar, vitaminler, pigmentler risk altındadır. CHO ve proteinler oksidasyona karşı daha dirençlidirler.
- Okside olmuş yağ asitleri lizin ile tepkimeye girerek aminoasit kullanımını azaltır
- Oksidasyon sonucu oluşan hidroperoksitler yağda çözünen A, D, E, K vitaminlerinin yararlanılabilirliğini düşürür.

### Oksidasyon Mekanizması

Oksidasyon üç basamakta gerçekleşir. Bunlar, başlama (Initiation), yayılma (Propagation), sonlanma basamağı (termination)'dir.

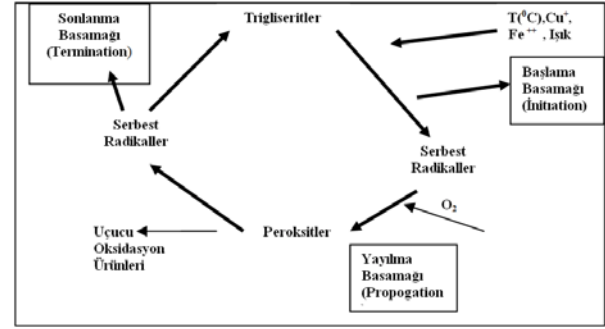
**1. Başlama Basamağı:** Bu aşamada doymamış yağ asidinin çift bağından biri ısı, ışık ve bazı metallerin etkisiyle oksijen alır ve serbest radikaller oluşmaya başlar. Bu aşamada yağların kompozisyonunda çok büyük değişiklikler olmaz.

**2. Yayılma Basamağı:** Bu aşamada kritik seviyede serbest radikaller oluşmaya başlamıştır ve zincir reaksiyonlar hızlanır. Oksidasyon hızı artar, oksijen hızla absorbe olmaya başlar ve peroksidasyon serbest radikallerin etkisiyle hızlanır.

**3. Sonlanma Basamağı:** Bu basamakta oksidasyon hızı düşer. Serbest radikaller kendi aralarında birleşerek aldehit, keton, organik asitler, alkoller, hidrokarbonlar gibi son ürünler

oluşur. Bu bileşiklerin oluştuğunu kötü koku ve tattan da anlayabiliriz (Çakmak, 2003).

Oksidasyonun birçok sebebi vardır. Bu sebepler; nem, sıcaklık, ışık, hava, metaller, enzimler, yağın tipi şeklinde sıralanabilir. Oksidasyondan yağın depolanması sırasında oksijen ile temas minimuma indirilmesi, yağın metalle temasının minimuma indirilmesi, ısı ve UV ışınlarının etkisinin minimuma indirilmesi, karanlıkta ve optimum sıcaklıkta depolama yapılarak koruma sağlanabilir. Oksidasyondan geri dönüş gerçekleştirilemez.



Şekil 1. Balık Yağında Oksidasyon Çemberi (Dyck, 2007).

Sadece koruma sağlanabilir. Korumanın sağlanabilmesi için antioksidan ilaveleri yapılır. Hiçbir antioksidan geri dönüş sağlamaz, oksidasyon başladığında durdurulamaz sadece yavaşlatılabilir.

### Antioksidanlar

Etki mekanizmalarına göre 2 gruba ayrılırlar. Bunlar, oksidasyon zincirini kırarak oksidasyonu geciktiren "Primer Antioksidanlar" ve oksidasyonun başlamasını engelleyen "Sekonder Antioksidanlar"dır.

Bunların yanında birden fazla etki mekanizmasına sahip olan antioksidanlar vardır ki bunlara çok fonksiyonlu antioksidanlar denir. Mekanizmaları; serbest radikallerin hidrojenini koparıp çalmasında serbest radikallere hidrojen vererek etkinliklerini durdururlar. Fakat serbest radikallerin oluşumu ısı, UV ve mineraller etkisiyle devam ediyorsa buna bağlı olarak antioksidan madde gittikçe harcanıp tükenir.

**a) Primer Antioksidanlar;** Elektron vericisi olarak davranıp serbest radikallerle reaksiyona girerek otoksidasyonu yarıda keserler. Zincirleme şekilde devam eden reaksiyonlar durdurulmuş olur. Bunlar; Vitamin E (tokoferol), BHA (Bütül hidroksi anizol), BHT (bütül hidroksi toluen), TBHQ (t -bütül hidroksiquinon), Etoksiquin dir. Bu bileşikler H vericisi hidroksil veya amin gruplarını taşıyan doymamış yapıdaki fenolik bileşiklerdir. Meydana gelen serbest radikal-antioksidan kompleksi stabil olup bozuk tat ve koku veren bileşiklere parçalanmaz.

**b) Sekonder Antioksidanlar;** Yağların oto oksidasyonunu geciktirirler. Yağların oksidasyonu katalizleyen metal iyonlarını bağlar, oksijeni ve UV ışınlarını absorbe eder. Şelatlar; sitrik asit, aminoasitler, EDTA ve bazı fosforik

asit türevleri metal iyonlarını bağlar oksidasyonu geciktirirler. Tek başlarına çok etkili değildirler. Primerlerle kullanıldıklarında onların aktivitelerini güçlendirirler.

**Oksijeni Toplayan Bileşikler;** askorbik asit Vit. C), askorbil palmitat, sülfiter, eritorbik asit, NO- eritorbatlardır.

**Antioksidatif Enzimler;** antioksidatif enzimler; kimi enzimler gibi ya belirli bazı maddelerin oksijen ile olan reaksiyonlarını katalize edip sistemden elimine eder ya da oksidatif türleri katalize edip daha stabil hala getirip antioksidan gibi davranırlar. Örneğin; glukoz oksidaz enzimi, glukoz ile oksijen arasındaki reaksiyonu katalize ederek, D-glukonik asit ve hidrojen peroksitten türeyen süperoksit radikallerin triplet oksijene dönüşümünü katalize eder.

**c) Çok Fonksiyonlu Antioksidanlar;** Birden fazla etki mekanizmasına sahiptirler. Hem metalik iyonları bağlarlar hem de hidroperoksitlerin oluşumunu engellerler.

Fosfolipidler ve maillard reaksiyonu ürünleri gibi bazı reaksiyonlar oksidasyonu birden azla reaksiyonla önlerler. Fosfolipidlerin antioksidan etkileri metalik iyonları bağlama ve hidroperoksitleri dekompoze etme şeklindedir. Ayrıca primer antioksidanların rejenerasyonunu da artırır.

Maillard ürünleri ise metal bağlama özellikleri ile ve hidroperoksitlerin serbest radikallere dönüşümlerini engelleyerek antioksidan etki gösterirler (Çakmak, 2003).

#### Antioksidanların Oransal Etkinlikleri

Stabilize edilecek yemlik yağın cinside kullanılacak olan antioksidanlar belirlenmesinde etkili olmaktadır. Etoksiquinin yemlik yağlar ile yağlı tohum küspelerindeki kullanımı genelde sınırlı düzeyde kalmaktadır. BHA ve BHT yemlik yağlarda yağın olarak kullanılmaktadır.

**Tablo 3.** Antioksidanların Oransal Etkinlikleri (Çakmak, 2003).

BHA(Bütül Hidroksi Anizol)	1,0
δ-Tokoferol	1,7
BHT (Bütül Hidroksi Toluen)	2,7
A-Tokoferol	10,0

**Balık yağında AOM (Aktif Oksijen Metodu):** Antioksidan yeterliliğini ölçmek için kullanılan bir yöntemdir. 20 meq peroksit değerine kaç saatte ulaşıldığına bakılır. Bunun için deneme tankına aktif O<sub>2</sub> verilir ve 20 saatte bir peroksit analizi yapılarak değişim/zaman izlenir.

#### Balık Yağında Enerji ve Sindirilebilirlik

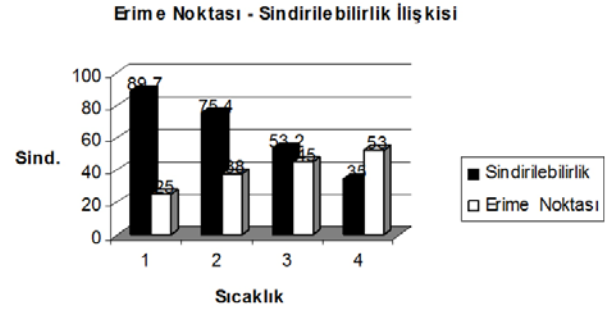
Balık yağı tam bir enerji deposudur. Cod Liverlerde gross enerji içeriği 9.395 kcal / kg.dır. Köpek balıkları için cod liver yağının metabolik enerjisi p,105 kcal / kg.dır. Yine menhaden yağının sindirilebilir enerjisi 6,100 kcal / kg.dır.

Sıcaklık artışı ile *sindirilebilirlik* doğru orantılıdır. Su sıcaklığının etkileri daha çok genç balıklarda daha önemlidir (Cho ve Slinger, 1979).

Balık yağının sindirilebilirliği yağın erime noktası ile yakından ilgilidir. Erime noktasının yükselmesi ile sindirilebilirlik düşer (Şekil 2).

**Tablo 4.** Alabalık için Balık Yağının Sindirilebilirlik Değişimi (Cho ve Slinger, 1979).

Su Sıcaklığı (°C)	% Sindirilebilirlik
9	89,8
12	88,2
15	89,4



**Şekil 2.** Erime noktası ile sindirilebilirlik arasındaki ilişki (Takenchi ve diğ., 1979).

Balık yağında görünür sindirilebilirlik yağ asitlerinin zincir uzunluğuna bağlıdır. Doymuş yağlarda zincir uzamasıyla sindirilebilirlik düşerken doymamış yağlarda artar. Doymamış yağ asitleri doymuşlara göre daha iyi sindirilirler. Yine erime noktası yağ asitlerinin sindirilebilirliğini etkiler.

Yüksek W-3 ve w-6 özelliklerde EPA ve DHA içeriği insan sağlığına çok yararlıdır. Balık ve balık yağlarının tüketiminin azalması ile insanlarda özellikle kardiyovasküler ve diğer rahatsızlıklar meydana gelir. Yine W yağ asitleri immün sisteme de yararlıdır.

#### Balık Yağında Ağır Metal

Balık yağında ağır metal içeriğinin fazla olması istenmez. Yağ kalitesinde önemli olan acılaşmada oksidasyona katalizör görevi yaparak hidroperoksit oluşumunu hızlandırır. Bu nedenle aşağıdaki sınır değerleri dahilinde olmalıdır.

**Tablo 5.** Balık Yağında Ağır Metal Değerleri (Young, 1985, www.crnusa.org).

Metal	Sınır Değer(mg/kg)
Kurşun (Pb)	< 0,1
Kadmiyum (Cd)	< 0,1
Civa (Hg)	< 0,1
Arsenik (As)	< 0,1

#### Balık Yağında Mineral Değerleri

Balık yağlarında önemli olan minerallere de rastlanmaktadır. Yetiştiricilik açısından önemli olan ve dikkate alınması gerekenlerin oranları Tablo 6'da belirtilmiştir.

**Tablo 6.** Balık yağının Mineral Değerleri (Young, 1985).

Mineral	Sınır Değer (ppm)
Demir (Fe)	0,5-0,7
Bakır (Cu)	max. 0,3
Fosfor (P)	5-100
Kükürt (S)	max 30

**Çevresel Kontaminantlar (Dioxin , PCBs, PCDD/F):**

**Dioxin Değeri:** Balık Yağında dioxin ve PCBs (max. 2pg) max.6 mg/kg WHO-TEQ olmalıdır (www.crnusa.org.). İnsanda uzun zamanda fazla dozaj alımında problemler yaratırken hayvanlarda kanser ve immun sisteme ve diğer rejenera sistemlerine büyük etkileri vardır. Tablo 7’de balık yağ ve aqua yemlerinde EU normlarına göre kabul edilen maksimum dioxin seviyeleri ve Güney Amerika (Şili ve Peru) ve Avrupa orijinli yağlarda yapılan analiz sonuçları yer almaktadır (Michael ve Wijkström, 2002).

**Tablo 7.** Dioxin seviyeleri ve analiz sonuçları (Michael ve Wijkström, 2002).

	Kabul Edilen Değer	Analiz Sonuçları
	Güney Pasifik (Şili ve Peru)	Avrupa
Balık Yağı	Düşük 0,16 ng/kg yağ	Düşük 0,7 ng/kg yağ
	Orta 0,61 ng/kg yağ	Orta 4,8 ng/kg yağ
	Yüksek 2,6 ng/kg yağ	Yüksek 20 ng/kg yağ
Aqua Yemler	2,25 ng/kg (% 12 KM’de)	Rastlanmadı

**PCBs (poliklorlu bi feniller):** Bifenil moleküllerinde H atomlarının bazıları veya hepsinin yerine Cl atomlarının geçmesi ile PCBs oluşur.Kanserojenlerdir ve vücuda girdiği zaman atılması çok zordur.Normal bir balık yağında 0.09 ppm’in altında sonuçlar vermelidir (www.crnusa.org).

**Sonuç ve Öneriler**

Son yıllarda hızla gelişen su ürünleri üretimi içinde önemli bir paya sahip olan yem yapımı ve ilgili hammaddelerin kullanımı, özellikle konu ile ilgili olan işletmeler için önemli bir konumdadır. Yetiştiricilik içinde maliyetin %40-65’ini içeren yemlerle ilgili olarak pek çok çalışma yapılmıştır. Bunların amacı genelde yem maliyetlerini azaltma ve değerlendirilmeleri yönündedir. Bu çalışma da bunların bir devamı gibi olup, kullanılan önemli bir hammadde olan balık

yağı ile ilgili tüm bilinmesi gerekenlerin bir araya getirilmesi amaçlanmıştır. Konu ile ilgili olarak üreticilerin ve çalışanların yararlanabileceği önemli bir kaynak olma özelliği ileri sürülmüştür.

**Kaynakça**

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 1990. Official Methods of Analysis, 15th ed. AOAC, Arlington, VA, USA.
- Cho, C.Y., S. J. Slinger. 1979. Apperent Digestibility Measurements In Feedstuffs For Rainbow Trout, World Symp. On Finfish and Fishfeed Tech., Vol.II, 20-23. Hamburg.
- Çakmak, B. 2003. Yemlik Yağlarda Oksidasyon ve Korunma Yöntemleri. İstanbul Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, NRA-Universite İşbirliği, National Randerers Association(NRA) Bülteni., s:8.
- Dyck, S.V. 2007. Aqua feed Quality: lipid Oxidation. Kemin agrifoods Europe, Belgium.
- FAO, 2004. Use of Fish Meal and Fish Oil in Aquafeeds: Further Thoughts on the Fish Meal Trap, Fish Statistics. Rome.
- Gruger E.H., R.W. Nelson, Jr. M.E. Stansby. 1964. Fatty Acid Composition of Oils 21 Species of Marine Fish, Freshwater Fish and Shellfish, J.Am.Oil Chemists’ Soc.41(10), 662-7.
- Korkut, A.Y., B. Hoşsu, A. Kop. 2004. Balık Besleme ve Yem Teknolojisi II (Laboratuar Uygulamaları ve Yem Yapım Teknolojisi). E.U SÜF Yayınları No: 54, Ders Kitabı Dizini No: 23, pg 148.
- Michael, B.N., U.N. Wijkström. 2002. Use of fish meal and fish oil in aquafeeds: further thoughts on the fishmeal trap, FAO Fisheries Circular No. 975, Rome.
- National Research Council,(NRC), 1993. Nutritient Requirements of Fish Commitee on Animal Nutrition Board on Agriculture ,National Reasearch Council, National Academy Pres,P:75-76,Washington.
- National Research Council (NRC), 2002. RB Working group raises the quality bar for long chain omega-3 EPA ve DHA products.
- Takenchi, T., T. Watanabe And C. Ogino. 1979. Digestibility of Hidrogenated Fish Oils In Carp and Rainbow Trout. Bull.Jap.Soc.Sci.Fisheries, 45, 1521-1525.
- Sargent, J.R., R. J. Henderson. 1995. Marine\_ny3.polyunsaturated fatty acids. Hamilton, R.J.\_Eds., Developments in Oils and Fats. Blackie Academic and Professional, London, pp. 32–65.
- Young, F.V.K. 1985. The refining and hydrogenating of fish oils.Fish Oil Bull.17 (Intern as Fish Meal Manufacture)) ve (Yang LY,Kuksis A, Myler JJ.,1990).
- <www.crnusa.org/pdfs/03TargetValues100802.pdf > 2007, Eylül 25)