



T. C.

ORDU ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GIDA TAKVİYESİ OLARAK SATILAN BALIK YAĞI
KAPSÜLLERİNİN YAĞ ASİTLERİ KOMPOZİSYONU VE
LİPİT KALİTESİNİN BELİRLENMESİ**

SEMA YÜKSEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BALIKÇILIK TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

ORDU 2023

TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan ve kullanılan intihal tespit programının sonuçlarına göre; bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

SEMA YÜKSEL

Bu çalışma, Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'nün B-2134 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

GIDA TAKVİYESİ OLARAK SATILAN BALIK YAĞI KAPSÜLLERİNİN YAĞ ASİTLERİ KOMPOZİSYONU VE LİPİT KALİTESİNİN BELİRLENMESİ

SEMA YÜKSEL

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BALIKÇILIK TEKNOLOJİSİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ, 78 SAYFA

(TEZ DANIŞMANI: Prof. Dr. Bahar TOKUR)

Bu araştırmada, ülkemizde gıda takviyesi olarak kapsül formunda satılan balık yağlarının yağ asidi kompozisyonu ve lipit kalite parametreleri incelenmiştir. Bu amaçla; özellikle eczanelerde ve online alışveriş sitelerinde satışa sunulan ve tüketiciler tarafından en fazla tercih edilen kapsül formundaki 10 farklı ithal ve yerli marka balık yağı takviyesi satın alınmıştır. Balık yağı takviyelerinin yağ asidi kompozisyonu, doymuş yağ asidi (DYA), tek doymamış yağ asidi (TDYA) ve çok doymamış yağ asidi (ÇDYA) bakımından incelenmiştir. Yapılarında bulunan yağ asitleri nedeniyle oksidatif bozunmaya yatkın olan balık yağlarının lipit kalitesini belirlemek amacıyla, serbest yağ asidi (SYA, % oleik asit), peroksit (PO, meq O₂/ kg balık yağı) ve tiyobarbitürik asit sayısı (TBA, mg malonaldehit/ kg balık yağı) analizleri yapılmıştır. Araştırmanın sonucunda, tüm balık yağı takviyelerinde tek doymamış yağ asidi kompozisyonu bakımından en baskın yağ asidi C18:1 ω3 (oleik asit) olarak bulunmuştur. Ayrıca, 10 farklı markanın etikette verilen EPA, DHA ve Σω3 değerleri ile analiz sonucu elde edilen değerlerin iddia edilenlerden daha yüksek olduğu ve ΣEPA+DHA miktarlarının %34.79 ile %82.71 arasında değiştiği belirlenmiştir. Çalışmada, balık yağı kapsüllerinin lipit kalitesini belirlemek amacıyla yapılan SYA değerlerinin %0.12-7.33 oleik asit ve peroksit değerlerinin 1.53-14.38 meq O₂/ kg balık yağı aralığında değiştiği bulunmuştur. Buna göre, toplam 1 adet balık yağı takviyesinin SYA bakımından ve 5 adet balık yağı takviyesinin de PO değeri bakımından uluslararası standartlardaki limit değerlerini aştığı tespit edilmiştir. TBA değerleri bakımından ise tüm balık yağı takviyelerinin önerilen limit değerini (<3 mg malonaldehit/kg balık yağı) aşmadığı bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Balık Yağı, Gıda Takviyesi, Yağ Asitleri, Lipit Kalitesi.

ABSTRACT

DETERMINATION OF FATTY ACID COMPOSITION AND LIPID QUALITY OF FISH OIL CAPSULES SOLD AS DIETARY SUPPLEMENTS

SEMA YÜKSEL

ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES FISHERIES TECHNOLOGY ENGINEERING DEPARTMENT

MASTER THESIS, 78 PAGES

(SUPERVISOR: Assoc. Prof. Dr. Bahar TOKUR)

In this study, fatty acids composition and lipid quality parameters of fish oils sold in capsule form as food supplements in our country were investigated. For this purpose, ten distinct brands of fish oil supplements, both international and domestic, that are considered to be the most popular among customers were purchased. The fatty acid composition of fish oil supplements were studied for saturated fatty acid (SFA), monounsaturated fatty acid (MUFA), and polyunsaturated fatty acid (PUFA). To evaluate the lipid quality of fish oils, which are prone to oxidative degradation due to the fatty acids in their structure, free fatty acid (FFA, % oleic acid), peroxide (PO, meq O₂/kg fish oil) and thiobarbituric acid numbers (TBA, mg malonadehit/kg fish) were analyzed. As a consequence of the investigation, the most dominant fatty acid in terms of monounsaturated fatty acid composition was determined to be C18:1 ω₉ (oleic acid) in all fish oil supplements. Furthermore, the EPA, DHA, and Σω₃ values on the labels of 10 different brands and the values obtained as a consequence of the analysis were found to be higher than those claimed, and the amounts of ΣEPA+DHA varied between 34.79% and 82.71%. In the study, The FFA and PO values, which were analyzed to determine the lipid quality of fish oil capsules, were found to vary from 0.12 to 7.33 % oleic acid and 1.53 to 14.38 meq O₂/kg fish oil, respectively. As a result of the investigation, it was established that 1 fish oil supplement surpassed the limit values in international standards in terms of FFA and 5 fish oil supplements exceeded the limit values in terms of PO value. In terms of TBA values, it was revealed that none of the fish oil supplements exceeded the recommended limit value (3 mg MA/kg fish oil).

Keywords: Fish Oil, Food Supplement, Fatty Acids, Lipid Quality

TEŞEKKÜR

Yüksek lisansa başladığım günden tezimi yazmaya başladığım güne kadar her anımda yanımda olup yol gösteren, bilgi birikimiyle her zaman yardımcı olan, desteğini her an hissettiren, laboratuvar çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen saygı değer çok kıymetli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Bahar TOKUR'a sonsuz kere teşekkür ederim.

Bu süreçte başta babam olmak üzere, beni destekleyip yanımda olan, manevi desteklerini her an üzerimde hissettiğim ailem iyi ki varsınız, sizlere çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ BİLDİRİMİ	I
ÖZET	II
ABSTRACT	III
TEŞEKKÜR	IV
İÇİNDEKİLER	V
ŞEKİL LİSTESİ	VI
ÇİZELGE LİSTESİ	VIII
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	IX
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
2.1. Yağ Asitlerinin Kimyasal Yapısı.....	5
2.2. Balık Yağları.....	11
2.3. Balık Yağı Takviyeleri.....	18
2.4. Balık Yağlarının İnsan Sağlığına Faydaları.....	29
2.4.1. Kalp ve Damar Sağlığı.....	29
2.4.2. Bağışıklık Sistemi.....	33
2.4.3. Diyabet ve Obezite.....	34
2.4.4. İnflamasyon.....	35
2.4.5. Ruh Sağlığı ve Sinir Fonksiyonu.....	36
2.4.6. Kanser.....	38
2.4.7. Hamilelik ve Bebek Gelişimi.....	40
3. MATERYAL ve YÖNTEM	43
3.1. Materyal.....	43
3.2. Yöntem.....	43
3.2.1. Yağ Asidi Kompozisyonu.....	44
3.2.2. Serbest Yağ Asitleri (SYA).....	45
3.2.3. Peroksit (PO).....	46
3.2.4. Tiyobarbitürik Asit (TBA).....	46
3.2.5. İstatistiksel Analiz.....	46
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	47
4.1. Yağ Asitleri Kompozisyonu.....	47
4.1.1. Doymuş Yağ Asitleri (DYA).....	47
4.1.2. Tek Doymamış Yağ Asitleri (TDYA).....	49
4.1.3. Çok Doymamış Yağ Asitleri (ÇDYA).....	50
4.2. Serbest Yağ Asidi.....	56
4.3. Peroksit.....	59
4.4. Tiyobarbitürik Asit.....	62
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	65
6. KAYNAKLAR	68
ÖZGEÇMİŞ	78

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

- Şekil 2.1** Triaçilgliserolün Yapısı ve Gliserol Molekülü Üzerindeki Yağ Asitleri (F1 sn-1- F2 sn-2 ve F3 sn-3) (Lunn ve Theobald, 2006)..... 5
- Şekil 2.2** Yağ Asidinin Yapısı (Lunn ve Theobald, 2006). 5
- Şekil 2.3** Yağ Asitlerinin Cis-ve Trans- Konfigürasyonları (Lunn ve Theobald, 2006). 7
- Şekil 2.4** Bitki ve Hayvan Temelli Gıdalarda Bulunan Başlıca Yağ Asitlerinin Yapıları (Saini ve Keum, 2018)..... 7
- Şekil 2.5** Çok Uzun Zincirli ω 3 ve ω 6 ÇDYA' nin Biosentetik Yolu (Nagy ve Tiuca, 2017)..... 8
- Şekil 2.6** Triaçilgliseroller (TAG'ler) ve Fosfolipidleri Bağlayan EPA/DHA'nın Yapıları (Saini ve Keum, 2018)..... 9
- Şekil 2.7** Etiketli İçeriğin Yüzdesi Olarak EPA + DHA (A) ve Peroksit Değerleri (PO, B). Sol, kapsüllenmiş ürünler (n = 34); sağ, sıvı ürünleri (n = 8) göstermektedir. A: Mavi çizgi: etiketli içeriğin %80'i; Yeşil çizgi: etiketli içeriğin %100'ü. B: Mavi çizgi: maksimum limit 5 meq O₂/kg göstermektedir (Bannenber ve ark., 2020). 20
- Şekil 2.8** İçeriğinde Bulunan Gerçek ω 3 ÇDYA İçeriği (EPA 1 DHA) İddia Edilen İçerikle İlgili Bireysel Perakende Balık Yağı Ürünleri (noktalı çizgi)..... 23
- Şekil 2.9** Perakende Balık Yağında Oksidasyon Belirteçlerinin İçeriği Test Edilmiş Önerilen Uluslararası Eşiklerle (noktalı çizgiler) İlişki..... 23
- Şekil 2.10** En Çok Satan (ABD'nde) Üç Farklı Balık Yağı Takviyesinin (DS1, DS2 ve DS3) Yağ Asidi İçeriği. 24
- Şekil 2.11** En Çok Satan ABD'de Üç Balık Yağı Gıda Takviyesinin (DS1, DS2, DS3), Reçeteli Ürünün Oksidasyon Ürünleri (Rx). Her paneldeki kesikli çizgiler, her bir belirteç için önerilen uluslararası eşikleri temsil eder (ABD Sorumlu Beslenme Konseyi tarafından önerilenler dahil). DS, Gıda takviyesi; Rx, reçete..... 25
- Şekil 2.12** Peroksit Karşılaştırması Balık Yağı Kapsüllerinin Değerleri ve Önerilenlere Karşı Şuruplar Standart Değer (kesikli çizgi, ω =3)..... 28
- Şekil 2.13** Balık Yağı Kapsülleri ve Şuruplarının SYA Değerlerinin Karşılaştırılması Önerilen Standart Değere Karşı (kesik çizgi, ω =3)..... 29
- Şekil 2.14** TBAR'ların Karşılaştırılması Balık Yağı Kapsüllerinin Değerleri ve Önerilenlere Karşı Şuruplar Standart Değer (kesikli çizgi, ω =3)..... 29
- Şekil 2.15** ω 3'ün Kalp Sağlığına Etkileri (Goel ve ark., 2018). 31
- Şekil 2.16** 4738 Yetişkin (>65 yaş) Arasında 12 Yıllık Bir Süre Boyunca KY Geliştirme Etkisi (Mozaffarian ve ark., 2005)..... 32
- Şekil 2.17** Kanser Türüne Göre Yapılan Araştırmalar (A) ve ω 3 PUFA'nın Potansiyel Kanser Önleyici Mekanizma(lar)ı (B) (Wei ve ark., 2022)..... 40
- Şekil 3.1** Araştırmada Kullanılan Balık Yağı Takviyeleri 43
- Şekil 4.1** Fiyata Göre Sıralanmış Balık Yağı Takviyelerinin Doymuş Yağ Asidi (DYA, %) Kompozisyonu 47
- Şekil 4.2** Fiyata Göre Sıralanmış Balık Yağı Takviyelerinin Tek Doymamış Yağ Asidi (TDYA, %) Kompozisyonu..... 49
- Şekil 4.3** Türkiyede Satışa Sunulan 10 Farklı Markaya Ait Balık Yağı Takviyelerinin Çok Doymamış Yağ Asidi (ÇDYA, %) Kompozisyonu..... 51

Şekil 4.4 Balık Yağı Takviyelerinde Tespit Edilen Serbest Yağ Asidi Miktarları (SYA, % oleik asit) (A: Fiyata göre sıralanmış, B: Son kullanma tarihine göre sıralanmış).	58
Şekil 4.5 Balık Yağı Takviyelerinde Tespit Edilen Peroksit Miktarları (PO, meq O ₂ / kg balık yağı) (A: Fiyata göre sıralanmış, B: Son kullanma tarihine göre sıralanmış)	61
Şekil 4.6 Balık Yağı Takviyelerinde Tespit Edilen Tiyobarbitürik Asit Miktarları (TBA, mg malonadehit/ kg balık yağı) (A: Fiyata göre sıralanmış, B: Son kullanma tarihine göre sıralanmış).	64

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1 Gıdalarda Bulunan Başlıca Doymamış Yağ Asitleri (Sanders ve Emery, 2003).....	10
Çizelge 2.2 Seçilmiş Bitki ve Hayvan Bazlı Gıdalarda $\omega 3$ ve $\omega 6$ Yağ Asidi İçeriği Değerler g/100 g dır (USDA, 2018, 2022)*	11
Çizelge 2.3 Balık Yağının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri (Rizliya ve Mendis, 2014).....	13
Çizelge 2.4 Balık Yağının Kimyasal Spesifikasyonları (CODEX-2017),(GOED 2019).	13
Çizelge 2.5 İnsan Tüketimi İçin Su Ürünlerinin Oksidatif Durumları İçin Yeniden Gözden Geçirilmiş Kriterler (Aursand ve ark., 2011).....	14
Çizelge 2.6 Yenilebilir Yağ ve Su Ürünlerinden Elde Edilen Yağlar İçin Önerilen Maksimum Kalite Parametreleri Konsantrasyonları (Aursand ve ark., 2011).....	15
Çizelge 2.7 Balık Yağlarındaki Başlıca Yağ Asitleri (% Toplam Lipit).	16
Çizelge 2.8 Farklı Kaynaklardan Elde Edilen Balık Yağlarının Yağ Asidi İçerikleri....	17
Çizelge 2.9 Üreticinin Etiketle Belirttiği ile Çalışmada Analiz Edilen Kapsüllenmiş Balık Yağı Ürünlerinin Yağ ve EPA + DHA İçeriği.	19
Çizelge 2.10 Analiz Edilen Diyet Takviyelerinin Etiketine Uygunluk (mg/100 mg ağ) (Nevigato ve ark., 2021).....	19
Çizelge 2.11 Balık Yağı Kapsüllerinde $\omega 3$ Yağ Asidi Seviyeleri (g kapsül başına). 21	
Çizelge 2.12 Ürünlerde Oksidatif Kalite ve EPA/DHA İçeriği Değerlerinin Karşılaştırılması	26
Çizelge 2.13 Araştırmada Değerlendirilen Balık Yağı Kapsüllerinin Yağ Asidi İçerikleri.	27
Çizelge 2.14 Perakende Balık Yağı Kapsüllerinde Toplam $\omega 3$, EPA ve DHA'nın İddia Edilen ve Deneysel İçeriği ve Çalışmada Değerlendirilen Şuruplar (S).	27
Çizelge 2.15 Çalışmada Değerlendirilen Balık Yağı Kapsüllerinin Serbest Totoks Yağ Asitleri (SYA, oleik asitin %'si), Peroksit Değeri (PO, meq/kg yağ), ve p-Anisidin Değeri (AV).....	28
Çizelge 2.16 $\omega 3$ Yağ Asidi Alımına Yönelik Önerilerin Özeti (Kris-Etherton ve ark., 2002).....	33
Çizelge 3.1 Balık Yağı Takviyelerinin Etiket Üzerindeki EPA, DHA, Toplam $\omega 3$ İçeriği, Son Kullanma Tarihleri, Menşeleri ve Birim Fiyatları.....	43
Çizelge 3.2 Çalışmada Kullanılan Yağ Asidi Standartları.....	45
Çizelge 4.1 Fiyata Göre Sıralanmış Balık Yağı Takviyelerinin Σ ÇDYA, Σ EPA+DHA, $\Sigma\omega 3$, $\omega 6$ ve $\Sigma\omega 3/\omega 6$ Kompozisyonları.	54
Çizelge 4.2 Balık Yağı Takviyelerinin Araştırmada Bulunan ve Etiketlerde Bildirilen EPA (%) DHA (%) ve $\Sigma\omega 3$ Miktarları (%)	55
Çizelge 4.3 Balık Yağı Takviyelerindeki SYA (% oleik asit) Miktarları*	56
Çizelge 4.4 Balık Yağı Takviyelerindeki Peroksit(meq O ₂ / kg balık yağı) Miktarları*.	59
Çizelge 4.5 Balık Yağı Takviyelerindeki TBA (mg malonaldehit/kg balık yağı balık yağı) Miktarları*	62

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AV	:	P-Anisidin Değeri
AB	:	Avrupa Birliği
ABD	:	Amerika Birleşik Devletleri
ALA	:	Alfa-linolenik Asit
AOAC	:	Uluslararası Amerikan Resmi Analitik Kimyacılar Birliği
ARA	:	Araşidonik Asit
Avr.Farm.	:	Avrupa Farmakopesi
AY	:	Ayçiçek Yağı
BHT	:	Bütillenmiş Hidroksi-Toluen-Antioksidan
BMI	:	Vücut Kitle İndeksi
BY	:	Balık Yağı
BYT	:	Balık Yağı Takviyesi
CAC	:	CODEX Alimentarius Komisyonu
CD	:	Yüksek Konjuge Dien Yağ
Cd	:	Kadmiyum
CE	:	Kolesterol Esterleri
CODEX	:	Gıda Kodeksi
CRP	:	C- Reaktif Protein
ÇDYA	:	Çok Doymamış Yağ Asitleri
DAG	:	Diasil Gliserol
DHA	:	Dokosaheksaenoik Asit
DPA	:	Dekosapentaenoik Asit
E-EPA	:	Etil Eikosapentaenoik Asit
EFSA	:	Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi
EMBASE	:	Çok Yönlü Güncel Bir Biyomedikal Veri Tabanı
EPA	:	Eikosapentaenoik Asit
FAME	:	Yağ Asiti Metil Esterleri
FAO	:	Gıda ve Tarım Örgütü
FDA	:	ABD Gıda ve İlaç Dairesi
FFA	:	Serbest Yağ Asitliği Değeri
FID	:	Alev İyonuzasyonlu Dedektör
g	:	Gram
GC	:	Gaz Kromatografisi
GOED	:	Küresel EPA ve DHA Organizasyonu
HDL	:	Yüksek Yoğunluklu Lipoproteinler
IFOMA	:	Uluslararası Balık Yağı ve Unu Üreticileri Birliği
ILG	:	İnterlökün 6
KY	:	Kalp Yetmezliği
LA	:	Linoleik Asit

LPS	:	Lipopolisakkarit
LT	:	Lökotrienler
MAE	:	Mikrodalga Destekli Ekstraksiyon
mg	:	Milligram
ml	:	Mililitre
MMP	:	Metalloproteinazlar
MS	:	Multipl Skleroz Hastalığı
NO	:	Nitrik Oksit
O₂	:	Oksijen
ω3 ÇDYA	:	Omega 3 Çok Doymamış Yağ Asiti
ω3 TDYA	:	Omega 3 Tek Doymamış Yağ Asiti
°C	:	Santigrat Derece
PEF	:	Darbeli Elektrik Alan Uygulaması
PL	:	Fosfolipit
PO	:	Peroksit Değeri (PV)
Pub-Med	:	Biyomedikal Veri Tabanı
RKÇ	:	Randomize Kontrollü Çalışma
SFA	:	Doymuş Yağ Asitleri (DYA)
SFE	:	Süper Kritik Sıvı Ekstraksiyonu
SIRS	:	Sistemik İnflamatuar Yanıt Sendromu
SLE	:	Sistemik Lupus Eritromatozus Hastalığı
SMC	:	Düz Kas Hücreleri
SYA	:	Serbest Yağ Asitleri
TAG	:	Triaçilgliseroller
TBA	:	Tiyobarbitürik Asit
TBARS	:	Tiyobarbitürik Asit Reaktif Maddeler
TDYA	:	Tek Doymamış Yağ Asitleri
TOTOX	:	Toplam Oksidasyon Değeri
TÜİK	:	Türkiye İstatistik Kurumu
UAE	:	Ultrason destekli Ekstraksiyon
USDA	:	ABD Tarım Bakanlığı Tarımsal Araştırma Servisi
VLDL	:	Çok Düşük Yoğunluklu Lipoproteinler
VKM	:	Norveç Gıda Güvenliği Bilimsel Komitesi
WHO	:	Dünya Sağlık Örgütü
YY	:	Yüksek Yağlı (Diyet)
µm	:	Mikrometre

1. GİRİŞ

Yapılarında çift bağ bulundurup bulundurmamalarına göre “doymamış yağ asitleri” ve “doymuş yağ asitleri” olarak 2 gruptan oluşan yağ asitleri, gıdalarda serbest olarak veya kompleks lipitlerin bir parçası olarak bulunmaktadır ve canlı metabolizmasında birçok kilit görev üstlenmektedir. Karbon zincirleri arasında çift bağ içerdiklerinde “doymamış yağ asitleri” olarak adlandırılan yağ asitleri, eğer bir adet çift bağ içeriyorsa Tek Doymamış Yağ Asitleri (TDYA veya MUFA), birden fazla çift bağ içeriyorsa Çok Doymamış Yağ Asitleri (ÇDYA veya PUFA) olarak adlandırılırlar. Karbon zincirleri arasında çift bağ içermediklerinde ise “doymuş yağ asitleri” olarak isimlendirilirler (Lunn ve Theobald, 2006).

İnsanlar ve diğer hayvanlar tarafından sentezlenemediğinden $\omega 3$ ve $\omega 6$ yağ asitleri olarak ayrılan çok doymamış yağ asitleri mutlaka diyet yoluyla dışarıdan alınması gereklidir. Bu sebeple bu yağ asitlerine “esansiyel yağ asitleri” denilmektedir. $\omega 6$ 'ların vücutta üretilmesi için gereken yağ asidi linoleik asit (LA) iken, $\omega 3$ 'lerin sentezlenmesi için gerekli olan temel yağ asidi ise alfa-linoleik asittir (ALA). Eğer vücuda çok doymamış yağ asidi içeren besinler alınırsa, bu yağ asitleri fosfolipitlerin yapısına katılır ve bu çok doymamış yağ asitlerinin yapısına katıldığı hücre membranlarını esnek hücreler arası iletişime açık hale getirir. Diğer taraftan, ALA birçok reaksiyon sonucunda uzun zincirli $\omega 3$ yağ asitlerine dönüşebilir. Bu dönüşüm, yağ asidindeki karbon zincirinin uzaması sırasında karbon atomunun eklenip hidrojen atomunun ayrılmasıyla gerçekleşir. ALA'dan oluşan uzun zincirli $\omega 3$ yağ asitlerinin temelini eikosapentaenoik asit (EPA, C20:5 $\omega 3$), dokosapentaenoik asit (DPA, C22:5 $\omega 3$) ve dokosahegzaenoik asit (DHA, C22:6 $\omega 3$) oluşturur. ALA'dan EPA oluşum yüzdesi; cinsiyete, yaşa, beslenmeye, sigara tüketimine bağlı olarak farklılıklar göstermektedir.

Yüksek düzeyde uzun zincirli $\omega 3$ yağ asitleri (DHA ve EPA) ile yağda çözünen vitaminleri (A, D, E ve K) içeren balık yağı, genellikle ringa (*Clupea harengus*), ton (*Thunnus alalunga*), hamsi (*Engraulis encrasicolus*), uskumru (*Scomber scombrus*) gibi yağlı balıkların dokularından elde edilir. Balık yağı %1 kadar fosfolipit, %2-5 arasında ise kolesterol, %95 veya daha fazla trigliserit, yağ alkolleri, hidrokarbonlar ve yağda çözünen vitaminlerden oluşan sabunlaşmayan maddeleri kapsamaktadır.

Balıklardaki yağ ve yağ asidi miktarı; balığın türüne, balığın yaşadığı yerin coğrafyasına, avlanma yerine, mevsime, beslenmesine, suyun sıcaklığına, balığın yaşı ve büyüklüğüne, olgunlaşma durumu gibi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir. (Calder, 2018).

Balık yağlarının sahip oldukları çok doymamış yağ asitleri nedeniyle insan sağlığına faydaları kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda, balık yağında bulunan $\omega 3$ yağ asitlerinin insan vücudu üzerinde birçok olumlu etkisinin olduğu bulunmuştur. Araştırmalar, insanların diyetlerine uzun zincirli $\omega 3$ yağ asitlerini içeren balık yağının eklenmesiyle; kardiyovasküler hastalıkların engellediği (Garcia-Rico ve ark., 2007), yaşlanmaya bağlı olarak beyin fonksiyonlarının korunmasında etkili olduğu (Calder, 2006, 2018; Marangoni ve ark., 2010), trombosit ve lökosit reaktivitesini azalttığı, lenfositlerin çoğalmasını inhibe ettiği, kan basıncını düşürdüğü, ventriküler aritmiyi önlediği, insülin hassasiyeti iyileştirdiği (Ellulu ve ark., 2015), hamilelerde düşük yapma riskini azalttığı ve sağlıklı bir hamilelik sağladığını (Jensen ve ark., 2000; Sarp, 2017) göstermiştir.

Bunlara ek olarak depresif durumlar, bazı kaygı bozuklukları, özellikle çocukluk çağında dikkat eksikliği, hiperaktivite bozukluğu, şeker hastalığı, eklem iltihabı, iltihaplı bağırsak sendromu, Edinsel Bağışıklık Yetmezliği Sendromu, oküler makula dejenerasyonu, kuru göz ve mide ülseri gibi hastalıkları da tedavi edici etkiye sahip olduğu, akne ve sedef hastalığı gibi rahatsızlıkların tedavisinde destekleyici olarak kullanılabilirdiği, inanılan aksine balık yağının kilo alımına neden olmadığı aksine obezitenin engellenmesinde önemli işlevlere sahip olduğu öne sürülmektedir (Calder, 2006; Ho ve ark, 2008; Mol, 2008; Procter ve Campbell, 2014; Simopoulos, 2002; Wall, 2010).

Günümüz beslenme şeklinde $\omega 3$ 'ün yerini, $\omega 6$ yağ asitlerini içeren mısır, ayçiçek, soya ve pamuk yağları gibi bitkisel kaynaklı yağlarla yer değiştirdiğinden, yeterli miktarda $\omega 3$ elde edilmemektedir. Diğer bir deyişle, bazı hastalıklardan korunmak amacıyla; etkisini maksimum seviyede görebilmek için $\omega 3$ kullanımı sırasında $\omega 6$ yağ asitlerinin kullanımını da sınırlandırmak gerekir (Covaci ve ark., 2007).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO), haftada en az 1-2 porsiyon balık yemeyi önermiştir (WHO, 2019). Ancak gıda yoluyla balığın tüketiminin yeterli olmadığı durumlarda, vücudun ihtiyaç duyduğu yağ asitlerinin takviye olarak balık yağının kullanılması ile karşılanabileceği uzmanlar tarafından önerilmektedir.

Son yıllarda, küresel balık yağı pazarı hızla büyümektedir. 2018 yılında 3.28 milyar Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Doları değerinde olan bu pazarın 2026 yılında, başlıca su ürünleri yetiştiriciliğindeki artış nedeniyle 5.42 milyar Dolara kadar ulaşılması beklenmektedir. Balık yağının çoğu (2016'da %75) su ürünleri yemi olarak kullanılmaktadır. Balık yağının kullanıldığı diğer alanlar olarak hayvancılık ve evcil hayvan yemi, ilaçlar, gıda takviyeleri ve fonksiyonel gıdalar gösterilmektedir (Giese ve Fritsche, 2021).

Son yıllarda, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de besin takviyesi kullanımı artmıştır. Ancak ülkemizde tüketilen bu ürünlerin temel bileşenleri hakkında çok az araştırma bulunmaktadır. Gıda takviyelerinin temel ve organik içeriğini belirlemeye yönelik araştırmalar, onları güvenli bir şekilde kullanılabilmesi için giderek daha önemli hale gelmektedir. 11 Haziran 2010 tarihinde yayınlanan 5996 sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu'nda gıda takviyeleri, "normal beslenmeyi takviye etmek amacıyla, vitamin, mineral, protein, karbonhidrat, lif, yağ asidi, amino asit gibi besin öğelerinin veya bunların dışında besleyici veya fizyolojik etkileri bulunan bitki, bitkisel ve hayvansal kaynaklı maddeler, biyoaktif maddeler ve benzeri maddelerin konsantre veya ekstraktlarının tek başına veya karışımlarının, kapsül, tablet, pastil, tek kullanımlık toz paket, sıvı ampul, damlalıklı şişe ve diğer benzeri sıvı veya toz formlarda hazırlanarak günlük alım dozu belirlenmiş ürünleri" olarak tanımlanmaktadır. Küresel besin takviyesi pazarı, bu ürünlerin ilaçlara alternatif olarak artan kullanımı nedeniyle büyümektedir. Bu büyümenin temel nedeni, tüketicilerin bu ürünleri doğal, güvenli ve yan etkisi olmayan olarak algılamalarıdır. Bu bağlamda gıda takviyelerinin kalitesinin sağlanması ve içerdikleri insan sağlığına zararlı bileşiklerin belirlenmesi önemlidir (Dietz ve ark., 2007).

Gıda takviyelerinin; içeriği belirlenirken, safsızlıklar, biyoyararlanım ve maksimum günlük alım miktarı dikkate alınarak, ulusal standartlara veya ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) ve Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) standartlarına göre

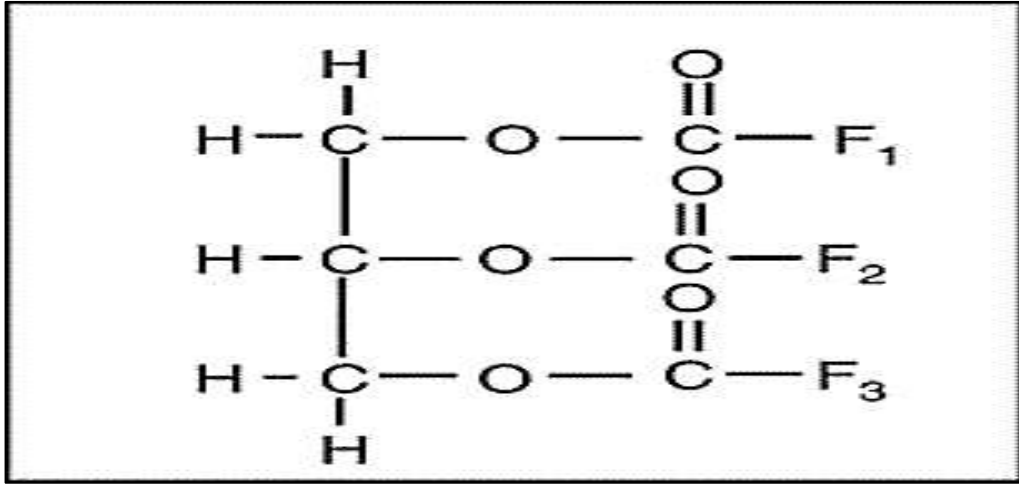
hazırlanmaktadır. Bu ürünler, özellikle çocuklar başta olmak üzere, dengeli beslenmek isteyen, günlük diyetlerinin yetersiz olduğunu düşünen veya diyetlerini takviye etmek isteyen kişiler tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır. Deniz ürünlerinden elde edilen gıda takviyeleri, $\omega 3$ yağ asitleri, proteinler, enzimler ve karotenoidler gibi çeşitli bileşenler içermektedir. Deniz yosunu, kurutulmuş kabuklu deniz ürünleri ve balık yağı, gıda takviyelerinin üretiminde en sık kullanılan deniz ürünleridir. Balık yağı takviyeleri genellikle sıvı, kapsül veya tablet şeklinde bulunmaktadır (Dolan ve ark., 2003).

Gıda takviyesi olarak satışa sunulan balık yağlarının en büyük problemi çok sayıda çift bağ içeren $\omega 3$ ÇDYA' ni içermesi nedeniyle oksidasyona oldukça yatkın olmasıdır. Balık yağları oksitlendikçe, oksitlenmemiş yağ asitleri azalır ve yerini lipit peroksitlerin kompleks bir "çorbası" alır ve ikincil oksidasyon ürünleri olarak aldehitler ve ketonlar oluşur (Albert ve ark., 2015; Kazuo, 2019; Mason ve Sherratt, 2017; Ozyurt ve ark., 2022). Bu nedenle, 2 yıl raf ömrü belirlenen bu gıda takviyelerinin yağ asidi kompozisyonunun ve kimyasal kalite parametrelerinin zaman içerisindeki değişimlerinin tespiti önemlidir. Bu çalışmada; insan vücudunun sentezleyemediği ve yaşamsal gereksinimler için dışarıdan mutlaka alınması gerekli olan çok doymamış $\omega 3$ yağ asitlerini içeren kapsüllenmiş jel formlarda satılan gıda takviyesi balık yağlarının, yağ asitleri kompozisyonu ve lipit kalitelerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

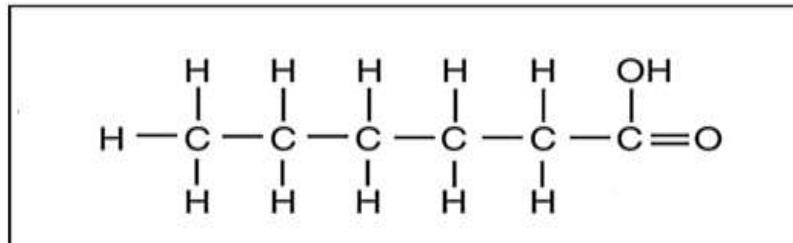
2.1. Yağ Asitlerinin Kimyasal Yapısı

Yağ asitleri, yağların (lipitlerin) yapı taşlarıdır. Gıdalarda bulunan yağ asitleri ve vücutta depolanan yağlar esas olarak triaçilgliseroller (TAG) şeklinde bulunur; bunlar genellikle üç farklı yağ asidinin eklendiği bir gliserol molekülü ile bağlandılar (Şekil 2.1). Yağ asitleri, sn-1; sn-2 ve sn-3 olarak adlandırılan ve gliserol molekülü üzerindeki üç pozisyondan herhangi birinde bulunabilir. Gliserol molekülü üzerinde farklı pozisyonlarda farklı yağ asitlerinin bulunması, yağların erime noktası ve sindirilebilirlik gibi özelliklerini etkileyecektir (Lunn ve Theobald., 2006).



Şekil 2.1 Triaçilgliserolün Yapısı ve Gliserol Molekülü Üzerindeki Yağ Asitleri (F1 sn-1- F2 sn-2 ve F3 sn-3) (Lunn ve Theobald, 2006).

Yağ asitleri, bir ucunda bir metil grubu (CH₃) [(ω) veya n-ucu] ve diğer ucunda bir karboksil grubu (-COOH) olan bir karbon atomu omurgasından oluşur (Şekil 2.2). Hidrojen atomları, karbon atomları dizisine birleşerek bir hidrokarbon zinciri oluştururlar (Lunn ve Theobald, 2006).



Şekil 2.2 Yağ Asidinin Yapısı (Lunn ve Theobald, 2006).

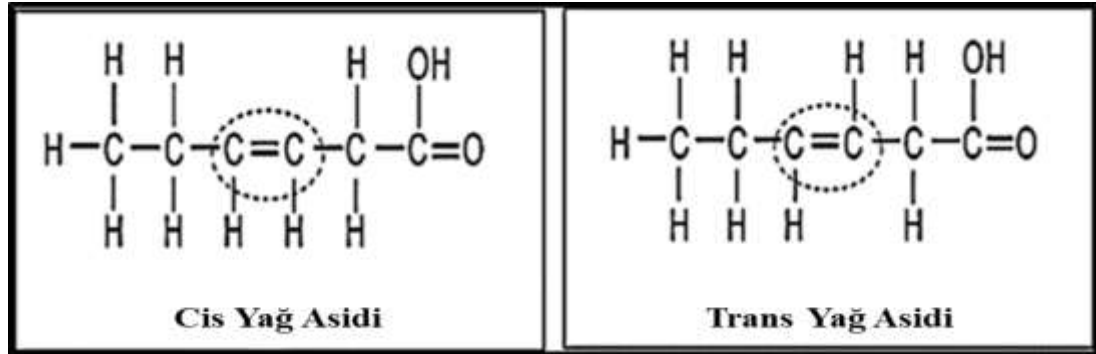
Yağ asitlerinin uzunluğu 2 ila 80 karbon arasında değişir, ancak tipik olarak gıdalarda 14, 16, 18, 20 ve 22 karbon atomlu zincirler halinde bulunur. Polisakkaritler kalın bağırsakta bulunan anaerobik bakteriler tarafından fermente edildiğinde bağırsakta bütirik asit (4 karbon atomu) veya propiyonik asit (3 karbon atomu) gibi kısa zincirli yağ asitleri de oluşur. Bazı kısa zincirli yağ asitlerinin, yani bütiratın, bağırsak sağlığı için önemli olduğuna inanılmaktadır (Bird ve ark., 2000).

Teknik olarak, uzun zincirli yağ asitleri 12 veya daha fazla karbon atomu içerir. Ancak bu terim genellikle 20'den fazla karbon atomu içeren daha uzun zincirli yağ asitlerini tanımlamak için kullanılır ve bunlara çok uzun zincirli yağ asitleri de denilebilir. Karbon zincir uzunluğu, karbon atomları arasında çift bağların varlığı veya yokluğu gibi bir yağ asidinin özelliklerini etkiler. Yağ asitleri çift bağ içerip içermemelerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılır (Lunn ve Theobald, 2006):

- Yağ asidi zincirindeki tüm karbonlar tekli bağlarla bağlıysa (yani yağ asidi tutabileceği tüm hidrojen atomlarını içeriyorsa), yağ asidine doymuş yağ asidi (DYA) denir.
- Yağ asidi zincirinde bir veya daha fazla çift bağ varsa (yani yağ asidi, hidrojen atomlarının potansiyel tam tamamlayıcısını tutmuyorsa), yağ asidi doymamış bir yağ asidi olarak kabul edilir.
- Doymamış bir yağ asidinde yalnızca bir çift bağ varsa, buna tek doymamış yağ asidi (TDYA) denir.
- Birden fazla çift bağ varsa, yağ asidinin çok doymamış yağ asidi (ÇDYA) olduğu söylenir (Lunn ve Theobald, 2006).

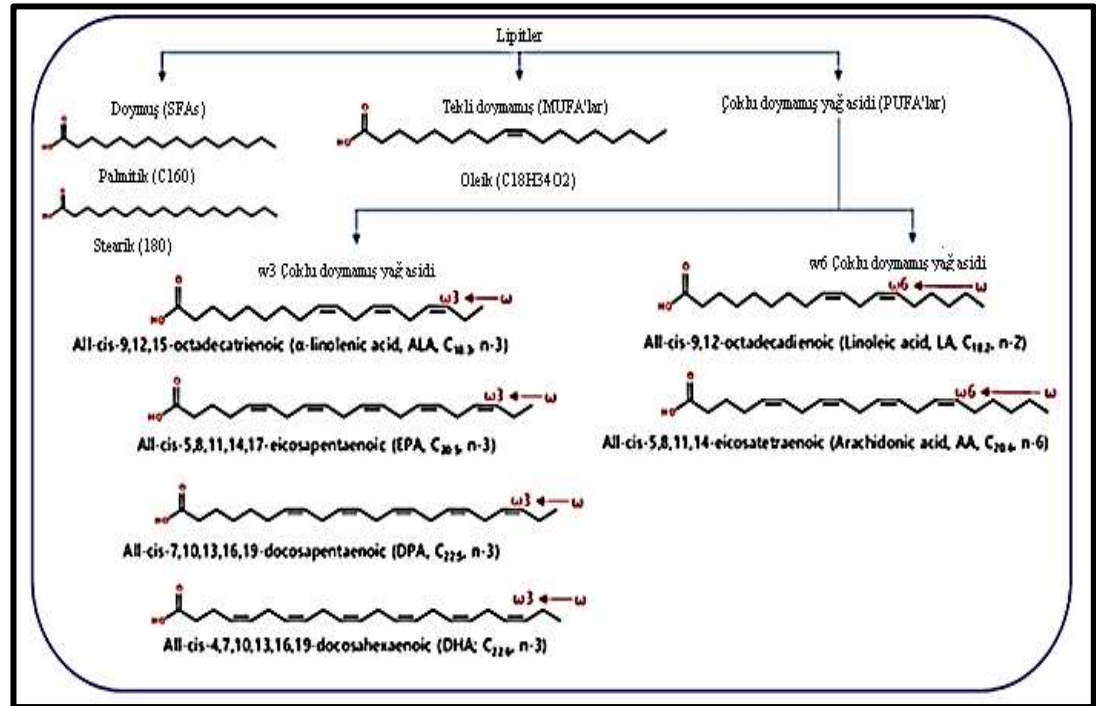
Doymamış yağ asitlerindeki çift bağlar, cis-veya trans-konfigurasyonları olarak iki izomer oluşturabilir (Şekil 2.3). Gıdalardaki çift bağlar ağırlıklı olarak, her iki hidrojen atomunun da yağ asidinin aynı tarafında bulunduğu cis- formda bulunur. Bir yağ asidinde bir cis- bağın varlığı, yağ asidinin erime noktasını düşürür ve oda sıcaklığında sıvı olma olasılığını artırır. Hidrojen atomlarının yağ asidinin zıt taraflarında yer aldığı trans yağ asitleri doğada daha az yaygındır, ancak tipik olarak geniş getiren hayvanların etlerinin yağında ve rumende oluşan sütte düşük miktarlarda bulunurlar. Bu yağ asitleri, margarin üretiminde geleneksel olarak kullanıldığı gibi,

doymamış yağların hidrojenasyonu (sertleşmesi) sırasında da üretilebilir (Lunn ve Theobald, 2006).



Şekil 2.3 Yağ Asitlerinin Cis-ve Trans- Konfigurasyonları (Lunn ve Theobald, 2006).

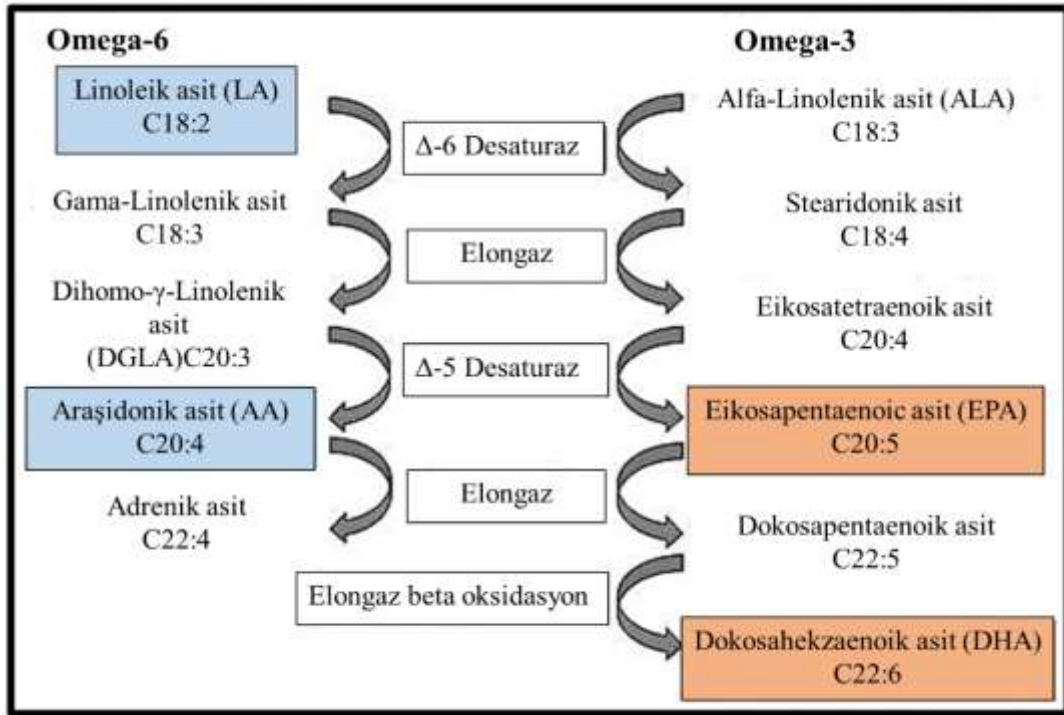
ÇDYA, ayrıca $\omega 3$ veya $\omega 6$ ÇDYA olarak sınıflandırılabilir; ÇDYA'nın hangi aileye ait olduğu, yağ asidi zincirindeki ilk çift bağın konumuna bağlıdır. $\omega 6$ yağ asitleri ailesinin tüm üyeleri, terminal metil grubundan altıncı ve yedinci karbon atomları arasında ilk çift bağlarını içerirken, $\omega 3$ yağ asitleri ailesinin tüm üyeleri, üçüncü karbon atomları arasında ilk çift bağa sahiptir (Lunn ve Theobald, 2006).



Şekil 2.4 Bitki ve Hayvan Temelli Gıdalarda Bulunan Başlıca Yağ Asitlerinin Yapıları (Saini ve Keum, 2018).

LA ve ALA, eikosanoidlerin sentezinde önemli rollere sahiptir. $\omega 3$ yağ asitleri desatüráz ve eikosanoid biyosentezinde yer alan enzimler için tercih edilen substratlar

olduğundan, ALA'nın yüksek alımı, anti-inflamatuar eikosanoitlerin üretimini desteklemektedir. Neredeyse hepsi yüksek bitkiler, algler, bazı mantarlar ve alt sınıf hayvanlarda (örn. *Caenorhabditis elegans*), oleik asidi (C18:1, cis-9) LA'ya dönüştürmek için Δ^{12} -desaturazlara ve LA'yı ALA'ya dönüştürmek için Δ^{15} -desaturazlara sahiptir. Ancak, hayvanlar ve insanlarda, oleik asidi LA ve ALA'ya dönüştürmek için gerekli olan bu desaturazlar eksiktir. Bu nedenle, LA ve ALA insan beslenmesi için esansiyel yağ asitleri olarak kabul edilir (Ruiz-Lopez ve ark., 2014). Şekil 2.5.'de çok uzun zincirli $\omega 3$ and $\omega 6$ ÇDYA' nin biosentetik yolu gösterilmiştir (Nagy ve Tiuca, 2017).



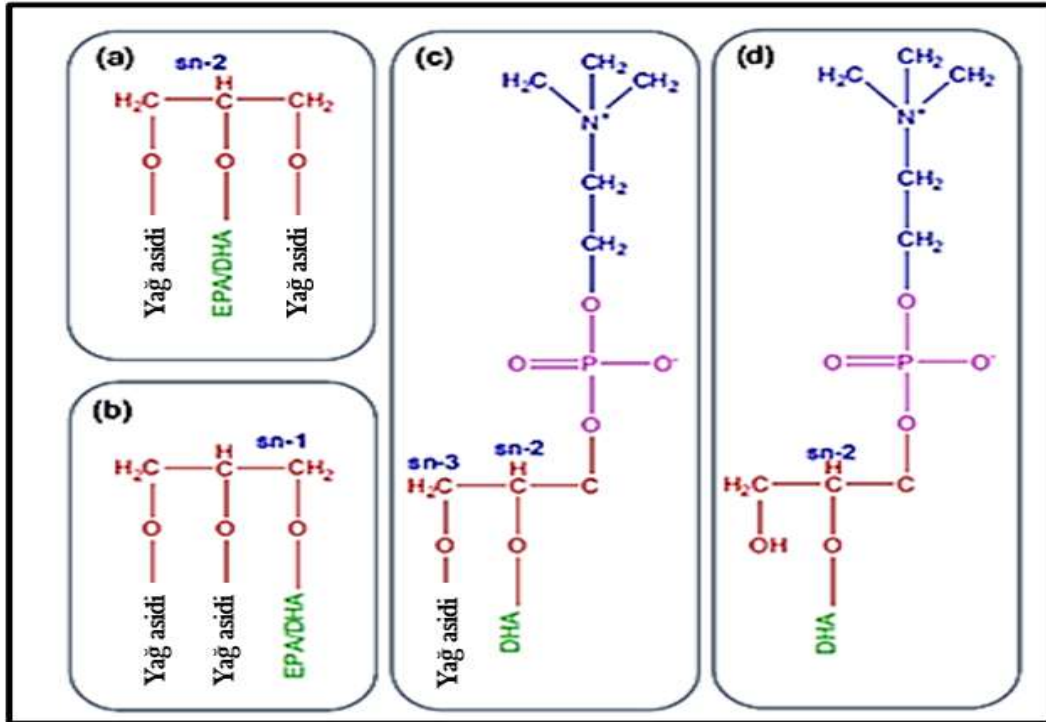
Şekil 2.5 Çok Uzun Zincirli $\omega 3$ ve $\omega 6$ ÇDYA' nin Biosentetik Yolu (Nagy ve Tiuca, 2017).

ALA'nın EPA ve DHA'ya dönüşümü, diyetteki LA ve ALA oranı, diğer besin öğelerindeki eksiklik, cinsiyet farkı, desaturazlar ve elongaz enzimlerindeki polimorfizmleride içine alan birçok diyetel ve genetik faktörlere bağlıdır (Saini ve Keum, 2018).

Biyosentetik yollarla insanların ALA'yı çok uzun zincirli EPA ve DHA'ya dönüştürme yeteneği, insanların bu yağ asitlerinin eksojen olarak ihtiyaçları olmadığı anlamına gelmez. Bunun nedeni, hem $\omega 3$ hem de $\omega 6$ yağ asitlerinin biyosentetik yolda, δ -6-desaturaz adı verilen bir enzimi paylaşmasıdır. ALA'nın DHA ve EPA'ya

dönüşümü için hayati önem taşıyan bu enzim, ALA'yı tercih etmesine rağmen, yüksek seviyelerde plazma LA'nın varlığı sonucu, eylemlerini $\omega 6$ yoluna kaydırabilir (Budowski, 1988). Bunun sonucunda, ALA'nın EPA ve DHA'ya dönüşümü engellenmiş olunur. Ayrıca araştırmacılar, ALA'nın DHA'ya dönüşümünün verimsiz olabileceğini de öne sürmektedir (Ruxton ve ark., 2004).

Şekil 2.6'da triaçilgliseroller (TAG) ve fosfolipitleri bağlayan EPA/DHA'nın yapıları görülmektedir (Saini ve Keum, 2018).



Şekil 2.6 Triaçilgliseroller (TAG'ler) ve Fosfolipidleri Bağlayan EPA/DHA'nın Yapıları (Saini ve Keum, 2018).

Dünyanın çoğu yerinde $\omega 3$ ÇDYA'nin yetersiz alımı nedeniyle kronik hastalıklarda risk artmaktadır. Bunu engellemek için bugüne kadar vücutta $\omega 3$ ÇDYA'nin alımının artırılması için çeşitli stratejiler önerilmiştir. Saini ve Keum (2018) tarafından derlenen bu stratejiler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Yağlı balık ve diğer $\omega 3$ ÇDYA'nden zengin gıdaların tüketiminin artırılması,
- Gıda ürünlerinin balık yağı, kril veya ALA ile güçlendirilmesi,
- Hayvansal ürünlerde $\omega 3$ ÇDYA'nden zengin diyetlerle beslenerek $\omega 3$

ÇDYA' nin zenginleştirilmesi,

- Genetik mühendisliği ile yağlı tohum bitkilerine ω3 ÇDYA'nin takviye edilmesi.

Bitki ve hayvan bazlı gıdalarda ÇDYA, çoğunlukla (≈%98) triaçilgliseroller (TAG) şeklinde bulunur. Bunun ardından fosfolipitler (PL'ler; örneğin lesitin) ve diasilgliseroller (DAG'ler), kolesterol esterleri (CE) ve yağda çözünen vitamin esterleri (örneğin, retinil palmitat ve tokoferol asetat) gelir (Saini ve Keum, 2018).

Kanola, soya fasulyesi ve mısır dahil olmak üzere çoğu mahsul tohumları ve ayçiçek yağları gibi bitkisel yağlar, LA formundaki ω6 ve düşük oranlarda ω3 (ALA) yağ asitlerinin başlıca kaynaklarıdır. ω6 yağ asitlerinin aksine, ω3 yağ asitlerinin sayısı sınırlı kaynaklarının sınırlı olması nedeniyle genellikle yetersizdir. İstisnai olarak, chia tohumları (*Salvia hispanica*), perilla (*Perilla frutescens*), ve keten (*Linum usitatissimum*)' de ALA bol miktarda bulunur (Saini ve Keum, 2018). Yeşil yapraklı sebzeler de yüksek oranlarda (toplam yağ asitlerinin %60-70'i) ALA formundaki ÇDYA içerirler (Kim ve ark., 2018).

Vücutta normal fizyolojik fonksiyonlar için kullanılan EPA, DPA, DHA ve araşidonik asit (ARA)'in kaynağı doğrudan balık, balık yağı ve düşük miktarlarda rumunent etleri olabilir. Balıklar uzun zincirli doymamış yağ asitlerinin en önemli kaynaklarıdır. Gıdalarda bulunan başlıca doymamış yağ asitleri Çizelge 2.1 'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Gıdalarda Bulunan Başlıca Doymamış Yağ Asitleri (Sanders ve Emery, 2003).

İsim	Sistematik isim	Zengin diyet kaynakları
Tek doymamış yağ asitleri		
Palmitoleic (16: 1 ω7)	<i>cis</i> -9-hexadecenoic	Balık Yağı
Oleic (18: 1 ω9)	<i>cis</i> -9-octadecenoic	Zeytinyağı, kolza yağı, palmiye yağı
Elaidic (18: 1 ω9 <i>trans</i>)	<i>trans</i> -9-octadecenoic	Kısmen hidrojene yağ
<i>Trans</i> -vaccenic (18: 1 ω7 <i>trans</i>)	<i>trans</i> -11-octadecenoic	Ruminant yağlar
<i>Cis</i> -vaccenic (18: 1 ω7)	<i>cis</i> -11-octadecenoic	Ruminant yağlar
Erucic (22: 1 ω9)	<i>cis</i> -13-docosenoic	Hardal tohumu yağı
Çok doymamış yağ asitleri		
Linoleic (18: 2 ω6)	9,12-octadecadienoic	Aspir yağı, ayçiçek yağı, mısır yağı
Gamma (γ)-linolenic (18: 3 ω6)	6, 9, 12-octadecatrienoic	Çuha çiçeği yağı
Arachidonic (20: 4 ω6)	5, 9, 11, 14-eicosatrienoic	Ruminant etleri (düşük seviyelerde)
Alpha (α)-linolenic (18: 3 ω3)	9, 12, 15-octadecatrienoic	Keten tohumu, keten tohumu yağı, ceviz yağı
Eicosapentaenoic (20: 5 ω3)	5, 8, 11, 14, 17-eicosapentaenoic	Balık yağı, yağ bakımından zengin balık
Docosaheptaenoic (22: 6 ω3)	4, 7, 10, 13, 16, 19-docosaheptaenoic	Balık yağı, yağ bakımından zengin balık

ABD Tarım Bakanlığı, Tarımsal Araştırma Servisi (U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service (USDA, 2018, 2022)' ne göre, bazı bitki ve hayvan bazlı gıdalarda $\omega 3$ ve $\omega 6$ yağ asidi içerikleri Çizelge 2.2 'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2 Seçilmiş Bitki ve Hayvan Bazlı Gıdalarda $\omega 3$ ve $\omega 6$ Yağ Asidi İçeriği Değerler g/100 g dır (USDA, 2018, 2022)*

Gıda	$\omega 3$			$\omega 6$			FDC ID	
	ALA	EPA	DPA	DHA	LA	ARA		
Sıvı yağ ²	Keten tohumu	53.4	-	-	-	14.3	-	2345742
	Kanola	7.45	-	-	-	17.8	-	2345745
	Ayçiçek	-	-	-	-	65.7	-	2345749
	Zeytinyağı	0.638	-	-	-	8.82	0.013	2345743
	Soya fasülyesi	6.62	-	-	-	50.9	-	2345748
	Mısır	1.04	-	-	-	51.9	-	2345740
Balık Yağı ¹	Menhaden	1.49	13.2	4.92	8.56	2.15	1.17	172341
	Somon	1.06	13	2.99	18.2	1.54	0.675	172343
	Sardalya	1.33	10.1	1.97	10.7	2.01	1.76	173578
	Morina karaciğeri	0.935	6.9	0.935	11	0.935	0.935	173577
	Ringa	0.763	6.27	0.619	4.21	1.15	0.289	172340
	Yılan Balığı	.611	0.088	0.078	0.066	1.48	0.101	2341662
Balık ²	Hamsi	0.017	0.763	0.041	1.29	0.362	0.01	2341647
	Ringa	0.266	0.743	0.058	0.903	1.41	0.065	2341676
	Sazan	0.441	0.25	0.087	0.119	1.82	0.161	2341648
Et ²	Sığır eti, kıyılmış	0.056	-	0.002	-	0.381	-	2341259
	Tavuk, kıyılmış	0.143	0.01	0.012	0.009	2.54	0.126	2341497
	Chia,	17,8	-	-	-	5.84	-	170554
Bitki Tohumları ¹	Kenevir tohumu, kabuklu	10	-	-	-	27.5	-	170148
	Ceviz, İngiliz	9.08	-	-	-	38.1	-	170187
	Fındık	0.087	-	-	-	7.83	-	170581
	Badem	0.003	-	-	-	12.3	-	170567

¹US Department of Agriculture (USDA), Agricultural Research Service, Nutrient Data Laboratory. USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Legacy. Version Current: April 2018. Internet: <http://www.ars.usda.gov/nutrientdata>.

²U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. 2022. USDA Food and Nutrient Database for Dietary Studies 2019-2020. Food Surveys Research Group Home Page, <http://www.ars.usda.gov/nea/bhnrc/fsrg>.

2.2. Balık Yağları

Balık yağları, çoğunlukla trigliseritler olarak ve daha az sıklıkla fosfolipitler olarak ortaya çıkar. Balık yağları, diğer yağlarla karşılaştırıldığında daha büyük miktarlarda benzersiz bir çeşitlilikte doymamış yağ asitleri içerir. Bu yağların çoğu, uzun zincirli eikosapentaenoik asit (EPA 20: 5 $\omega 3$) ve dekosahexanoik asit (DHA 22: 6 $\omega 3$) olan $\omega 3$ çok doymamış yağ asitleri bakımından zengindir. Uzun zincirli yağ asitleri (öncelikle C20 ve C22) genellikle balık yağlarındaki tüm yağ asitlerinin dörtte biri ile üçte birini oluşturur (Rizliya ve Mendis, 2014). Balık yağındaki EPA ve DHA içeriği, balık türüne, balık beslenmesine, deniz suyu sıcaklıklarına ve avın coğrafi konumuna bağlı olarak değişmektedir (CODEX, 2017).

Durmuş (2019), Kuzeydoğu Akdeniz kıyılarında avlanan 13 farklı su ürünlerinin yenilebilir etlerinin yağ içeriklerini ve yağ asidi profillerini araştırmıştır. Çalışma sonucunda, su ürünlerinin yağ asidi bileşimlerinin %27.68 ile %36.59 arasında doymuş yağ asitleri, %8.99 ile %35.84 arasında tek doymamış yağ asitleri ve %10.69 ile %39.57 arasında çok doymamış yağ asitleri arasında değiştiğini bulmuştur. Türlerin çoğunda, miristik asit (C14:0, %0.93-5.59), palmitik asit (C16:0, %13.68-23.89), palmitoleik asit (C16:1 ω7, %0.85-6.00), heptadekanoik asit (C17:0, %0.67-2.23) stearik asit (C18:0, %6.82-10.89), oleik asit (C18:1 ω9, %4.87-28.73), linoleik asit (C18:2 ω6, %0.32-2.63), araşidonik asit (C20:4 ω6, %0.22-0.82), eikosapentaenoik asit (C20:5 ω3, %1.72-10.73) ve dokosaheksaenoik asitin (C22:6 ω3, %4.07-31.44) en önemli yağ asitleri olduğu bulunmuştur. Tüm su ürünlerinde EPA ve DHA seviyelerinin yüksek olduğu ve toplam ω3 ÇDYA'nın toplam ω6 ÇDYA içeriğinden çok daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Özoğul ve ark., (2007) tarafından, Türkiyede ticari öneme sahip deniz ve tatlı su balıklarının yenilebilir kaslarının yağ içeriği ve yağ asidi kompozisyonları araştırılmıştır. Deniz balıklarının yağ asidi bileşimleri %25.5–39,4 doymuş (DYA), %13.2–29.0 tek doymamış (TDYA) ve %25.2–48.2 çok doymamış asitler (ÇDYA) iken, tatlı su balıklarının yağ asidi bileşimleri ise. %28.0–34.6 doymuş (DYA), %10.7–22.7 tek doymamış (TDYA) ve %23.2–43.7 çok doymamış asitlerden (ÇDYA) bulunmuştur.

Balık yağları fiziksel yapıları bakımından birbirine çok benzerler. Balık yağları oda sıcaklığında sıvıdır ancak genellikle 10°C–15°C'nin altında katılaşır (Pike ve Jackson, 2010). Balık yağlarının katı kısmını stearin, sıvı kısmını ise olein olarak biliriz.

Rizliya ve Mendis (2014) adlı araştırmacılar tarafından, balık yağının fiziksel ve kimyasal özelliklerini açıkladıkları parametreler Çizelge 2.3.'te gösterilmiştir.

Çizelge 2.3 Balık Yağının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri (Rizliya ve Mendis, 2014).

Fiziksel Özellikler	Değerler	Kimyasal Özellikler	Değerler
Özısı (cal/g)	0.50–0.55	Nem ve safsızlıklar (%)	Olağan baz 0.5 ila %1 maksimum
Füzyon ısısı (cal/g)	ca. 54	Serbest yağ asitleri (%oleik)	Aralık %1–7, ancak genellikle %2–5
Kalorifik Değer (cal/g)	ca. 9.500	Peroksit değeri (mEq/kg)	3–20
Kayma Erime Noktası (°C)	10–15	Anisidin numarası	4–60
Alevlenme Noktası (°C)		Totoks değeri	10–60
Gliseritler olarak	ca. 360	İyot değeri	
Yağ Asitleri olarak	ca. 220	Kapelin	95–160
Kaynama Noktası (°C)	>250 S	Ringa	115–160
özgül yerçekimi 15 °C’de	ca. 0.92	Menhaden	120–200
30 °C’de	ca. 0.91	Sardalya	160–200
45 °C’de	ca. 0.90	Hamsi	180–200
Viskosite (cp)		Jack uskumru	160–190
20 °C’de		Kum yılan balığı	150–190
50 °C’de		Renk (Gardner ölçeği)	Up to 14
90 °C’de		Demir (ppm)	0.5–7.0
Kırılma İndisi (n _D ³⁰)		Bakır (ppm)	Daha az 0.3
		Fosfor (ppm)	5–100

Codex Alimentarius Komisyonu (CODEX STAN 329-2017) ve GOED (2019)’e göre balık yağları, balık karaciğeri yağları, konsantre balık yağları ve konsantre balık yağları etil esterlerinin Çizelge 2.4.’te belirtilen özelliklere olması belirtilmektedir.

Çizelge 2.4 Balık Yağının Kimyasal Spesifikasyonları (CODEX-2017),(GOED 2019).

	GOED/CODEX
Peroksit değeri	max. 5 meg/kg
p-Anisidin değeri	max. 20
Toplam oksidasyon değeri	max. 26

Aursand ve ark., (2011)’nin balık yağlarındaki bozunma maddelerinin ve oksidasyon ürünlerinin risk değerlendirmesindeki süreçleri değerlendirilmiştir. Buna göre, Norveç Gıda Güvenliği Otoritesi tarafından Norveç Gıda Güvenliği Bilimsel Komitesinden (VKM), farmasötikler hariç insan tüketimine yönelik balık yağlarındaki bozunma maddeleri ve oksidasyon ürünleri hakkında sağlık riski değerlendirmesi yapması istenmiştir. AB’nin insan tüketimine yönelik balık yağlarının üretimiyle ilgili hijyen düzenlemeleri 2008’den itibaren güçlendirilmiştir, ancak yağlarda olası ayrışma maddeleri ve oksidasyon ürünlerinin varlığı ve bunların insan sağlığı üzerindeki olası sonuçlarıyla ilgili endişeler bulunduğu ifade edilmektedir. Çalışmada, Ulusal Gıda Güvenliğinden gelen talepte, VKM’den balık yağı üretiminde kullanılan çeşitli hammaddelerin bozunması sonucu ortaya çıkan maddelerin ve balık yağlarının oksidasyonu sırasında oluşan ürünlerin açıklamaları da istenmiştir. Ek olarak, insan tüketimine yönelik balık yağlarının üretiminde çeşitli işlem adımlarında oluşan ve/veya elimine edilen, hammadde ve balık yağının işleme koşulları, depolama ve

taşıma koşullarının dikkate alınmasıyla oluşan ve/veya elimine edilen maddelerin açıklanması da talep edilmiştir. Buna göre, hem Avrupa Farmakopesi (Avr. Farm.) hem de Küresel EPA ve DHA organizasyonu (GOED) tarafından bazı deniz yağları/konsantreleri için hazırlanan oksidatif durumun (acılaşma) değerlendirilmesi için tavsiye edilen kriterler Çizelge 2.5’de özetlenmiştir.

Çizelge 2.5 İnsan Tüketimi İçin Su Ürünlerinin Oksidatif Durumları İçin Yeniden Gözden Geçirilmiş Kriterler (Aursand ve ark., 2011).

a) balık yağı türü	b) Ph. Eur. 7.0 (2011) maksimum değerler		c) GOED monografi (2006) maksimum değerler	
	Peroksit değeri	Anisidin değeri	Peroksit değeri	Anisidin değeri
Morina karaciğeri yağı (tip A)*	10	30		
Morina karaciğeri yağı (tip B)**	10	Yok	Yok	Yok
Morina karaciğeri yağı, yetiştirilmiş	5	10		
Somon yağı, yetiştirilmiş	5	10		
ω3 asitleri açısından zengin balık yağı (tip 1)	10	30		
ω3 asitleri açısından zengin balık yağı (tip 2)n	5	15	5	20
ω3-asit trigliseritler	10	30		
ω3-asit etil 60	10	20		
ω3-asit etil 90	10	20	Yok	Yok

**Gadus morhua* L. ve diğer *Gadidae* türlerinin taze karaciğerlerinden elde edilen saflaştırılmış yağ,
 **Elde edilen saflaştırılmış yağ çiftlik *Gadus morhua* L taze ciğerlerinden elde edilmiştir. b) Ph. Eur. - European Pharmacopoeia (Avrupa Farmakopesi), c) GOED: EPA ve DHA için küresel organizasyon

Codex Alimentarius (Codex stan 19-1981, 2009)’a göre, “bireysel standardın kapsamına girmeyen yenilebilir katı ve sıvı yağlar” için oksidasyon, maksimum 10 mili eşdeğer (meq) aktif oksijen/kg yağ değerine sahip olmalıdır” denilmektedir. Ancak, bu standart değer yasal bir hüküm içermemektedir ve sadece ticari ortakların gönüllü başvurusu ile belirlenmiştir. Kodeks standardı yalnızca su ürünlerinden elde edilen yağlarla ilgili değil, aynı zamanda modifikasyon işlemlerine (transesterifikasyon veya hidrojenasyon gibi) veya fraksiyonasyona tabi tutulmuş sıvı ve katı yağlar için de geçerlidir. Codex, Avrupa Farmakopesi ve GOED göre yenilebilir yağ ve su ürünlerinden elde edilen yağlar için önerilen maksimum kalite parametreleri konsantrasyonları verilmiştir (Çizelge 2.6).

Çizelge 2.6 Yenilebilir Yağ ve Su Ürünlerinden Elde Edilen Yağlar İçin Önerilen Maksimum Kalite Parametreleri Konsantrasyonları (Aursand ve ark., 2011).

Parametre	Codex	Avrupa Farmakopesi	GOED
Renk	Görünür ^{a)}	Görünür ^{b)}	Yok
Uçucu madde 15°C	*0.2% m/n		Yok
Çözünmeyen safsızlıklar	*0.05% m/n	Yok	
Sabun içeriği	*0.005% m/m		
Sabunlaşmayan madde c)	Yok	1.5% (morina karaciğeri yağı A/B: yetiştirilen somon yağı; “ω3 asidi açısından zengin balık yağı”)	Yok
Asit değeri d)	*0.6mg KOH/g yağ ve sıvı yağ	2% (morina karaciğeri yağı A/B: yetiştirilen somon yağı; “ω3 asidi etil ester 60 ve 90”) 0.5% (“ω3 asidi bakımından zengin balık yağı”) 3% (“ω3 asidi trigliseritler”) 1.0% (“ω3 etil esterler 90”)	3mg KOH/g
Oligomer e)	Yok	1.5% (“ω3 asidi bakımından zengin balık yağı”) 3.0% (“ω3asidi trigliseritler”) ^{f)} 7.0% (“ω3 etil esterler 60”) ^{g)}	Yok
Kurşun (Pb)	**0.1 mg/kg	Yok	0.1 mg/kg
Arsenik (As)	**0.1 mg/kg	Yok	0.1 mg/kg
Demir (Fe)	*2.5 mg/kg	Yok	yok
Bakır (Cu)	*0.1 mg/kg	Yok	
Kadmiyum (Cd)	Yok	Yok	0.1 mg/kg
Civa (Hg)	Yok	Yok	0.1 mg/kg

2010 yılında Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA), “insan sağlığı için balık yağı tüketimi acılaştırma ve gıda hijyeni” üzerine bilimsel bir risk değerlendirmesi yayınlamıştır (EFSA, 2010). Değerlendirmede, balığın avlanmasından, balığın hijyen koşulları ve acılaştırma gibi son ürün oluşuncaya kadar tüm aşamalar irdelenmiştir. Kapsamlı ısıtma nedeniyle ve aynı zamanda rafine balık yağının işlenmesi sırasında alkali/asit işlemleri ve su fazının uzaklaştırılmasını konu alan raporda gıda güvenliğinden daha ziyade son ürün olarak depolanan balık yağında potansiyel kimyasal zararın, lipid oksidasyon ürünleri olduğu sonucuna varılmıştır.

Güney (Peru ve Şili) ve Kuzey Amerika (ABD)’da yakalanan balık türlerinin yüksek oranda toplam yağın %35’ine kadar çıkabilen uzun zincirli ω-3 yağ asitleri içeriğe sahip olduğu belirtilmektedir. Bu türler esas olarak yüksek oranda EPA, DHA ve DPA içerirler. Morina ve pisi balığı gibi demersal balık türleri yağı karaciğerde depolarlar ve düşük uzun zincirli ω3’e (%15 ila %20) içeriğine sahiptirler. Yüksek miktarda uzun zincirli ω3 yağ asitlerini ile daha fazla doymamış yağ asitleri içeren balık yağları ayrıca miristik ve palmitik gibi daha yüksek doymuş yağ asitleri içeriğine de sahiptirler (Çizelge 2.7). Bu doymamış yağlar, oksidasyona karşı oldukça hassastır ve depolama sırasında, tüm balık yağlarının havayla, pro-oksidan metallerle (özellikle demir ve bakır içeriği yüksek olanlarla) teması kesilmelidir ve tercihen bütillenmiş

hidroksi-toluen (BHT) gibi bir antioksidan ile oksidasyona karşı korunmalıdır (Pike ve Jackson, 2010).

Çizelge 2.7 Balık Yağlarındaki Başlıca Yağ Asitleri (% Toplam Lipit).

	Capelin (<i>Mallotus villosus</i>)	Norveç Pout (<i>Trisopterus esmarkii</i>)	Uskumru (<i>Scomber scombrus</i>)	Sardalya (<i>Sardina pilchardus</i>)	İstavrit (<i>Trachurus trachurus</i>)	Hamsi (<i>Engraulis spp.</i>)
Miristik 14:0	7	6	8	8	8	9
Palmitik 16:0	10	13	14	18	18	19
Palmitoleik16:1	10	5	7	10	8	9
Oleik 18:1	14	14	13	13	11	13
Eicosenoik 20:1	17	11	12	4	5	5
Ketoleik 22:1	14	12	15	3	8	2
EPA 20:5	8	8	7	18	13	17
DHA 22:6	6	13	8	9	10	9

Şimat ve ark., (2019)'na göre, balık yağının kaynağı taze balık eti ile sınırlı olmayıp, baş, iç organ, iskelet, deri, kan ve kullanılmayan diğer balık parçalarından oluşan balık atıklarından da elde edilebilir. Araştırmacılar tarafından ton balığı yan ürününden ekstrakte edilen balık yağının %30 DHA, %40 EPA, %14 oleik asit, %1 palmitik asit ve %1 erusik asit içerdiği bildirilmiştir.

Balık yağı, talebin çok az olduğu veya hiç olmadığı bütün balık veya kabuklu deniz hayvanlarından yağsız balık karaciğerinden veya balık filetolarının veya balık unu endüstrisi yan ürünlerinden üretilir. Balık yağı üretilen türlerinin çoğunlukla hamsi, somon, ringa balığı, ton balığı, uskumru, sardalya ve menhaden türlerinden oluştuğu belirtilmektedir (Reports ve Data, 2019). Gıda standartları komisyonu kaliteli bir hamsi yağında EPA-DHA toplamının en az %27 olması gerektiğini bildirmiştir (Codex, 2017). Farklı balık kaynaklarından elde edilmiş balık yağlarının yağ asidi içerikleri Çizelge 2.8.'de verilmiştir (Hashim ve ark., 2021).

Çizelge 2.8 Farklı Kaynaklardan Elde Edilen Balık Yağlarının Yağ Asidi İçerikleri.

Balık Yağı Kaynağı	Besinsel Kompozisyonu
Ton Balıklı Göz (Sızma Balık Yağı)	DHA (34.96%), Oleic Acid (16.98%) and Palmitik Asit (%14.50)
Ton Balığı Yan Ürünleri	DHA (30%), EPA (40%), Oleik Asit (14%), Palmitik Asit and Erucic Asit (%1)
Ton balığı ciğeri	Palmitik Asit (%27.79), Oleik Asit (%16.45), DHA (%16.52), EPA (%4.02)
Kalan Hamsi Filetosu	EPA (5.4%), DHA (12.38%), ALA (0.96%), Palmitic Acid (33.55%), Oleic Acid (%23.97)
Sea Squirt	DHA and EPA
Morina Balığı (Ciğer)	DHA and EPA
Kedi Balığı	ALA, EPA, Dihomo-gamma-linoleik Asit, Eicosadienoik Asit and Gamma-linoleik Asit
Somon	Linoleik Asit (8.48 g/100 g–10.20 g/100 g), EPA (7.41 g/100 g–8.88 g/100 g) Docosapentaenoic Acid (3.87 g/100 g–4.30 g/100 g) DHA (7.53 g/100 g–8.90 g/100 g)
Somon (Kafa, deri ve omurga)	EPA + DHA (%16.4–%18.9)
Cobia – Siyah Somon (Ciğer)	Palmitik Asit (%24.5–%26.9), Stearik Asit (%9.9–%11.5), Oleik Asit (%32.2–%33.5), EPA (%4.45–%5.24) ve DHA (%16.0–%19.7).
Ringa Balığı	EPA ve DHA
Hint Uskumru	EPA (%9–%12) ve DHA (%10–%14)
Yılan Balığı	Oleik Asit, palmitik Asit, linoleik Asit, EPA ve DHA
Yılan Balığı	Palmitik Asit arachidonik Asit ve DHA
Sazan Balığı	Kaprik acid (0.42 g/100 g, laurik Asit, myristik Asit (0.71 g/100 g extract), palmitik Asit (12.74 g/100 g extract), linoleik Asit (26.61 g/100 g extract), EPA (0.51 g/100 g extract), DHA (0.95 g/100 g extract) and oleic acid (42.6 g/100 g extract)

Balıkların muhafazası sırasında, yağlarda meydana gelen değişimler ile ilgili pek çok çalışma yapılmıştır. Yüksek otolitik aktiviteye ve çok doymamış yağ asitleri içeriğine sahip balık yağları lipoliz ve oksidasyona karşı oldukça hassastır. Bu nedenle, genellikle yüksek serbest yağ asidi (SYA) içeriği içerirler (Soldo ve ark., 2019).

Serbest yağ asitleri, yağın hidrolizi ile oluşurlar ve yağın organoleptik özelliklerini etkilerler (Ashton ve ark., 2002). Uluslararası Balık Unu ve Yağı Üreticileri Birliği (IFOMA) tarafından kabul edilen ham balık yağı için izin verilen SYA değeri sınırı, oleik asidin %1-7'si (genellikle %2-5) aralığındadır (Bimbo, 1998). Ancak, genel tavsiye, yemeklik yağların SYA değerlerinin % 3'ün altında olması gerektiğidir (Özyurt ve ark., 2013; Soldo ve ark., 2019).

Peroksit (PO) değerinin belirlenmesi; iyodür asidinin epidioksit veya hidroperoksit ile yükseltgenmesinden açığa çıkan iyodun tiosülfatla titre edilmesi prensibine dayanır. Peroksit sayısı 1000 g yağda milimol O₂ olarak ifade edilebildiği gibi miliequivalent gram/kg veya mikrogram/kg olarak da ifade edilebilir (Anonim, 1986; Keskin ve Erkmen, 1987).

PO ölçümleri, lipit oksidasyonunun başlangıç safhalarında meydana gelen hidroperoksitlerin kantitatif olarak belirlenmesine imkân tanıdığı için endüstride standart bir yöntem olarak önerilmektedir (Shahidi ve Zhong,2005).

CODEX Alimentarius Komisyonu (CAC) tarafından (1999), yenilebilir yağlarda PO değeri için 10 meq/kg–1 sınırı verilmiştir. Bununla birlikte, Avrupa farmakopesinde (tıbbi ilaçların dozları, formülleri ve kullanımlarını içeren listelere ait bilgilerin bulunduğu kitap), gıda takviyeleri için kullanılan rafine balık yağlarında PO değerinin 10 meq/kg'ı geçmemesi gerektiği belirtilmektedir (Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA,2010).

EFSA (2010), PO değeri 5-10 meq/kg olan balık yağlarının gıda ürünlerine dahil edilmelerinin uygun olmayacağını, Küresel EPA ve DHA Organizasyonu (GOED, 2008) ise iyi kalitede bir balık yağının PO değerinin 5 meq/kg'ın altında olması gerektiğini vurgulamıştır.

TBA analizi, lipit oksidasyonunun saptanması için kullanılan en yaygın yöntemlerden biridir (Kishida ve ark., 1993; Shahidi ve Wanasundara, 2002). Yöntem, tiyobarbitürik asit (TBA) ve doymamış yağ asitlerinden açığa çıkan oksidasyon ürünlerinin reaksiyona girmesi sonucunda oluşan pembe rengin, 532-535 nm'de absorbansının belirlenmesine dayanır. Reaksiyonda birden fazla ikincil oksidasyon ürünü belirlenebileceğinden, yöntem ikincil ürünlerin toplamını ifade eden TBA reaktif maddeler olarak anılır.

TBA değerinin iyi bir materyalde 3 mg MA/kg'dan az olması gerektiği bildirilmiştir (Schormüller, 1969).

2.3. Balık Yağı Takviyeleri

Sprague ve ark., (2018) Birleşik Krallıkta satılan 23 farklı markaya ait kapsüllenmiş balık yağı ürününü, lipit ve yağ asidi kompozisyonlarının yanı sıra oksidasyon parametreleri açısından da analiz etmişlerdir. Araştırmanın sonucunda, yağ içeriği, üreticinin beyan ettiği seviyenin %91.4'ü ile %118.9'u arasında değiştiği belirlenmiştir. On iki ürünün EPA + DHA içeriğinin, beyan edilenden daha düşük olduğu ve tüm ürünlerin peroksit (PO) ve anisidin değerlerinin farmakopeler tarafından belirlenen değerlerin altında olduğu bulunmuştur (Çizelge 2.9). Öte yandan araştırmacılar, oksidatif parametreler ile etikette eksik tespit edilen EPA + DHA içerikleri arasında herhangi bir ilişki bulunmadığını, dört ürünün PO değerinin endüstri tarafından belirlenen 5 meq O₂/ kg sınırının üzerinde olduğunu, PO değeri ile ürünlerin son kullanma tarihleri ile arasında önemli bir ilişki gözlemlendiğini belirtmişlerdir.

Çizelge 2.9 Üreticinin Etiketinde Belirttiği ile Çalışmada Analiz Edilen Kapsüllemiş Balık Yağı Ürünlerinin Yağ ve EPA + DHA İçeriği.

Yağ kaynağı	Oil content [mgkapsül* ¹]		EPA + DHA [mgkapsül]		Son Kullanma Tarih [Son Kullanma Günü ²]
	Etiketli	Gerçek ³	Etiketli	Gerçek ⁴	
Morina karaciğeri	1000	1007		173	Ağus 2019
Morina karaciğeri	410	409	66	77	Ağus 2019 914
Morina karaciğeri /balık	500	504	93	107	Eylül 2019 944
Morina karaciğeri /balık (gövde)	500	494	93	105	Haz 2019 852
Morina karaciğeri /balık	500	510	93	109	Eylül 2019 944
Morina karaciğeri /balık	1000	992	187	207	Nisan 2019 791
Morina karaciğeri /balık	250	229	46	50	Tem 2018 518
balık /Morina karaciğeri	540	540	124	120	May 2018 457
Morina karaciğeri /balık	1000	967	187	208	Eylül 2019 944
Balık	300	294	75	69	Aralık 2018 671
Balık/Çuha çiçeği	500	469	122	116	Ocak 2019 702
Balık (gövde)	1000	996	250	245	Ekim 2019 974
Balık	1000	1189	260	291	Ekim 2018 610
Balık (gövde)	1000	1018	250	269	Eylül 2019 944
Balık	300	301	73	81	Ağus 2017 184
Balık	1000	977	300	267	Ağu 2019 914
Balık konsantresi/morina	1050	1070	360	326	Ocak 2018 337
Balık konsantresi/morina	1050	1053	360	328	Haz 2017 122
Balık konsantresi/morina	525	532	155	172	May 2018 457
Balık konsantresi/balık	600	597	260	247	Kas 2017 275
Balık konsantresi	1500	1509	450	486	Ekim 2018 610
Balık konsantresi (gövde)	556	562	305	279	Eyl 2018 579
Balık konsantresi	1360	1376	950	905	Ekim 2018 610

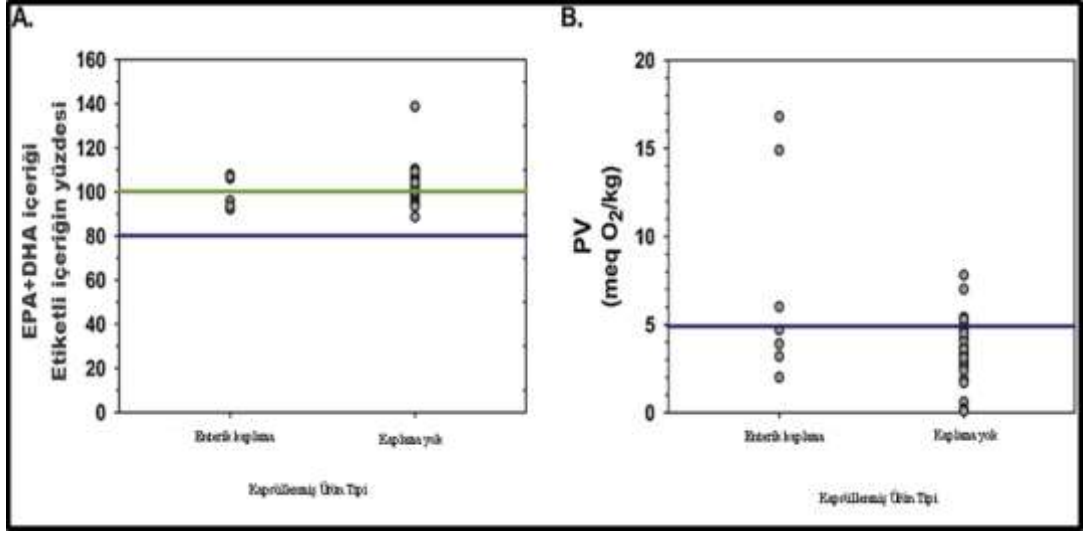
Navigato ve ark., (2021), İtalyan pazarındaki popüler markalardan üç balık yağı takviyesini analiz etmişlerdir. Araştırma sonucunda, 3 nolu balık yağı takviyesi dışında diğer takviyelerin EPA ve DHA içeriklerinin etikette beyan edilen değerlerden daha düşük olduğunu saptamışlardır (Çizelge 2.10). Ayrıca araştırmacılar, 27 ana yağ asitini dikkate aldıklarında, $\Sigma\omega6/\Sigma\omega3$ oranını takviye no. 1 için 0.06, Takviye no 2 için 0.06 ve Takviye no 3 için 0.05 olarak bulmuşlardır. Bu değerlerin, diyetle $\Sigma\omega6/\Sigma\omega3$ oranı için önerilen “1” değerini aşmadığı görülmüştür.

Çizelge 2.10 Analiz Edilen Diyet Takviyelerinin Etiketinde Uygunluk (mg/100 mg yağ) (Navigato ve ark., 2021).

Takviye	EPA			DHA		
	Etiket değeri	Ölçülen değer	%	Etiket değeri	Ölçülen değer	%
Takviye no. 1	40	32.41	81	20	19.68	98
Takviye no. 2	33	25.76	78	22	20.06	91
Takviye no. 3	15	16.68	111	10	12.89	129

Bannenber ve ark., (2020)'nin çalışmasında, ABD pazarında yaygın bir şekilde satılan 48 farklı markaya ait EPA/DHA $\omega3$ yağ asidi gıda takviyeleri, EPA + DHA etiketi beyan uygunluğu ve oksidatif kalite açısından değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, ürünlerin %48'inin mevcut yasal aralıkta olmasına rağmen, etikette beyan edilen EPA+DHA miktarından daha az içerdiği bulunmuştur. Araştırmacılar, kimyasal kalite değerleri ile ürünün son kullanma tarihi arasında bir

korelasyon saptanamadığını ve tüketicilere besin takviyeleri hakkında doğru bilginin sunulabilmesi için, bitmiş ürünlerin kalitesinin değerlendirilmesinin ve raporlanmasının en iyi şekilde yapılmasının önemli olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmada balık yağı kapsüllerinin EPA ve DHA olarak etiket içeriğini karşılama yüzdesi ve peroksit değeri Şekil 2.7’ de gösterilmiştir.



Şekil 2.7 Etiketli İçeriğin Yüzdesi Olarak EPA + DHA (A) ve Peroksit Değerleri (PO, B). Sol, kapsüllenmiş ürünler (n = 34); sağ, sıvı ürünleri (n = 8) göstermektedir. A: Mavi çizgi: etiketli içeriğin %80’i; Yeşil çizgi: etiketli içeriğin %100’ü. B: Mavi çizgi: maksimum limit 5 meq O₂/kg göstermektedir (Bannenber ve ark., 2020).

Karlı (2021), adlı araştırmacının yapmış olduğu çalışmada, Türkiye pazarında satışı yapılan şurup ve kapsül formundaki 15 farklı ticari balık yağı takviyesinin, yağ asidi bileşimi (YA) analiz edilmiş ve bazı kalite indeksleri değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda elde edilen verilere göre, balık yağı takviyelerinde EPA içeriğinin %3.51 ile %20.51 arasında, DHA içeriğinin ise %3.28 ile %52.42 arasında değiştiği saptanmıştır. Araştırmacı, EPA için etiket beyanının, incelenen ürünler için makul bir doğruluk sunduğunu ancak bazı takviyelerin DHA düzeylerinin etiketlerde belirtilen beyanlardan önemli ölçüde farklılık gösterdiğini gözlemlemiştir. Çalışmanın sonucunda, Türkiye perakende pazarındaki balık yağı kapsüllerinin EPA ve DHA seviyelerinin, balık yağı şuruplarına kıyasla iddia edilen etiket içerikleriyle daha tutarlı olduğu kaydedilmiştir.

Chee ve ark., (1990) Amerika Birleşik Devletleri’nin Boston eyaletinde satılan ve morina karaciğeri yağı içeren 8 farklı balık yağı kapsülünün yağ asidi, kolesterol ve

A ve E vitamin içeriğini değerlendirmiştir. Çalışmaya göre; test edilen balık yağı kapsüllerinin etiketlerindeki EPA ve DHA miktarları sırasıyla 180-360 mg/gr ve 120-200 mg/gr arasında değişirken, analiz sonucunda bulunan değerlerin 140-264 mg/gr ve 90-174 mg/gr arasında değiştiği saptanmıştır. Buna göre, tüm gruplarda etiket değerlerinden daha düşük EPA bulunurken, DHA'nın ise balık yağlarının %75'nin etikette belirtilen değerlerden daha düşük olduğu saptanmıştır.

Srigley ve Rader (2014), yapmış oldukları çalışmada Amerika Birleşik Devletleri'nde ticari olarak temin edilebilen 46 farklı ω 3 balık yağı takviyesindeki yağ asitlerinin içeriğini ve bileşimini araştırmıştır. Araştırma sonucunda test edilen balık yağı kapsüllerinin %80'ninden fazlasının EPA ve DHA içeriklerine sahip olduğu bulunmuştur. Buna karşılık ürünlerin 6 adedinin etiket beyanını karşılayamadığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, EPA ve DHA içeriği bakımından 46 adet balık yağının, sadece 11'inin (%24) Gıda ve İlaç Dairesi'nin kriterlerine göre nitelikli ve sağlıklı olduğu beyan edilmiştir.

Ako ve ark., (1994) tarafından yapılan çalışmada, Hawaii'de eczanelerde satılan 7 farklı balık yağı kapsüllerinin ω 3 yağ asidi düzeyleri belirlenmiştir. Araştırmacılar, ticari olarak temin edilebilen balık yağı kapsüllerinde iddia edilen ve gerçek ω 3 yağ asidi seviyeleri arasında önemli bir fark olduğunu tespit etmişlerdir (Çizelge 2.11).

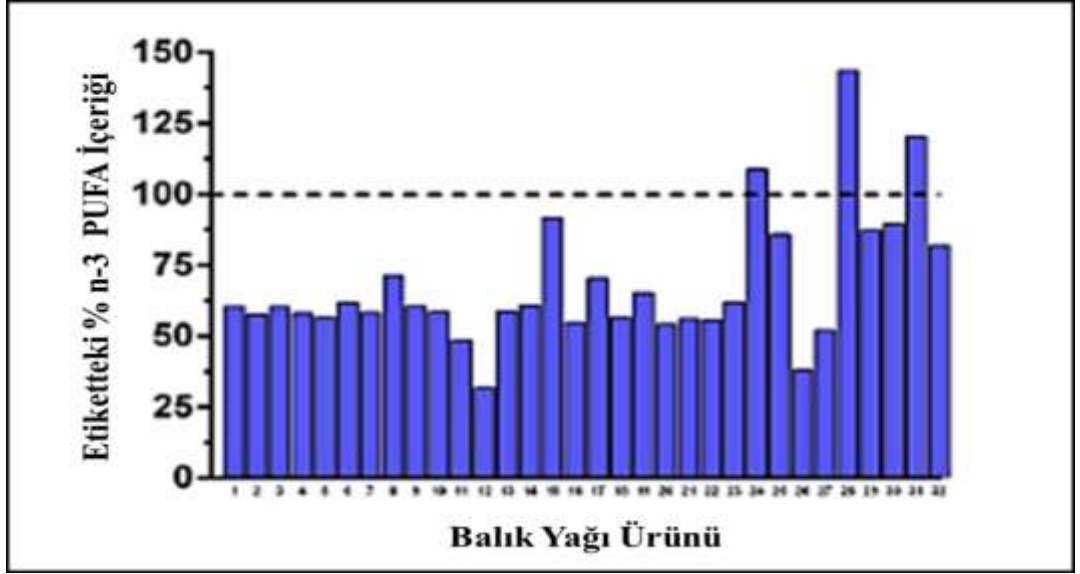
Çizelge 2.11 Balık Yağı Kapsüllerinde ω 3 Yağ Asidi Seviyeleri (g kapsül başına).

	Etiket değeri	Analiz edilen	Önerilen günlük doz
EPA Artı	0.300	0.305	3-6
Promega	0.307	0.196	6-9
Omega-3/ Süper EPA	0.300	0.333	3
ProEPA	0.300	0.143	3-6
Omega3	0.300	0.097	3-6
Morina karaciğeri	0.070	0.150	2
Norveç morina karaciğeri	0.067-0.083	0.040	1-6

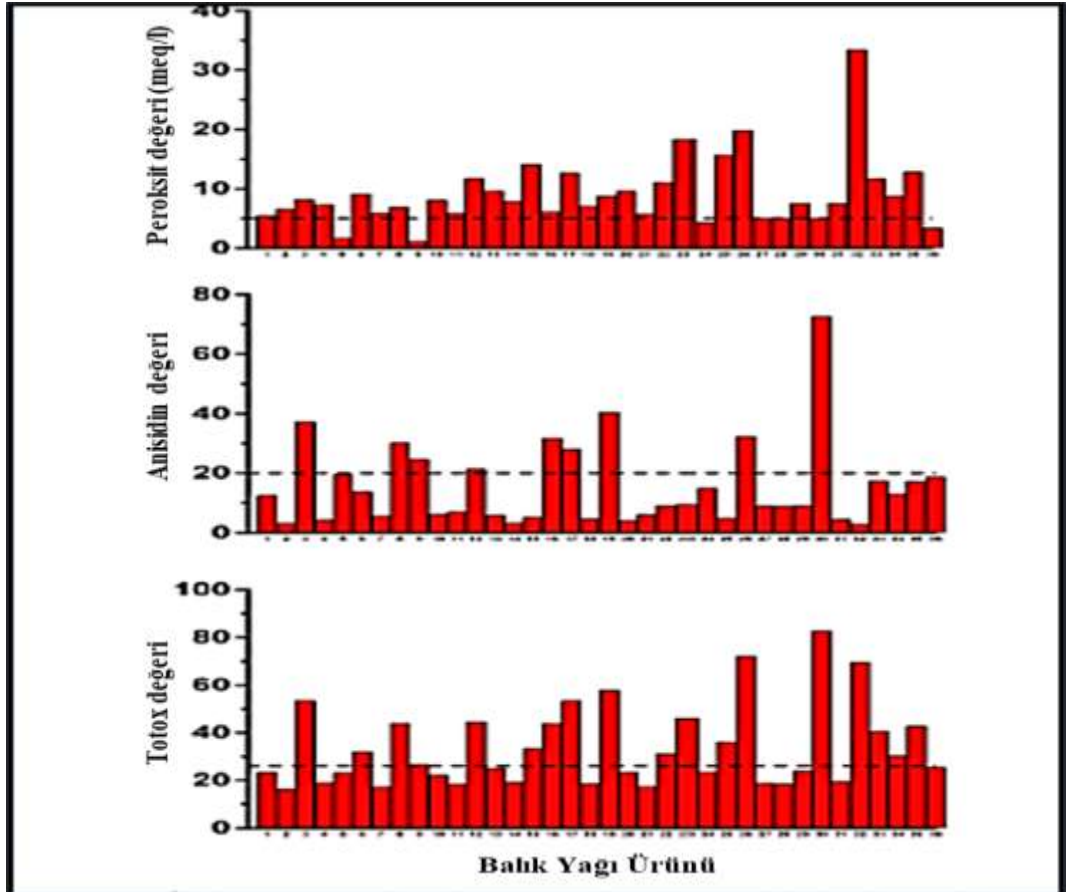
Opperman ve ark., (2011) tarafından Güney Afrika pazarında ticari olarak mevcut 45 adet denizel kaynaklı balık yağı takviyelerinin yağ asidi kompozisyonları test edilmiştir. Araştırmanın sonucunda, ω 3 takviyelerinin yarısından fazlasının, ürün etiketlerinde belirtildiği iddia edilen EPA ve/veya DHA içeriğinin \leq %89'unu içerdiği bulunmuştur. Ayrıca lipit oksidasyon ürünü olarak, incelenen balık yağı takviyelerinin, ticari olarak satılan bitkisel yağlardan (3 aylık) daha yüksek konjuge dien (CD) seviyeleri içerdiği saptanmıştır.

Ahmed ve ark., (2011) ticari olarak temin edilebilen balık yağı kapsüllerindeki yağ asitleri kompozisyonu ve tokoferollerin içeriğini değerlendirmiş ve bu yağlarda oksidasyonun bir göstergesi olarak tiyobarbitürik asit reaktif maddelerini (TBARS) analiz etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda elde edilen veriler, EPA (%6.5-40.9), DHA (%8.1-26.4), α -tokoferol (117-10282 μ g/g), γ -tokoferol (406-2352 μ g/g) ve δ -tokoferol (127-978 μ g/g) düzeylerinde büyük farklılıklar bulunduğunu göstermiştir. Lipit oksidasyonu bakımından tüm kapsüllerde, malondialdehit miktarının çok düşük seviyelerde bulunduğu ve bunun da başarılı bir oksidasyon koruma stratejisinin olduğunu gösterdiğini belirtmişlerdir.

Albert ve ark., (2015) tarafından, Yeni Zelanda'da pazarlanan kapsüllenmiş balık yağı takviyelerinin yağ asidi içeriği, Peroksit (PO) ve anisidin değerleri (AV) ölçülmüş ve toplam oksidasyon değerleri (Totox) hesaplanmıştır. Araştırmacılar çalışmanın sonucunda, 32 adet balık yağı takviyesinden sadece 3'ünün etiketli içeriğe eşit veya daha yüksek miktarlarda EPA ve DHA içerdiğini ve takviyelerin büyük çoğunluğunun, önerilen oksidasyon limitleri bakımından, %83'ünün PO seviyelerini, %25'inin AV eşiklerini ve %50'sinin Totox seviyelerini aştığını saptamışlardır (Şekil 2.8).

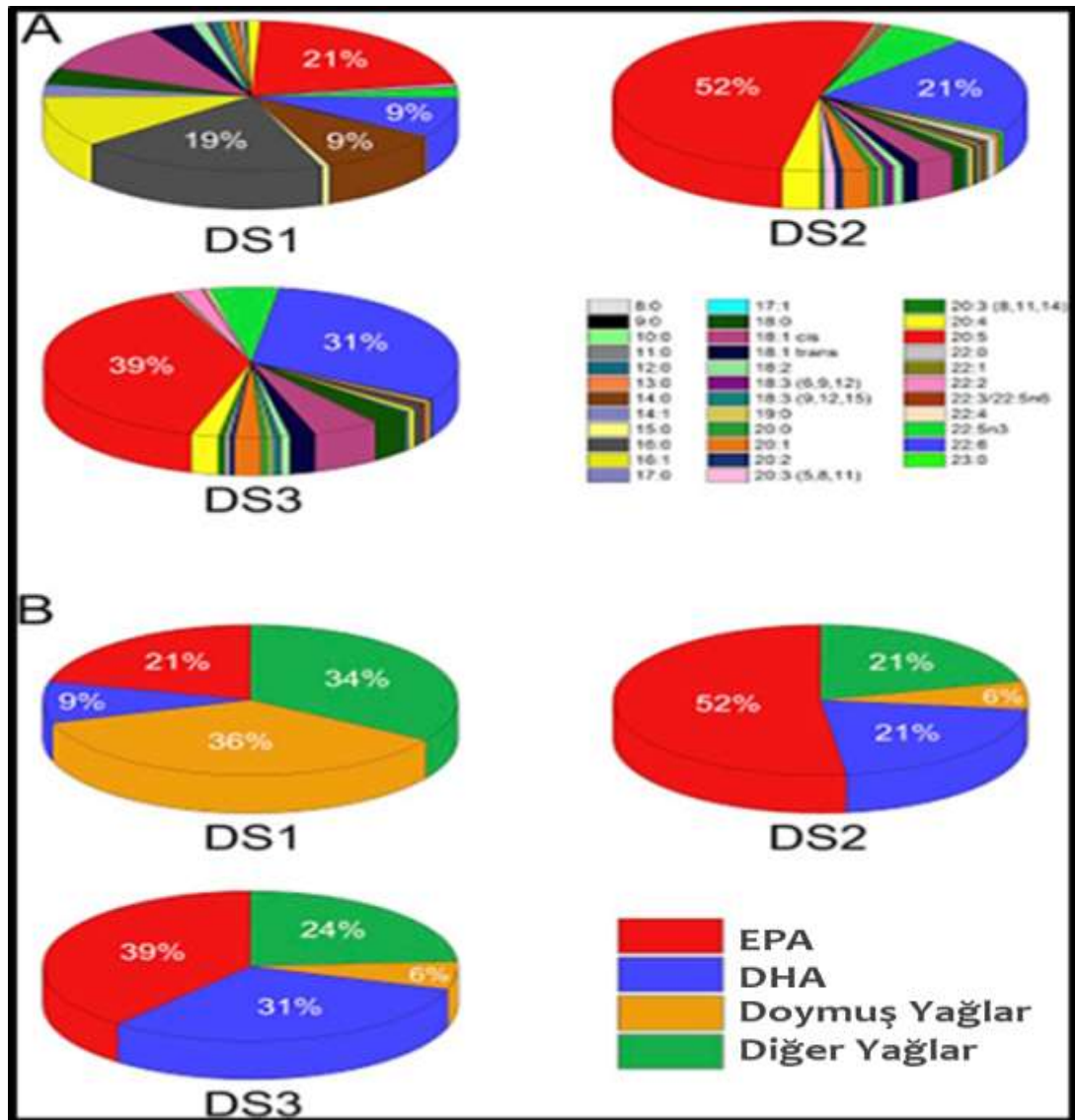


Şekil 2.8 İçeriğinde Bulunan Gerçek ω 3 ÇDYA İçeriği (EPA 1 DHA) İddia Edilen İçerikle İlgili Bireysel Perakende Balık Yağı Ürünleri (noktalı çizgi).

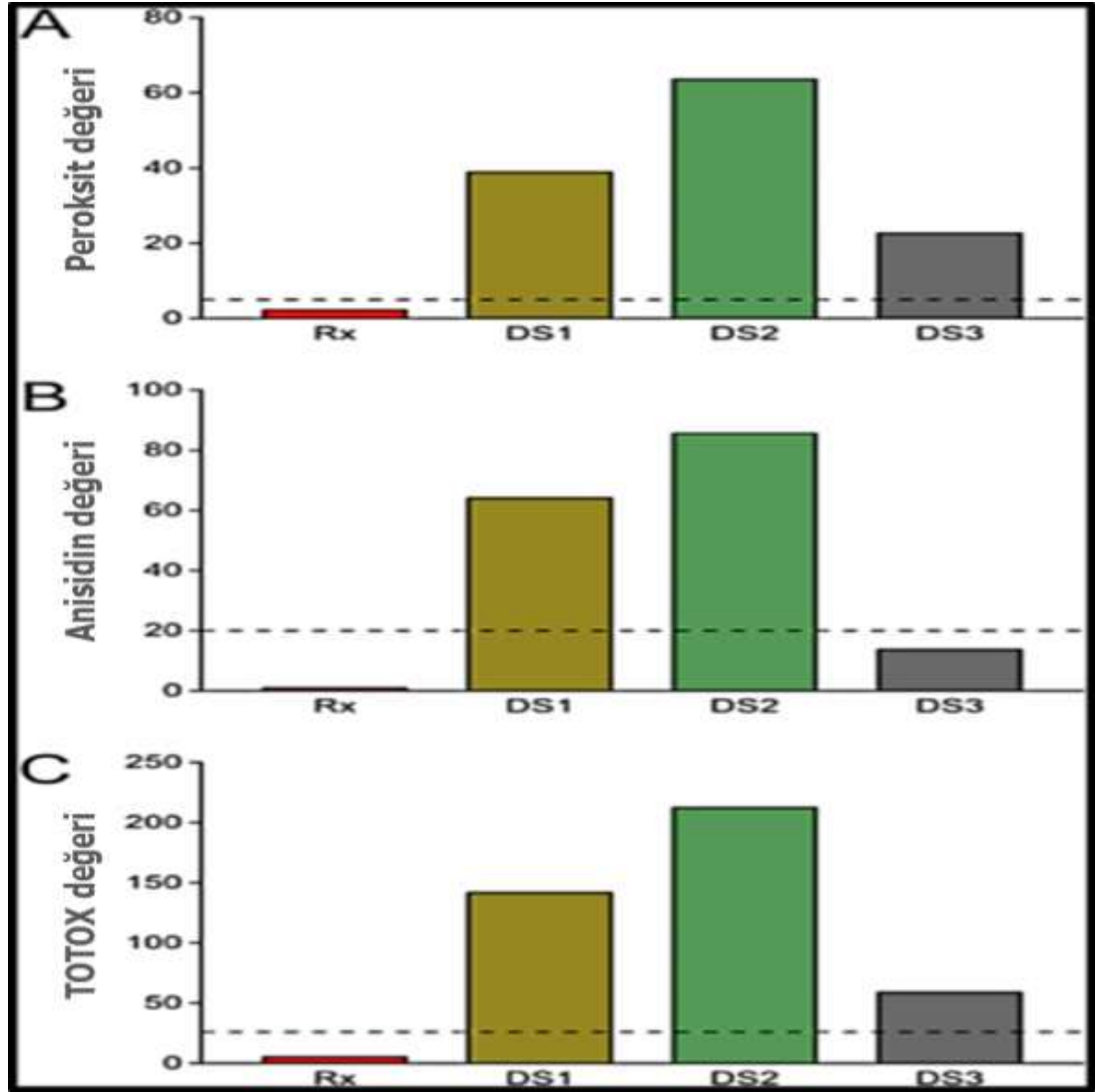


Şekil 2.9 Perakende Balık Yağında Oksidasyon Belirteçlerinin İçeriği Test Edilmiş Önerilen Uluslararası Eşiklerle (noktalı çizgiler) İlişki.

Mason ve Sherratt (2017), adlı araştırmacılar, Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan balık yağı takviyelerinin yağ asidi içeriğini ve oksidasyon ürünlerini değerlendirmiştir. Çalışmada, incelenen balık yağı takviyelerinin toplam yağ asidi içeriğinin %36'sını oluşturan 10 ila 14 farklı doymuş yağ asidi olmak üzere 30'dan fazla farklı yağ asidi içerdiği bulunmuştur. ω 3 yağ asidi seviyelerinin balık yağı takviyeleri arasında %33 ile %79 arasında değiştiği (Şekil 2.9.) ve birincil (peroksit), ikincil (anisidin) ve toplam oksidasyon ürünlerinin, uluslararası kalite standartları tarafından belirlenen maksimum seviyeleri aştığı sadece reçeteli ω 3 yağ asidinde standartlar arasında kaldığı saptanmıştır (Şekil 2.10).



Şekil 2.10 En Çok Satan (ABD'nde) Üç Farklı Balık Yağı Takviyesinin (DS1, DS2 ve DS3) Yağ Asidi İçeriği.



Şekil 2.11 En Çok Satan ABD’de Üç Balık Yağı Gıda Takviyesinin (DS1, DS2, DS3), Reçeteli Ürünün Oksidasyon Ürünleri (Rx). Her paneldeki kesikli çizgiler, her bir belirteç için önerilen uluslararası eşikleri temsil eder (ABD Sorumlu Beslenme Konseyi tarafından önerilenler dahil). DS, Gıda takviyesi; Rx, reçete.

Jackowski ve ark., (2015) Kanada’da ticari olarak satılan 171 adet ω 3 ÇDYA besin takviyelerinin oksidasyon durumunu ve ürün formülasyonunu değerlendirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda, ürünlerin %50’sinin, oksidasyon kriterlerini aştığı ve ürünlerin bir diğer %18’inde son kullanma tarihinden 1 ile 3 yıl önce limitlere yaklaştığı tespit edilmiştir. Araştırmacılar, aroma katkı maddesi içermeyen kapsüllenmiş gıda takviyelerinin aromalı ürünlerden önemli ölçüde daha düşük ikincil oksidasyon ürünlerine ve TOTOX seviyelerine sahip olduğunu bulmuşlardır. İncelenen balık yağı takviyelerindeki çocuk ürünlerinin ise, diğer tüm ürünlere kıyasla önemli ölçüde daha yüksek birincil, ikincil ve TOTOX seviyelerine sahip olduğu

belirlenmiştir. Ayrıca elde edilen bu verilere göre araştırmacılar, tüketicilerin, daha yüksek seviyelerde oksidatif ürünlere maruz kalma riski altında olabildiğini ve bu nedenle besin takviyesi olarak kullanılan tüm $\omega 3$ ÇDYA ürünlerinin formülasyonu veya dağıtım şekli ne olursa olsun oksidatif güvenlik ve uygunluk açısından test edilebilmesini sağlamak için yeni yasal zorunluluklar getirilmesinin gerekli olduğunu öne sürmüşlerdir.

Bannenber ve ark., (2017) Yeni Zelanda pazarında bulunan kırk yedi balık yağı takviyesini, EPA ve DHA içeriğinin yanı sıra oksidatif bakımdan değerlendirmişlerdir. Araştırmada test edilen ürünlerin sırasıyla; peroksit Değeri (PO), para-Anisidin Değeri (p-AV) ve TOTOX için %72'si, %86'sı ve %77'si endüstri tarafından belirlenen maksimum sınırları aşmadığı ve ürünlerin %91'inin etiketlerdeki EPA/DHA içeriğine uygun olduğu bulunmuştur (Çizelge 2.12).

Çizelge 2.12 Ürünlerde Oksidatif Kalite ve EPA/DHA İçeriği Değerlerinin Karşılaştırılması

Parametre	Oksidatif durum için GOED kalite kriterine uyan test edilmiş ürünlerin yüzdesi (PV maks. 5 meq O ₂ /kg; p-AV maks. 20; TOTOX maks. 26) ve etiketli EPA artı DHA içeriğine bağlı kalan test edilmiş ürünlerin yüzdesi. (*sadece tatlandırılmamış balık yağları için)	
	Şu anki çalışma (n = 47)	Albert ve ark., (n = 36)
PV	72%	17%
p-AV	86%*	75%
TOTOX	77%*	50%
EPA+DHA etiket iddiasına içerik uyumu	91%	9%

Nichols ve ark., (2016) tarafından, Avustralya ve Yeni Zelanda'da yaygın olarak kullanılan balık yağı kapsülleri, yağ asidi kompozisyonu ve lipit kalitesi bakımından incelenmiştir. Araştırma bulgularında, toplam $\omega 3$ içeriği ve toplam EPA+DHA içeriği bakımından etikette bildirilen değerleri karşıladığı (ortalama %109'u (%99–%119)) ve benzer şekilde 10 ürünün tamamının (%100) uluslararası örgütler tarafından tavsiye edilen PO seviyesinde olduğu bulunmuştur.

Özyurt ve ark., (2013) tarafından, Türkiye perakende pazarında bulunan balık yağı ve şuruplarının yağ asidi bileşimi ve oksidatif stabilitesi incelemiştir. Araştırmacılar, kapsüller ve şuruplardaki başlıca doymuş yağ asitlerinin, palmitik asit (16: 0) ve stearik asitten (18: 0) oluştuğunu bulmuşlardır. Balık yağı ürünlerinin tek doymamış yağ asidi içeriklerinde ise çok farklı sonuçlara sahip olduğu belirlenmiştir (%10.71–50.46) (Çizelge 2.13).

Çizelge 2.13 Araştırmada Değerlendirilen Balık Yağı Kapsüllerinin Yağ Asidi İçerikleri.

Yağ asidi toplam yağ asitleri%'si	Kapsül 1	Kapsül 2	Kapsül 3	Kapsül 4	Kapsül 5
C14:0	0.24 ± 0.01	7.49 ± 0.00	6.81 ± 0.05	0.22 ± 0.04	1.92 ± 0.04
C16:0	2.07 ± 0.06	17.13 ± 0.01	16.32 ± 0.08	1.87 ± 0.50	10.68 ± 0.24
C17:0	0.06 ± 0.00	0.3 ± 0.00	1.52 ± 0.01	0.11 ± 0.01	0.3 ± 0.02
C18:0	4.86 ± 0.00	3.49 ± 0.13	3.41 ± 0.02	2.64 ± 0.85	3.89 ± 0.06
C20:0	0.51 ± 0.01	0.41 ± 0.01	0.21 ± 0.00	0.40 ± 0.11	0.84 ± 0.16
C22:0	2.76 ± 0.01	-	0.16 ± 0.00	2.47 ± 0.03	-
C23:0	0.64 ± 0.01	0.26 ± 0.01	0.28 ± 0.01	0.55 ± 0.03	-
<i>ΣSFA</i>	<i>11.14 ± 0.08</i>	<i>29.08 ± 0.13</i>	<i>28.71 ± 0.05</i>	<i>8.26 ± 1.95</i>	<i>17.63 ± 0.16</i>
C16:1	0.29 ± 0.01	8.28 ± 0.00	9.25 ± 0.01	1.09 ± 0.35	2.51 ± 0.09
C17:1	0.16 ± 0.00	0.31 ± 0.00	0.26 ± 0.00	-	0.43 ± 0.03
C18:1 n9	7.09 ± 0.00	9.94 ± 0.14	8.89 ± 0.02	4.82 ± 1.56	25.69 ± 0.66
C18:1n7	2.99 ± 0.19	2.99 ± 0.23	3.56 ± 0.06	2.19 ± 0.02	-
C20:1	0.14 ± 0.00	0.19 ± 0.00	0.07 ± 0.00	2.10 ± 0.13	0.19 ± 0.00
C22:1n9	0.04 ± 0.00	1.81 ± 0.02	0.69 ± 0.01	0.93 ± 0.23	0.18 ± 0.02
<i>ΣTDYA</i>	<i>10.71 ± 0.19</i>	<i>23.52 ± 0.39</i>	<i>22.93 ± 0.11</i>	<i>11.13 ± 1.33</i>	<i>29.00 ± 0.51</i>
C18:2n6	1.22 ± 0.21	1.15 ± 0.00	1.86 ± 0.01	3.49 ± 0.23	41.24 ± 0.59
C18:3n6	0.23 ± 0.02	0.11 ± 0.01	0.11 ± 0.01	0.7 ± 0.01	0.08 ± 0.00
C18:3n3	1.9 ± 0.04	1.89 ± 0.01	2.76 ± 0.01	1.63 ± 0.09	0.55 ± 0.02
C20:2	2.05 ± 0.02	1.37 ± 0.00	1.22 ± 0.00	0.17 ± 0.01	0.25 ± 0.01
C20:3 n6	0.27 ± 0.01	0.06 ± 0.00	0.07 ± 0.00	1.72 ± 0.49	0.05 ± 0.00
C20:3 n3	1.89 ± 0.01	0.64 ± 0.00	0.82 ± 0.01	1.01 ± 0.24	0.29 ± 0.01
C20:5n3	33.24 ± 0.60	17.71 ± 0.05	17.69 ± 0.04	32.77 ± 0.45	4.06 ± 0.29
C22:5n3	3.53 ± 0.04	2.00 ± 0.01	1.48 ± 0.70	2.18 ± 0.19	-
C22:2	1.45 ± 0.00	0.58 ± 0.00	0.19 ± 0.00	0.62 ± 0.16	-
C22:6 n3	22.25 ± 0.52	9.71 ± 0.71	10.97 ± 0.13	20.30 ± 1.17	1.92 ± 0.42
<i>ΣÇDYA</i>	<i>68.03 ± 0.84</i>	<i>35.22 ± 0.63</i>	<i>37.17 ± 0.52</i>	<i>64.59 ± 1.82</i>	<i>48.44 ± 0.18</i>
<i>Σn3</i>	<i>62.81 ± 1.12</i>	<i>31.95 ± 0.64</i>	<i>33.7 ± 0.52</i>	<i>57.89 ± 1.66</i>	<i>6.82 ± 0.75</i>

Aynı araştırmada, toplam ω3, EPA ve DHA bakımından etiket iddialarının makul bir doğruluk sunduğunu, ancak sonuçların bazılarının etiketlerle karşılaştırıldığında önemli farklılıklar gösterdiğini kaydetmişlerdir (Çizelge 2.14).

Çizelge 2.14 Perakende Balık Yağı Kapsüllerinde Toplam ω3, EPA ve DHA'nın İddia Edilen ve Deneysel İçeriği ve Çalışmada Değerlendirilen Şuruplar (S).

Numuneler	Ürün tipi	Fiyat	ÇDYA etiketi iddialarının seviyesi, %			GC tarafından belirlenen ÇDYA seviyesi, %		
			Toplam n3	EPA	DHA	Total n3	EPA	DHA
Kapsül 1	Balık vücut yağı	10.89	60	33	22	62.81 ± 1.12	33.24 ± 0.60	22.25 ± 0.52
Kapsül 2	Balık vücut yağı	17.33	34	18	12	31.95 ± 0.64	17.71 ± 0.05	9.71 ± 0.71
Kapsül 3	Somon vücut yağı	5.69	35	18	12	33.7 ± 0.52	17.69 ± 0.04	10.97 ± 0.13
Kapsül 4	Balık vücut yağı	13.61	60	30	20	57.89 ± 1.66	32.77 ± 0.45	19.79 ± 1.87
Kapsül 5	Tanımlanmamış	2.04	n.c.	n.c.	n.c.	6.82 ± 0.75	4.06 ± 0.29	1.92 ± 0.42

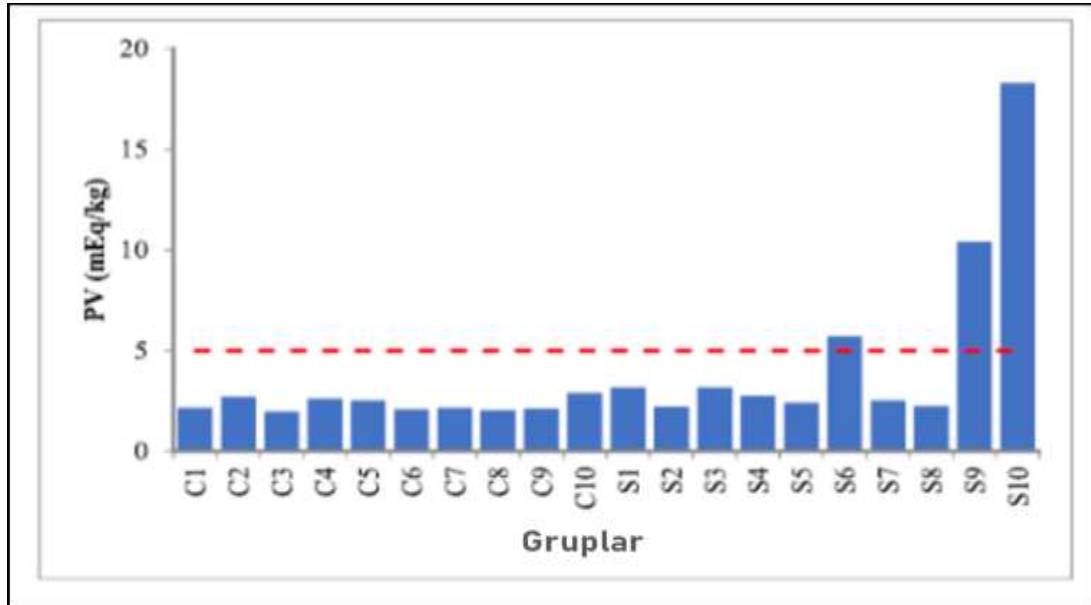
Ayrıca, balık yağı ürünlerindeki serbest yağ asidi seviyesinin (oleik asidin %0.13-1.95'i) genellikle düşük olduğu, peroksit değerinin (5.36–8.90 meq kg-1) ise tüm balık yağı kapsüllerinde Codex'te (1999) belirtildiği gibi yemeklik yağ için 10 meq kg-1 yağ sınırının altında olduğu ve p-Anisidin değerinin balık yağı şuruplarından (21.86–26.74) oldukça düşük olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar, değerlendirilen balık yağı kapsüllerinin totoks değerinin (7.08-17.35) kabul edilebilir sınırlar içinde

olduğunu bununla birlikte, balık yağı şuruplarının (34.72–38.06), kabul edilebilir üst sınırı (26) oldukça aştığını saptamışlardır (Çizelge 2.15).

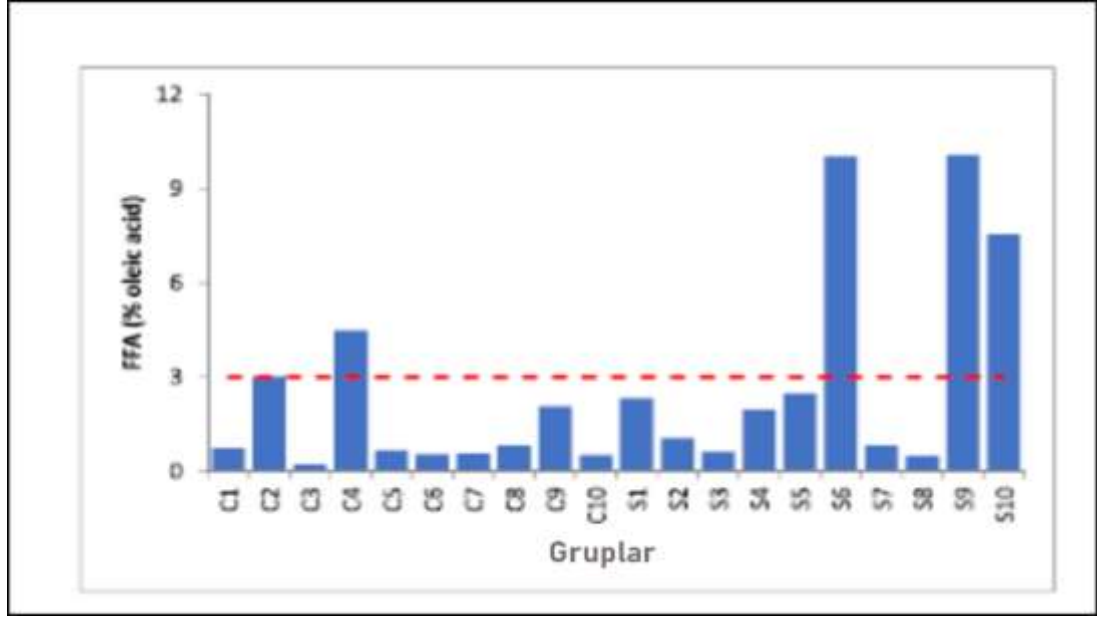
Çizelge 2.15 Çalışmada Değerlendirilen Balık Yağı Kapsüllerinin Serbest TotoksYağ Asitleri (SYA, oleik asitin %'si), Peroksit Değeri (PO, meq/kg yağ), ve p-Anisidin Değeri (AV).

Kapsül	Totox değeri	p-Anisidine	SYA	PO
Kapsül 1	15.89	7.87 ± 0.25	0.25± 0.03	4.01 ± 0.14
Kapsül 2	7.08	5.36 ± 0.07	1.46± 0.07	0.86 ± 0.09
Kapsül 3	10.72	8.90 ± 0.48	0.34± 0.06	0.91 ± 0.33
Kapsül 4	14.97	5.53 ± 0.86	0.18± 0.08	4.72 ± 0.92
Kapsül 5	17.35	8.71 ± 0.69	0.91± 0.28	4.32 ± 0.58

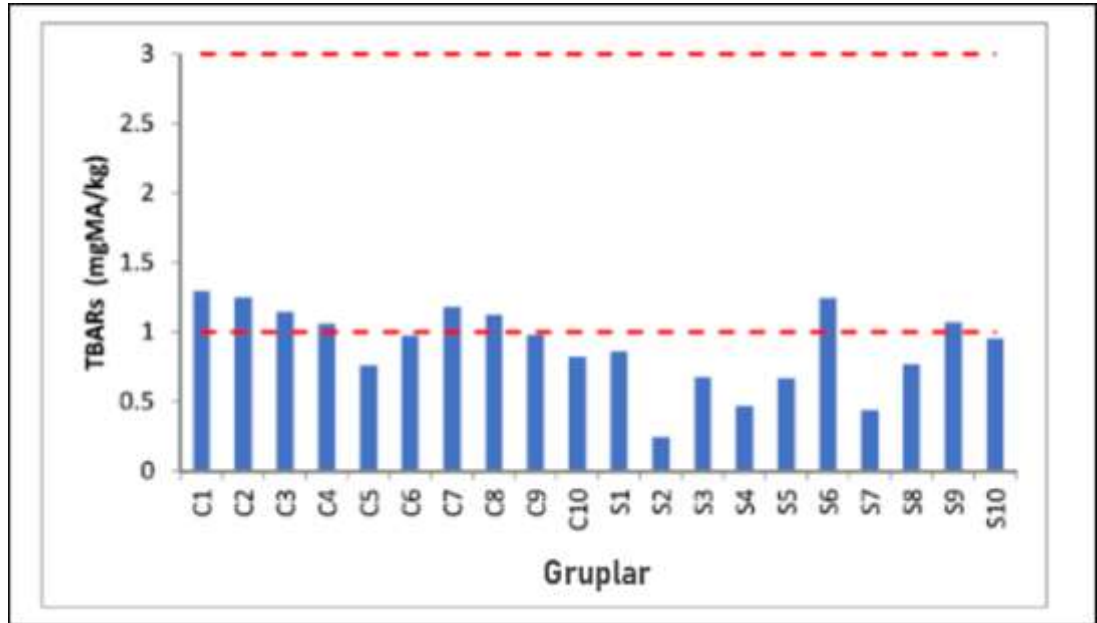
Özyurt ve ark., (2022) yapmış oldukları bir çalışmada, Türkiye’de en çok satan balık yağı gıda takviyelerinin yağ asidi bileşimi ve oksidatif nitelikleri değerlendirilmiştir. Araştırmanın sonucunda, incelenen örneklerde kapsül gruplarının genel olarak şurup gruplarına göre daha zengin EPA ve DHA içeriğine sahip olduğu bulunmuştur. Ayrıca balık yağı kapsüllerinin ve şuruplarının peroksit değerleri (PO) sırasıyla 1.97–2.89 mEq/kg ve 2.22–18.30 mEq/kg aralığında; serbest yağ asitleri (SYA) değerleri 4 grupta yüksek kaliteli yağlar için önerilen %3 oleik asit sınırının üzerinde olduğu ve bununla birlikte tüm gruplarda tiyobarbitürik asit reaktif madde (TBAR) değerleri 1 mg MA/kg’ın altında bulunduğu saptanmıştır (Şekil 2.12) (Şekil 2.13)(Şekil 2.14).



Şekil 2.12 Peroksit Karşılaştırması Balık Yağı Kapsüllerinin Değerleri ve Önerilenlere Karşı Şuruplar Standart Değer (kesikli çizgi, $\omega=3$)



Şekil 2.13 Balık Yağı Kapsülleri ve Şuruplarının SYA Değerlerinin Karşılaştırılması Önerilen Standart Değere Karşı (kesik çizgi, $\omega=3$)



Şekil 2.14 TBAR'ların Karşılaştırılması Balık Yağı Kapsüllerinin Değerleri ve Önerilenlere Karşı Şuruplar Standart Değer (kesikli çizgi, $\omega=3$).

2.4. Balık Yağlarının İnsan Sağlığına Faydaları

2.4.1. Kalp ve Damar Sağlığı

Hill ve ark., (2007)'nin yapmış oldukları bir çalışmada, yüksek tansiyon, kolesterol veya triaçilgliserollerini yüksek olan olan obez gönüllülere [vücut kitle indeksi (BMI; kg/m^2 olarak) >25] aşağıdaki müdahalelerden birine rastgele atanmıştır: balık yağı, balık yağı ve egzersiz, ayçiçek yağı (kontrol) veya ayçiçek yağı

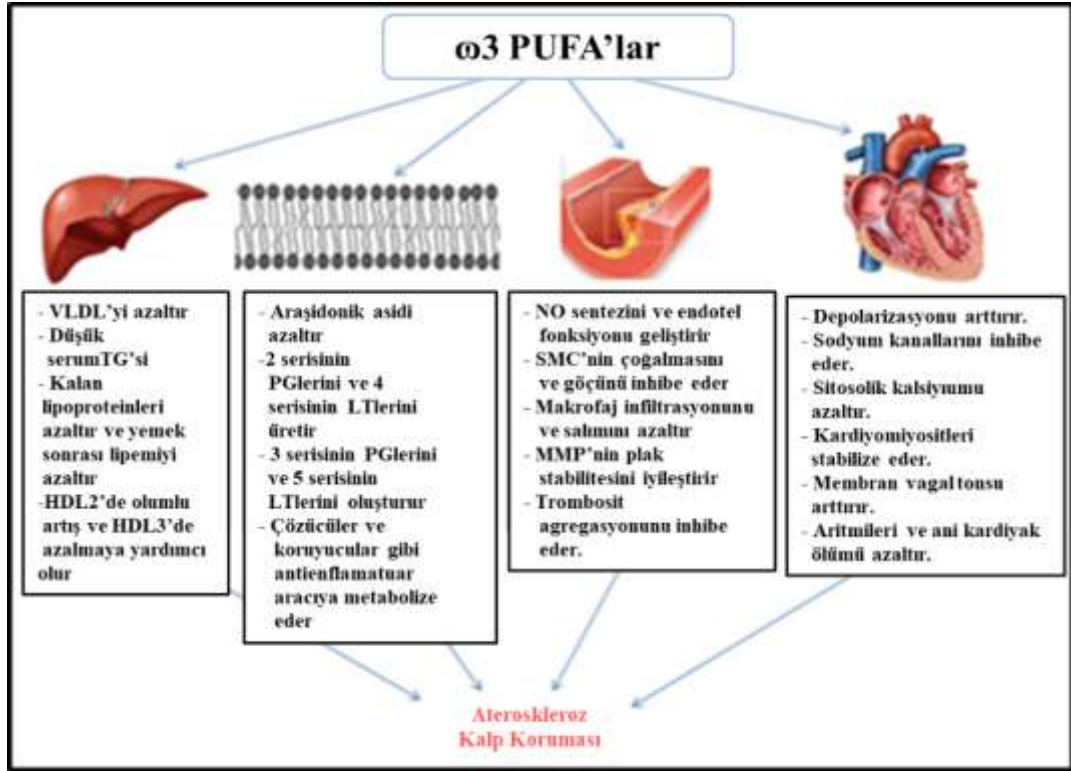
ve egzersiz. Denekler 6 g ton balığı yağı /gün ($\approx 1,9$ g $\omega 3$ YA) veya 6 g ayçiçek yağı /gün tüketmiştir. Egzersiz grupları, yaşa göre tahmin edilen %75 maksimum kalp hızında 45 dakika boyunca haftada 3 gün yürümüşlerdir. Araştırma sonucunda, balık yağı takviyeleri ve düzenli egzersizin hem vücut yağını azalttığı hem de kardiyovasküler ve metabolik sağlığı iyileştirdiği bulunmuştur. Araştırmacılar, artan $\omega 3$ yağ asidi alımının, vücut kompozisyonunu iyileştirmede ve kardiyovasküler hastalık riskini azaltmada egzersiz programlarına yardımcı olabileceğini öne sürmüşlerdir.

Skulas-Ray ve ark., (2019) Amerika Birleşik Devletleri'nde hipertrigliserideminin (200-499 mg/dL trigliserit) yaygın olduğunu bildirmişlerdir. Amerikan Kalp Derneği, 2002 yılında trigliseritleri azaltmak için hastalara günde 2-4 g/gün arasında EPA ve DHA kullanımını önermiştir. Bu tarihten itibaren, kanda çok yüksek düzeyde trigliserit içeren hastaların tedavisi için, ABD Gıda ve İlaç Kurumu tarafından onaylanmış yalnızca EPA+DHA veya EPA içeren reçeteli takviyeler kullanılmıştır. Bu amaçla araştırmacılar, $\omega 3$ yağ asidi takviyelerinin (4 g/gün toplam EPA+DHA) hipertrigliseridemi olan hastalarda aterosklerotik (damar sertliği) ve kardiyovasküler hastalık riskini iyileştirmede, %25'lik bir azalma sağladığını tespit etmişlerdir.

Tummala ve ark., (2019) bilinen kardiyovasküler hastalığı ve kardiyovasküler risk faktörleri olan diyabetli hastalarda, saflaştırılmış $\omega 3$ yağ asidi esterlerinin (etil eikosapentaenoik asit (E-EPA) ve ikosapent etil (IPE)) kullanımının trigliserit düzeyleri ve kardiyovasküler olaylarda azalmaya sebep olduğunu tespit etmişlerdir.

Yağlı balıklar ve ticari olarak temin edilebilen balık yağı takviyeleri, uzun zincirli $\omega 3$ çok doymamış yağ asitleri olan EPA ve DHA bakımından oldukça zengindirler. Gıda ile birlikte alınan bu yağ asitleri, vücutta özellikle kalp ve beyindeki hücre zarı fosfolipitlerinin yapısına girmektedirler. Erken epidemiyolojik çalışmalar, balık tüketimi ile koroner kalp hastalığı riski arasında ters bir ilişki olduğunu ve deniz kaynaklı yağ asitlerinin kardiyoprotektif rolünün tanımlanmasına yol açtığını göstermiştir. Birçok deneysel çalışmanın ve bazı klinik araştırmaların sonucunda, ateroskleroz, miyokard enfarktüsü, kalp yetmezliği, aritmiler ve inme insidansının ilerlemesini azaltmada balık yağı takviyesinin faydalarının gösterildiği ve olası mekanizmalar arasında trigliseritlerde azalma, membran akışkanlığında değişiklik,

kardiyak iyon kanallarının modülasyonu ve anti-inflamatuar, anti-trombotik ve anti-aritmik etkilerin yer aldığı belirtilmiştir (Şekil 2.15). Ayrıca araştırmacılar, mevcut yönergelerin, yetişkinlerde haftada bir ila iki porsiyon yağlı balık veya günlük balık yağı takviyesi (günde yaklaşık 1g $\omega 3$ çok doymamış yağ asidi) tüketiminin önerildiğini belirtmişlerdir (Goel ve ark., 2018).



Şekil 2.15 $\omega 3$ 'ün Kalp Sağlığına Etkileri (Goel ve ark., 2018).

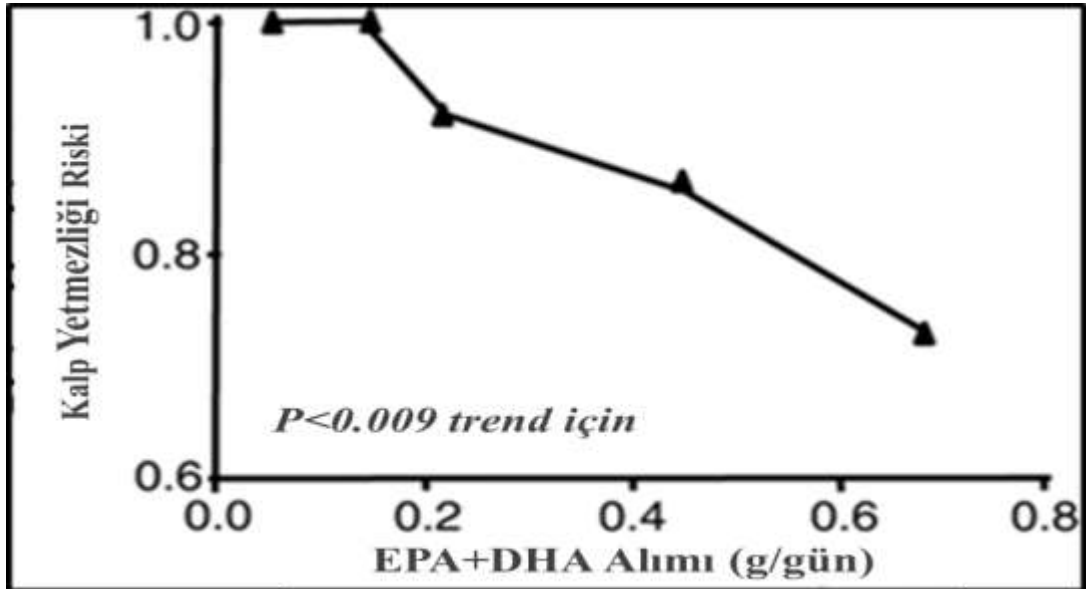
Yokoyama ve ark., (2007) tarafından, 1996 ve 1999 yılları arasında Japonya'da toplam kolesterolü 6.5 mmol/L veya daha yüksek olan 18 645 hastayla, günde 1800 mg EPA (statinle birlikte) veya sadece statin verilerek 5 yıllık bir takip yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda, günde 1800 mg'lık EPA tüketiminin, Japon hiperkolesterolemik hastalarda majör koroner olayların ve özellikle ölümcül olmayan koroner olayların önlenmesi için umut verici bir tedavi olduğu öne sürülmüştür.

Heydari ve ark., (2016)'nın, randomize klinik çalışmasında, akut miyokard enfarktüsü ile başvuran katılımcılara rastgele 1:1 ila 6 aylık sürede, plasebo kontrollü yüksek doz $\omega 3$ yağ asitleri verilmiştir. Çalışmada, başlangıçta ve çalışma tedavisinden sonra kardiyak yapı ve doku özelliklerini değerlendirmek için kardiyak manyetik rezonans görüntüleme kullanılmıştır. Araştırmanın sonucunda akut miyokard enfarktüslü hastaların, olumsuz sol ventrikülün yeniden şekillenmesini, enfarktüs dışı

miyokard fibrozisi ve sistemik inflamasyonun serum biyobelirteçlerinde azalmayı yüksek doz ω 3 yağ asitleri tedavisi ile ilişkilendirilmiştir.

Halk sağlığı ile ilgisi göz önüne alındığında, balık yağının potansiyel kalp koruyucu etkilerinin araştırılmasına olan ilgi artmaktadır. İn vivo ve in vitro deneyler sonucunda elde edilen bilimsel kanıtlar, balık yağı takviyesinin kardiyovasküler olay riskini azaltabileceğini ve özellikle hipertansiyon, koroner kalp hastalığı, kardiyak aritmiler veya kalp yetmezliği olan hastaların prognozunu iyileştirmede potansiyel faydaları olabileceğini göstermiştir (Liao ve ark., 2021)

ABD’de yürütülen büyük ölçekli bir epidemiyolojik çalışma, diyetle EPA + DHA alımının yaşlı erişkinlerde kalp yetmezliği (KY) gelişimi ile negatif ilişkili olduğunu göstermiştir. 12 yıllık bir süre boyunca, balık yağı tüketimi, zaman/ay veya daha az alanlarla karşılaştırıldığında, kalp yetmezliği (KY) vakası bakımından <1 alıma kıyasla haftada 1-2 kez alımda %20 daha düşük risk, haftada \geq 3 kez alımda %31 daha düşük risk ile ilişkilendirilmiştir. Diyetle ω 3 ÇDYA tüketimi ile KY arasında ters bir ilişkinin olduğu ve en düşük beşte birlik dilime kıyasla en yüksek beşte birlik diliminde ω 3 ÇDYA’nin alımının %37 daha düşük KY riski oluşturduğu tespit edilmiştir (Şekil 2.16) (Mozaffarian ve ark., 2005).



Şekil 2.16 4738 Yetişkin (>65 yaş) Arasında 12 Yıllık Bir Süre Boyunca KY Geliştirme Etkisi (Mozaffarian ve ark., 2005).

Kris-Etherton ve ark., (2002), balık tüketimi, balık yağı, ω 3 yağ asitleri ve kalp ve damar hastalıkları arasındaki ilişkiyi değerlendirdikleri araştırmada, epidemiyolojik ve klinik çalışmaların ω 3 yağ asitlerinin kardiyovasküler hastalık insidansını azalttığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar, büyük ölçekli epidemiyolojik araştırmalarda, kronik kalp hastalığı (KKH) riski taşıyan bireylerin, bitki ve deniz kaynaklı ω 3 yağ asitlerinin tüketiminden fayda sağladığını gösterdiğini, ancak şu anda ideal alım miktarının belirsiz olduğunu öne sürmüşlerdir. Bunun yanında, prospektif ikincil koruma çalışmalarından elde edilen kanıtların, özellikle 0,5 ila 1,8 g/gün arasında değişen EPA+DHA takviyesinin (yağlı balık veya gıda takviyesi olarak), kardiyak ve tüm nedenlere bağlı ölümleri önemli ölçüde azalttığını gösterdiği belirtilmiştir (Çizelge 2.16).

Çizelge 2.16 ω 3 Yağ Asidi Alımına Yönelik Önerilerin Özeti (Kris-Etherton ve ark., 2002).

Nüfus	Öneri
Belgelenmiş KKH olmayan hastalar	Haftada en az iki kez çeşitli (tercihen yağlı) balık yenmeli. α -linolenik asit açısından zengin yağlar ve gıdalar tüketilmeli (keten tohumu, kanola ve soya fasulyesi yağları; keten tohumu ve ceviz)
Belgelenmiş KKH'si olan hastalar	Tercihen yağlı balıklardan günde ~1g EPA+DHA tüketilmeli. EPA+DHA gıda takviyeleri hekime danışılarak düşünülebilir.
Trigliseridi düşürülmesi gereken hastalar	Bir doktor gözetiminde kapsüller halinde sağlanan günde 2 ile 4 g EPA+DHA

2.4.2. Bağışıklık Sistemi

Bağışıklık sisteminin hücreleri, zarlarında yüksek miktarda uzun zincirli çok doymamış yağ asitleri (uzun zincirli ÇDYA) içerir. Bu uzun zincirli ÇDYA, bağışıklık hücresi işlevini ve enflamatuar süreçleri etkileyen zarlarda farklı biyolojik rollere sahiptir ve bağışıklık hücre zarlarının uzun zincirli ÇDYA içeriğinin modifikasyonu, bağışıklık işlevini etkileyebilir. Bu nedenle, gelişmekte olan bağışıklık hücreleri tarafından farklı miktarlarda uzun zincirli ÇDYA'nin edinilmesi, bağışıklık olgunlaşmasını ve işlevini etkileyebilir ve bu, bağışıklık yeterliliği ve bağışıklık işlev bozukluğunu içeren hastalık riski üzerinde kalıcı bir etkiye sahip olabilir (Miles ve ark., 2021).

Araştırmalarda elde edilen verilere göre, düzenli olarak balık yağı takviyesi almanın, farklı popülasyonlarda sık görülebilen grip ve soğuk algınlığı gibi yaygın hastalık riskini azalttığı ve insanlarda düzenli olarak balık yağı kullanımının bağışıklık sistemini güçlendirebileceği gösterilmiştir (Tumir ve ark., 2010).

Multipl skleroz (MS), merkezi sinir sistemini etkileyen ve miyelin kılıfının bozulmasına neden olan otoimmün bir hastalıktır. Diyetle, özellikle balık yağları ve $\omega 3$ 'ün MS'de önemli bir rol oynadığı bulunmuştur. Çalışmada, yetişkinlerde MS ilerlemesi üzerindeki $\omega 3$ yağ asitlerinin (EPA, DPA ve DHA) etkisine ilişkin kanıtlar, toplam 5554 çalışma ile taranmış ve MS hastalığının nüksetmesi, inflamatuvar semptomlarda azaltma ve hastaların yaşam kalitesini iyileştirme konusunda balık yağı takviyesi ve $\omega 3$ yağ asitlerinin faydalı olabileceği gösterilmiştir (Alammar ve ark., 2021).

Ergas ve ark., (2002), bağışıklık sisteminin meydana getirdiği istenmeyen akut ve kronik rahatsızlıklarda, balık yağı takviyesinin faydalı olduğunu öne sürmüşlerdir. Araştırmacılar tarafından balık yağının, romatoid artrit, sistemik lupus eritromatozus hastalığı (SLE) ve Crohn hastalığı gibi hastalıkların aktif inflamasyonu üzerinde sadece hafif bir etkiye sahip olduğu, ancak nüksü önleyebildiği belirtilmiştir. Ayrıca, berger hastalığı gibi inflamasyonun hafif olduğu hastalıklarda, balık yağının hastalığın ilerlemesini yavaşlatabildiği hatta önleyebildiği öne sürülmüştür.

2.4.3. Diyabet ve Obezite

Aşırı kilolu veya obez çocuk ve ergenlerde balık yağı takviyesinin vücut ağırlığı ve diğer kardiyometabolik faktörler üzerindeki etkileri tam olarak anlayamadığı için Wu ve ark., (2021) tarafından, çocuklarda balık yağının rolünü değerlendirmek için randomize kontrollü çalışmaların (RKÇ) sistematik bir incelemesini ve meta-analizini gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar çalışmanın sonucunda, aşırı kilolu veya obez çocuklarda ve ergenlerde, balık yağı takviyesinin vücut kütle indeksini, serum trigliseritini ve sistolik kan basıncını azaltabileceğini bulmuşlardır.

Raman ve ark., (2004) tarafından, balık yağının sanılanın aksine yaygın bir kilo verme yöntemi olduğu belirtilmektedir. Balık yağının, özellikle egzersiz yapanlarda egzersiz performansını artırabildiği ve bunun da kilo vermeye yardımcı olabileceği iddia edilmiştir.

Obezitenin iskelet kası kaybına neden olduğu bilinmektedir. Liu ve ark., (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, obez bir sıçan modelinde balık yağının iskelet kası kaybı üzerindeki etkisini ve olası mekanizması araştırılmıştır. Çalışmada, sekiz hafta

boyunca erkek Sprague-Dawley sıçanlarında lipid metabolizması kusurlarını indüklemek için $\omega 3$ yağ asitleri ile zenginleştirilmiş balık yağı (BY, %5) ilaveli veya ilavesiz olarak yüksek yağlı (YY) diyetler uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda, %5 BY ile takviye edilen diyetlerin, YY diyetle beslenen sıçanlara kıyasla nihai vücut ağırlığında önemli bir düşüş gösterdiği ve BY'nın ikamesinin, obezitede lipid ve kas metabolizmalarının dengesizliğinde faydalı bir iyileşme sağladığı gösterilmiştir.

Chen ve ark., (2021) tarafından, yağlı ve yağsız balık tüketimi ve balık yağı takviyelerinin Tip2 Diyabet hastalığı ile ilişkisini inceleyen bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada, 2006–2010 tarihleri arasında İngiltere Biobank'ta kayıtlı diyabet, majör kardiyovasküler hastalık ve kanser olmayan, temel gıdaları tüketen ve başlangıçta balık yağı takviyesi kullanımı hakkında bilgisi olan 392 287 orta yaşlı ve yaşlı katılımcı (%55.0 kadın) incelenmiştir. Ayrıca, bu katılımcılardan 163706'sı, 2009–2012 döneminde bir ila beş tur 24 saatlik diyet hatırlamalarına katılması sağlanmıştır. Çalışmanın sonucunda, yağlı balık tüketimi ve balık yağı takviyelerinin zaman içinde sürekli kullanımı ile daha düşük tip2 diyabet riski oluştuğu saptanmıştır.

2.4.4. İnflamasyon

Enflamasyon, akut inflamasyon (hızlı seyiri, dakikalardan birkaç güne kadar) ve kronik inflamasyon (uzun süreli seyir, lenfositlerin ve makrofajların mevcudiyeti ve kan damarlarının ve bağ dokusunun çoğalması ile karakterize) olmak üzere iki tipte sınıflandırılabilir. İnflamasyon, kardiyovasküler hastalıklar, obezite, diyabet, kanser, inflamatuvar bağırsak hastalıkları, nörodejeneratif hastalıklar, romatoid artrit ve astım dahil olmak üzere çok sayıda yaygın hastalığın altında yatan ve/veya bunlara eşlik eden bir hastalıktır (Seki ve ark., 2009).

Petroczi ve ark., (2011), balık yağı kullanımının kronik inflamasyonun neden olduğu hastalıklara karşı etkili olduğunu belirtmiştir. Özellikle, balık yağının düzenli kullanımı ile kısa bağırsak sendromuna, inflamatuvar bağırsak hastalığına (Crohn hastalığı, ülseratif kolit), çölyak hastalığına ve sindirim sistemi ile ilgili çeşitli sorunlara karşı etkili olduğu gösterilmiştir.

Lev-Tzion ve ark., (2014) tarafından, $\omega 3$ yağ asitlerinin anti-inflamatuvar etkilerinin, inflamatuvar bağırsak hastalığı gibi kronik inflamatuvar bozukluklarda faydalı olduğu öne sürülmektedir.

Rangel-Huerta ve ark., (2012) 10 yıl boyunca ω 3 yağ asitlerinin inflamasyona etkileri ile ilgili 26 randomize klinik deneyi gözden geçirmiştir. Araştırmada, şiddetli akut pankreatitin akut fazı sırasındaki inflamatuvar yanıtta, ω 3 yağ asitleri ile desteklenmiş parenteral beslenme gerektiren hastalar, sistemik inflamatuvar yanıt sendromu (SIRS) veya çok organ yetmezliği ile komplike olmuş sepsisi olan hastalar için bir tedavi seçeneği olabileceği görülmüştür. 5 günlük parenteral beslenme artı ω 3 yağ asitlerinden sonra ise, şiddetli akut pankreatit hastalarında C-reaktif protein (CRP) seviyelerinin ve beyaz kan hücre sayılarının önemli ölçüde azaldığı ve solunum fonksiyonunda iyileşme ve sürekli renal replasman tedavisi süresinin kısaldığı, bunun da pankreas ve organ hasarına verilen sistemik tepkinin azalttığını göstermiştir.

Ellulu ve ark., (2015) tarafından omega-3 YA'lerinin inflamasyon üzerindeki etkinliği, sağlıklı ve hastalıklı popülasyonları içeren çok sayıda randomize klinik çalışma, kohort ve prospektif çalışmalar ile incelenmiştir. Buna göre, sağlıklı - veya görünüşte sağlıklı - nüfus arasında, ω -3 YA'lerinin, ılımlı bir düşüşle bile farklı inflamasyon belirteçlerini azaltmada olumlu rolü olduğu, ancak kardiyovasküler hastalık, böbrek hastalığı, akut pankreatit gibi hastalıklı popülasyonlarda omega-3 YA'lerinin, "tek başına değil" adjuvan tedavi olarak inflamasyonu önlemede önemli ölçüde etkisinin olduğu belirtilmektedir.

2.4.5. Ruh Sağlığı ve Sinir Fonksiyonu

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) raporuna göre, depresif bozukluk 2020 yılına kadar dünya çapında önde gelen ikinci engellilik nedeni ve gelişmekte olan ülkelerde ise ilk sıradaki engellilik nedeni olarak belirtilmiştir (Murray ve Lopez., 1997). Unipolar depresyon ise, WHO tarafından 21. yüzyılın en önemli hastalıklarından biri olarak kabul edilmiştir (Tung ve ark., 2021). Depresyonun etiyolojisi genetik faktörleri, stresi, yaşlanmayı ve özel fiziksel durumu (hamilelik, metabolik sendrom ve travma) içermektedir. Çok sayıda hayvan ve insan çalışması, ω 3 ÇDYA' nin biliş ve depresyon ile yüksek oranda ilişkili olduğunu göstermiştir. Klinik öncesi ve klinik çalışmalarda, standart antidepresan ilaçlara ek olarak ω 3 ÇDYA takviyesinin sinerjik nöroprotektif ve antioksidan/inflamatuvar etkiler sağlayabileceği gösterilmiştir (Tung ve ark., 2021). Ayrıca, ÇDYA içeren balık tüketiminin yüksek olduğu toplumlarda majör depresif bozukluk prevalansının daha düşük olduğu öne sürülmüştür (Tanskanen ve ark., 2001).

Normal bir yetişkin insan beyni, 20 gramdan fazla DHA içerir. Düşük DHA seviyeleri, yine artan depresyon, intihar ve şiddet eğilimi ile bağlantılı olan düşük beyin serotonin seviyeleri ile bağlantılıdır. Yüksek miktarda balık yağı alımı, yaşa bağlı hafıza kaybı ve bilişsel işlev bozukluğunda önemli bir azalma ve Alzheimer hastalığına yakalanma riskinde azalma ile ilişkilendirilmiştir. Das ve ark., (2009) tarafından yapılan bir araştırmada, $\omega 3$ açısından zengin bir takviyenin Alzheimer hastalarının yaşam kalitelerinde önemli bir iyileşmeye sebep olduğunu tespit etmişlerdir.

Liao ve ark., (2019) tarafından, $\omega 3$ çok doymamış yağ asitlerinden ÇDYA, özellikle dokosaheksaenoik asit (DHA) ve eikosapentaenoik asidin (EPA) depresyonun iyileştirilmesindeki etkinliğini tahmin etmek için çift kör, randomize, plasebo kontrollü çalışmaların bir meta-analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, 20 Aralık 2017'den önce yayınlanan makaleler için PubMed ve EMBASE'de sistematik bir bibliyografik araştırma uygulanmıştır. Meta-analiz sonuçları, genel olarak, ≤ 1 g/gün'lük bir dozajda EPA ve ≥ 60 'a sahip $\omega 3$ ÇDYA'ların depresyon üzerinde faydalı etkileri olacağı bulgusunu desteklemektedir.

Lin ve Su (2007), $\omega 3$ ÇDYA alan duygudurum bozuklukları olan hastalarda 4 hafta veya daha uzun süren tedavi periyodu olan on adet çift kör, plasebo kontrollü çalışma seçmiştir. Bu çalışmalarda, $\omega 3$ yağ asitlerinin önemli bir antidepresan etkisi olduğu ve açıkça tanımlanmış depresyonu olan veya bipolar bozukluğu olan hastalarda depresyonu önemli ölçüde iyileştirdiği bulunmuştur.

Kiecolt-Glaser ve ark., (2011) sağlıklı genç erişkinlerde $\omega 3$ 'ün proinflatuar sitokin üretimini ve depresif ve anksiyete semptomlarını azaltıp azaltmadığını belirlemek için, $\omega 3$ takviyesini plasebo ile 12 haftalık randomize kontrollü çalışma verileri ile karşılaştırmıştır. Çalışmada, 68 tıp öğrencisi, stresin daha düşük olduğu dönemlerde ve sınavdan önceki günlerde tipik Amerikan diyetindeki yağ asidi oranlarını yansıtan $\omega 3$ (2.5 g/gün, 2085 mg eikosapentaenoik asit ve 348 mg dokosaheksanoik asit) veya plasebo kapsüller olarak kan parametreleri bakımından incelenmişlerdir. Araştırmanın sonucunda, kontrollerle karşılaştırıldığında, $\omega 3$ alan öğrenciler, lipopolisakkarit (LPS) ile uyarılmış interlökin 6 (IL-6) üretiminde % 14'lük bir azalma ve depresif belirtilerde önemli bir değişiklik olmaksızın kaygı belirtilerinde

% 20'lik bir azalma göstermiştir. Ayrıca, bireylerin, ω 3 ÇDYA takviyelerinin emilimi ve metabolizması ile uyum açısından farklılık gösterse de; azalan ω 6: ω 3 oranlarının daha düşük kaygıya ve uyarılmış IL-6 ve tümör nekroz faktörü alfada azalmaya yol açtığını göstermiştir. Çalışma sonunda elde edilen verilerden araştırmacılar, ω 3 takviyesinin sağlıklı genç yetişkinler arasında bile kaygıyı azaltabileceğini öne sürmüşlerdir.

2.4.6. Kanser

İn vitro ve in vivo çalışmada elde edilen veriler, kemoterapi sırasında EPA ve DHA uygulamasının tek başına antitümör etkileri artırabileceğini, normal dokularda kemoterapinin neden olduğu toksisiteyi azaltabileceğini, sistemik inflamasyonu önleyebileceğini ve kanser hastalarının beslenme durumunu iyileştirebileceğini desteklemektedir (Şenkal ve ark., 2005).

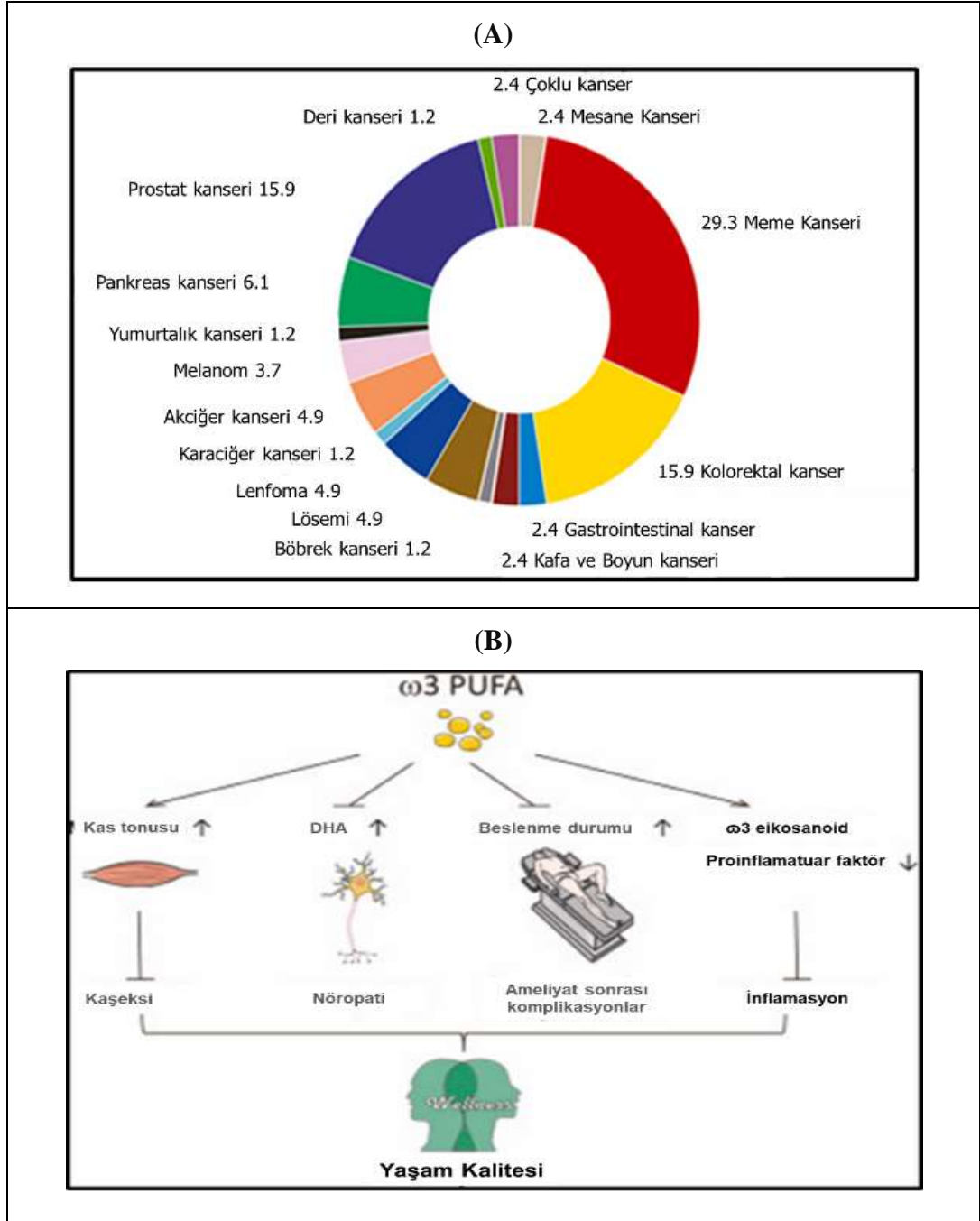
Aredes ve ark., (2019) tarafından yapılan randomize bir klinik çalışmada, rahim ağzı kanserli hastalarda balık yağı takviyelerinin, anoreksi, mide bulantısı, ağız kuruluğu ve tat alma bozukluğu gibi kemoterapinin neden olduğu toksisiteyi azaltabileceğini göstermiştir.

Kanser hastalarında arginin, glutamat ve balık yağı takviyelerinin etkilerini araştıran bir çalışmada (%45 baş ve boyun kanseri, %32 özofagus kanseri, %23 rahim ağzı kanseri), takviyenin önemli ölçüde daha az 3.-4. derece hematolojik toksisite ve ayrıca 2 yıllık daha yüksek genel sağkalım sağladığı bulunmuştur (Chitapanarux ve ark., 2020).

Yapılan çalışmalarda, ω 3 yağ asitlerinin olası antikanser etkisinin özellikle göğüslerde, kolonda ve prostat kanserinde olduğu ve uzun süreli balık eti tüketiminin prostat kanserinin ilerlemesini yavaşlattığı tespit edilmiştir (Balwan ve Saba, 2021).

1995'ten 2021'e kadar 171 adet ClinicalTrials.gov veri tabanında kayıtlı olan ω 3 ÇDYA kanser araştırması Wei ve ark., (2022), tarafından özetlenmiştir. 15 farklı kanser türünün incelendiği çalışmada, ilk üç kanser türünün meme kanseri (%29.3), prostat kanseri (%15.9) ve kolorektal kanserin (%15.9) oluşturduğunu ve klinik araştırmaların dikkate değer bir şekilde yaklaşık yarısının hormona bağlı kanserlerle (%46,3) ilgili olduğunu belirtilmişlerdir. Ayrıca, ω 3 ÇDYA'nin temel olarak kaşeksi (kilo kaybı, anoreksiya, asteni ve anemi ile karakterize bir tükenme sendromu),

inflamasyon, nöropati, ameliyat sonrası komplikasyonlar ve yaşam kalitesi gibi kanserle ilişkili semptomları etkilediği görülmüştür. Bu etkilerden sorumlu mekanizmaların, iskelet kası protein döngüsünün olası regülasyonu, inflamatuvar yanıt ve nöron hücrelerinin ω 3 ÇDYA ile hayatta kalmasından dolayı olabileceği öne sürülmüştür (Şekil 2.17).



Şekil 2.17 Kanser Türüne Göre Yapılan Araştırmalar (A) ve ω 3 PUFA'nın Potansiyel Kanser Önleyici Mekanizma(lar)ı (B) (Wei ve ark., 2022).

2.4.7. Hamilelik ve Bebek Gelişimi

Balık yağı içinde bulunan DHA, bebeğin göz ve beyin gelişimine yardımcı olduğu için hamile kadınların beslenmesinde önemli olduğu belirtilmektedir. İnsan beyni, DHA'nın en büyük "tüeticilerinden" biridir. DHA, serebral korteksin %15-20'sini ve retinanın %30-60'ını oluşturmaktadır. Bu nedenle, hamilelik ve emzirme döneminde yeterli DHA ve EPA alımı önemlidir. Yetersiz ω 3 yağ asidi alımının erken

doğum ve anormal derecede düşük doğum ağırlığı riskini artırabileceğine dair bazı kanıtlar vardır (Sarp, 2017).

Diyetlerinde yeterli miktarda EPA ve DHA almayan kadınların, hamileliğin son evrelerinde anneden bebeğe bir miktar beyin kütlesi aktarımı olduğu için, doğumdan sonra depresyon yaşadıklarına inanılmaktadır. Hamilelik döneminde uygun miktarda balık yağı tüketilerek düşük yapma riskinin ve düşük doğum ağırlığının önlenebileceği belirtilmektedir (Das ve ark., 2009).

Gebe kadınlarda ek gıda olarak $\omega 3$ uzun zincirli ÇDYA alımı ile ilgili çalışmalar, kordon kanı bağışıklık hücreleri ve bunların yanıtları üzerinde, bebeklerin yumurtaya karşı duyarlılığının, yaşamın ilk yılında atopik dermatit riskinin ve ciddiyetinin ve özellikle düşük alışkanlığı olan annelerin çocuklarında 3 ila 5 yaşlarında inatçı hırıltı ve astımın azaldığını göstermektedir. Uzun zincirli ÇDYA içeren formül mama ile beslenen erken doğmuş bebeklerdeki bağışıklık göstergeleri, insan sütü ile beslenen bebeklerdekilere benzerken, uzun zincirli ÇDYA içermeyen formüllerle beslenen bebeklerdekilere benzer bulunmamış ve formül artı uzun zincirli ÇDYA alan bebekler, standart formül mama alan bebeklere göre alerjik hastalık ve solunum yolu hastalığı riskinde önemli düzeyde azalma göstermiştir. Sonuç olarak, uzun zincirli ÇDYA'nin, özellikle alerjik sensitizasyon, hırıltı ve astım dahil olmak üzere alerjik belirtilerle ilgili olarak, klinik önemi olan bağışıklık gelişiminde önemli bir rol oynadığı gösterilmiştir (Miles ve ark., 2021).

Sass ve ark., (2022) tarafından, 736 kadın ve çocuklarından oluşan, gebeliğin üçüncü üç aylık döneminde uzun zincirli $\omega 3$ çok doymamış yağ asidi (ÇDYA) takviyesi alan veya eşleşen plaseboya ilişkin çift kör, randomize, kontrollü gerçekleştirilen bir çalışmada, hamilelik sırasında annenin $\omega 3$ uzun zincirli ÇDYA takviyesi ile erken dil gelişimini iyileştirildiği ve duygusal ve davranışsal sorunların etkisinin azaldığı bulunmuştur. Araştırmacılar, özellikle erkek çocuklarında, uzun zincirli $\omega 3$ ÇDYA takviyesinin, kaba motor becerilerinin daha erken başarılması, gelişmiş bilişsel gelişim, duygusal ve davranışsal sorunların etkisinin azalması ile ilişkili olduğunu belirlemişlerdir.

Horner ve ark., (2021) tarafından, 736 anneye gebeliğin 24. haftasından doğumdan sonraki 1. haftaya kadar uzun zincirli $\omega 3$ ÇDYA takviyesi ile çift kör,

randomize kontrollü bir çalışma yapılmıştır. Yaşamın ilk üç yılında gastroenteritli gün sayısını, gastroenteritli atak sayısını ve gastroenterit atak geçirme riskinin ölçüldüğü çalışmada, gebeliğin 24. haftasından itibaren balık yağı takviyesinin, yaşamın ilk 3 yılında gastroenterit semptomlarının görüldüğü gün ve atak sayısında azalma görülmüş ve bu nedenle erken çocukluk döneminde gastrointestinal enfeksiyonlara karşı koruyucu bir önlem olarak uzun zincirli ω 3 ÇDYA takviyesi önerilmiştir.

Calder ve ark., (2010)'nın, "Bağışıklık sisteminin erken yaşam programlanmasında yağ asitleri rol oynar mı?" adlı çalışmasında, hamilelik sırasında annenin balık alımının, bebek/çocuklarda atopik veya alerjik sonuçların gelişmesinde koruyucu bir etkiye sahip oldukları sonucuna varılmıştır.

Jensen ve ark., (2010) göre, emzirmenin ilk 4 ayı boyunca annelerinin DHA (200 mg/gün) takviyesi almasının, bebeklerde 30 aylıkken daha iyi psikomotor gelişime sahip olmasına ve aynı çocukların 5 yaşında nöropsikolojik ve görsel fonksiyonları bakımından uzun vadeli faydalar sağlamasına neden olduğu öne sürülmüştür.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada, eczanelerde ve online alışveriş sitelerinde satışa sunulan ve tüketiciler tarafından en fazla tercih edilen ithal ve yerli 10 farklı kapsül formunda balık yağı takviyesi satın alınmıştır.



Şekil 3.1 Araştırmada Kullanılan Balık Yağı Takviyeleri

Çalışmada incelenen balık yağı takviyeleri (BYT)' nin etiketlerinde beyan edilen EPA, DHA, toplam ω -3 içeriği, son kullanma tarihleri, menşeleri ve birim fiyatları Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Balık Yağı Takviyelerinin Etiket Üzerindeki EPA, DHA, Toplam ω -3 İçeriği, Son Kullanma Tarihleri, Menşeleri ve Birim Fiyatları.

Balık Yağı Takviyesi	EPA (%)	DHA (%)	Toplam ω 3 (%)	Son Tüketim Tarihi*	Menşei	Birim Fiyat (tl)**
BYT1	31.67	21.67	65.00	01.10.2023	Yerli	61
BYT2	23.33	15.83	45.00	01.04.2024	Yerli	102
BYT3	18.00	12.00	33.00	01.02.2023	İthal	122
BYT4	18.00	12.00	30.00	01.01.2024	İthal	130.5
BYT5	33.00	22.00	60.00	01.02.2024	Yerli	135
BYT6	32.00	21.00	65.00	01.10.2023	Yerli	139
BYT7	33.00	22.00	60.00	01.04.2024	Yerli	150
BYT8	32.99	21.94	60.00	01.07.2023	İthal	174
BYT9	36.00	24.00	65.00	01.04.2023	Yerli	180
BYT10	32.00	24.00	66.00	01.05.2024	İthal	195

* Kimyasal analizler Temmuz 2022 tarihinde yapılmıştır.

** Fiyatlar 18.03.2022 tarihine aittir.

3.2. Yöntem

Ordu Üniversitesi Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Bölümü İşleme Teknolojisi Laboratuvarı'na getirilen balık yağı takviyeleri, analiz edilinceye kadar oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir. Analizler esnasında, kutu içinde bulunan balık

yağı takviyelerinin kapaklarının açılmasını takiben tüm örnekler -18°C'de depolanmıştır.

3.2.1. Yağ Asidi Kompozisyonu

25 mg balık yağının üzerine 4ml 2M'lık KOH ve 2ml n-heptan ilave edilmiştir. Daha sonra örnekler, oda sıcaklığında 2 dakika vortekste karıştırılmış ve 4000 rpm'de 10 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası n-heptan tabakasından alınan örneklerde, AOAC (2019), 996.01 metoduna göre yağ asidi kompozisyonu belirlenmiştir. Yağ asitleri kompozisyonu, alev iyonizasyon dedektörlü (FID) ve 100 m x 0.25 mm ID x 0.20 µm film kalınlığında TR-CN100 otomatik örneklemeli Gaz kromatografisi (GC) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Enjektör ve detektör sıcaklıkları 250°C'ye ayarlanmıştır. Split oranı 100 olarak gerçekleştirilmiştir. Yağ asitleri, 37 bileşenden oluşan yağ asiti metil esterleri (FAME) standart karışımının gelme zamanlarına bağlı olarak karşılaştırılmasıyla tanımlanmıştır. Analizde kullanılan standartlar Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Çalışmada Kullanılan Yağ Asidi Standartları.

Peak	Yağ Asiti	% in Mix
1 C4:0 methyl butyrate	butyric acid	4.0
2 C6:0 methyl hexanoate	caproic acid	4.0
3 C8:0 methyl octanoate	caprylic acid	4.0
4 C10:0 methyl decanoate	capric acid	4.0
5 C11:0 methyl undecanoate	undecanoic acid	2.0
6 C12:0 methyl laurate	lauric acid	4.0
7 C13:0 methyl tridecanoate	tridecanoic acid	2.0
8 C14:0 methyl myristate	myristic acid	4.0
9 C14:1 methyl myristoleate (cis-9)	myristoleic acid	2.0
10 C15:0 methyl pentadecanoate	pentadecanoic acid	2.0
11 C15:1 methyl pentadecenoate (cis-10)	pentadecanoic acid	2.0
12 C16:0 methyl palmitate	palmitic acid	6.0
13 C16:1 methyl palmitoleate (cis-9)	palmitoleic acid	2.0
14 C17:0 methyl heptadecanoate	heptadecanoic acid	2.0
15 C17:1 methyl heptadecenoate (cis-10)	heptadecanoic acid	2.0
16 C18:0 methyl stearate	stearic acid	4.0
17 C18:1 methyl elaidate (trans-9)	elaidic acid	2.0
18 C18:1 methyl oleate (cis-9)	oleic acid	4.0
19 C18:2 methyl linoleaidate (trans-9,12)	linolelaidic acid	2.0
20 C18:2 methyl linoleate (cis-9,12)	linoleic acid	2.0
21 C20:0 methyl arachidate	arachidic acid	4.0
22 C18:3 methyl γ -linolenate (cis-6,9,12)	gama-linolenic acid	2.0
23 C20:1 methyl eicosenoate (cis-11)	eicosenoic acid	2.0
24 C18:3 methyl linolenate (cis-9,12,15)	linoleic acid	2.0
25 C21:0 methyl heneicosanoate	heneicosanoic acid	2.0
26 C20:2 methyl eicosadienoate (cis-11,14)	eicosadienoic acid	2.0
27 C22:0 methyl behenate	behenic acid	4.0
28 C20:3 methyl eicosatrienoate (cis-8,11,14)	eicosatrienoic acid	2.0
29 C22:1 methyl erucate (cis-13)	erucic acid	2.0
30 C20:3 methyl eicosatrienoate (cis-11,14,17)	eicosatrienoic acid	2.0
31 C20:4 methyl arachidonate (cis-5,8,11,14)	arachidonic acid	2.0
32 C23:0 methyl tricosanoate	tricosanoic acid	2.0
33 C22:2 methyl docosadienoate (cis-13,16)	docosadienoic acid	2.0
34 C24:0 methyl lignocerate	lignoceric acid	4.0
35 C20:5 methyl eicosapentaenoate (cis-5,8,11,14,17)	eicosapentaenoic acid EPA	2.0
36 C24:1 methyl nervonate (cis-15)	nervonic acid	2.0
37 C22:6 methyl docosahexaenoate (cis-4,7,10,13,16,19)	docosahexaenoic acid DHA	2.0

3.2.2. Serbest Yağ Asitleri (SYA)

Balık yağı kapsüllerinin serbest yağ asitleri analizi Ca 5a-40 metoduna (AOCS, 1994) göre belirlenmiştir. Serbest yağ asiti miktarı % oleik asit cinsinden aşağıdaki formül yardımıyla hesap edilmiştir:

$$\% \text{ Serbest Yağ Asiti} = (C-B) \times 2.805/M$$

C: Harcanan 0.1M'lık NaOH miktarı ml cinsinden

B: Kör için harcanan 0.1M'lık NaOH miktarı ml cinsinden

M: Örnek ağırlığı

2.805: Dönüşüm faktörü

3.2.3. Peroksit (PO)

Balık yağı kapsüllerinin peroksit değerleri Cd8-53 metoduna (AOCS, 1994) göre gerçekleştirilmiştir. Peroksit değerinin hesaplanması aşağıdaki formül yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

$$\text{Peroksit Sayısı} = 2 (C-B) \text{ meq O}_2/\text{kg M}$$

C: Harcanan 0.002 M'lık sodyum tiyosülfat (ml cinsinden)

B: Kör için harcanan 0.002 M'lık sodyum tiyosülfat (ml cinsinden)

M: Örnek Ağırlığı

3.2.4. Tiyobarbitürik Asit (TBA)

Tiyobarbitürik asit sayısı (TBA, mg malonaldehit/kg örnek) tayini AOCS (1998) tarafından belirtilen metoda göre yapılmıştır.

Balık yağı kapsüllerindeki balık yağları 25 ml erlenlerde yaklaşık 60 mg aralığında tartılmıştır. Daha sonra üzerlerine 25 ml n- bütanol eklenerek karıştırılmış ve yağların çözünmesi sağlanmıştır. Bu karışımdan 5 ml alınarak aynı miktarda n-butanolde çözdürülmüş TBA reaktifi eklenmiş ve 120 dakika 95°C su banyosunda bekletilmiştir. Daha sonra örnekler, 530 nm'de spektrofotometrede okunarak aşağıdaki formüle göre TBA değeri hesaplanmıştır:

$$\text{TBA (mg malonadehit/ kg örnek)} = 50 \times (\text{Yağ örneğinin absorbansı} - \text{Blank absorbansı}) / \text{örnek ağırlığı (mg)}$$

3.2.5. İstatistiksel Analiz

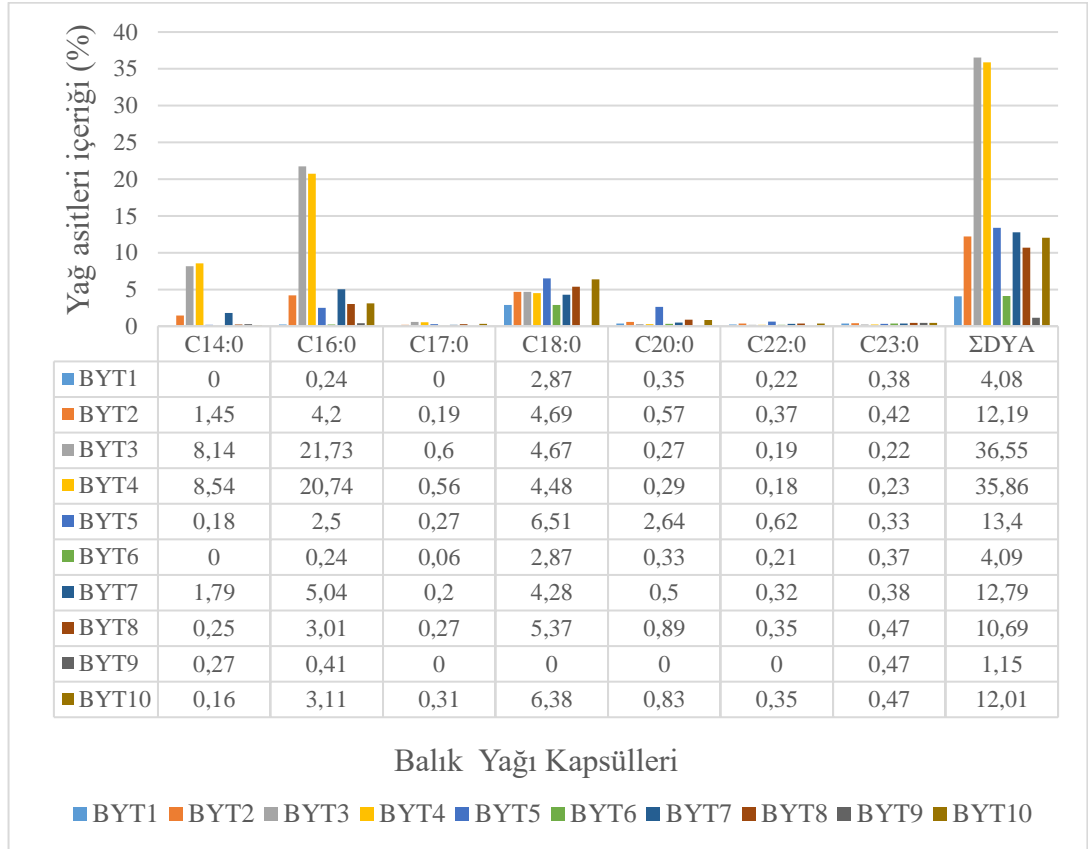
Araştırmanın sonunda elde edilen veriler, IBM© SPSS© Statistics 25.0 paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Farklı markaların birbirleriyle karşılaştırmasında ise Duncan çok karşılaştırma testi, One-way ANOVA ile $p < 0.05$ önem düzeyinde uygulanmıştır (Duncan, 1955).

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Yağ Asitleri Kompozisyonu

4.1.1. Doymuş Yağ Asitleri (DYA)

Araştırma sonucunda, fiyata göre sıralanmış farklı balık yağı takviyelerinde doymuş yağ asidi kompozisyonu Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1 Fiyata Göre Sıralanmış Balık Yağı Takviyelerinin Doymuş Yağ Asidi (DYA, %) Kompozisyonu

Bu çalışmada, baskın olan doymuş yağ asitlerinin balık yağı takviyelerine göre değiştiği saptanmıştır. Buna göre, BYT1, BYT2, BYT5, BYT6, BYT8 ve BYT10 ‘da en baskın doymuş yağ asidi C18:0 (steraik asit) olarak bulunurken, BYT3, BYT4 ve BYT7’ de en baskın doymuş yağ asidinin C16:0 (palmitik asit) olduğu saptanmıştır. Bu bulgulara benzer şekilde, Özyurt ve ark., (2013)’nın yapmış oldukları bir çalışmada, Türkiye’de satışa sunulmuş bazı balık yağı kapsüllerinde en baskın doymuş yağ asidi olarak C16:0 bulunurken, bazılarında ise en baskın doymuş yağ asidinin C18:0 olduğu saptanmıştır. Benzer şekilde, Pasini ve ark., (2022)’nin Fransa’da satılan

12 farklı balık yağı kapsülünde yapmış oldukları bir çalışmada, en baskın doymuş yağ asidi olarak C18:0 içeren balık yağı takviyeleri tespit edilmiştir.

Yine Nichols ve ark., (2016) Avustralya ve Yeni Zelanda'da 2016 yılında satılan 10 farklı balık yağı takviyesinin yarısında en baskın doymuş yağ asidi olarak C18:0 bulunmuştur. Halbuki Karşlı (2021) ve Özyurt ve ark., (2022) tarafından, Türkiye'de satılan balık yağı kapsüllerinde en baskın doymuş yağ asitleri olarak C16:0'ı takiben C18:0 bulunmuştur. Balık etinde, balığın tüm vücut veya atıklarından elde edilen yağlarda en baskın doymuş yağ asidinin C16:0 olduğu ve bunu C18:0 ve C14:0'u takip ettiği yapılan birçok çalışmada tespit edilmiştir (Özoğul ve ark., 2007; Durmuş ve ark., 2019; Shahidi, 2007).

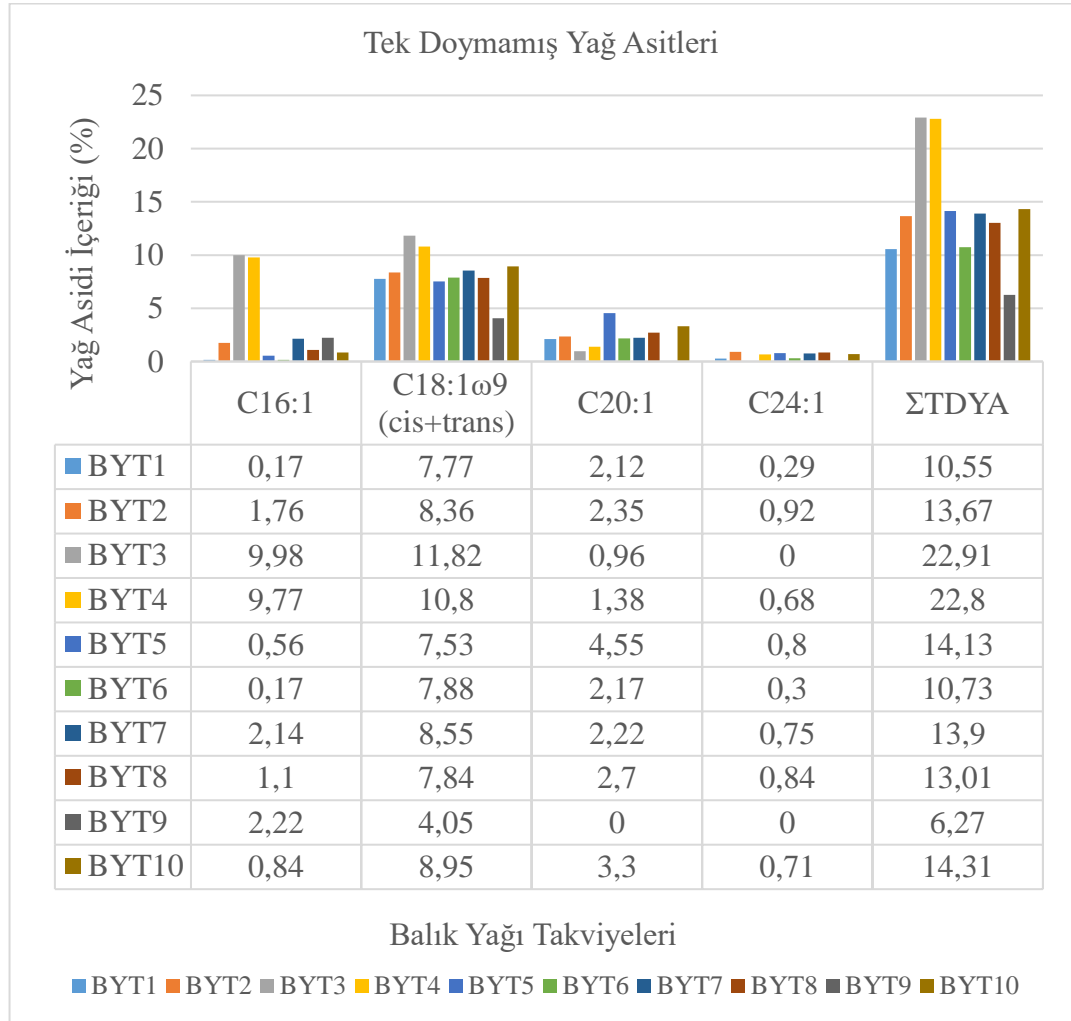
Bu çalışmada, C16:0 miktarı %0.24 ile %21.73 arasında değişirken, C18:0 miktarı %0 ile %6.51 arasında değişmiştir. Elde edilen bu verilerin balık yağlarında ve kapsüllerinde yapılmış diğer çalışmalarla benzer olduğu bulunmuştur. USDA'nın Ulusal Besin Veri tabanına (2018) göre, C16:0 yağ asidi miktarı ringa için %11.7, sardalya için %16.6, somon için %9.84 ve morina karaciğer yağı için %10.6 olarak bulunurken, C18:0 yağ asidi miktarı ringa için % 0.82, sardalya için %3.9, somon için %4.24 ve morina karaciğer yağı için %2.8 olarak bulunmuştur. Sprague ve ark., (2018), C16:0 ve C18:0 yağ asitlerinin sırasıyla %9.8-18.8 ve %05-5.4 arasında değişmiş bulunurken, Özyurt ve ark. (2013) %1.87-17.13 ve %2.64-4.86 ve Karşlı (2021) %0.23-16.06 ve %0.15-4.51 olarak saptamıştır.

Toplam doymuş yağ asitleri (ΣDYA) bakımından tüm balık yağı takviyeleri incelendiğinde, en yüksek toplam doymuş yağ asidi %36.55 ile BYT3'ü takiben %35,86 ile BYT4' de tespit edilmiştir. USDA'nın Ulusal Besin Veri tabanına (2018) göre ringa, sardalya, somon ve morina karaciğer yağında toplam doymuş yağ asidi %21.3, %33.8, %19,9, %22.6 olarak bulunmuştur. Srigley ve Rader, (2014), adlı araştırmacılar ise deniz balıklarından elde edilen balık yağı takviyelerindeki toplam doymuş yağ asidi miktarını %0.2 ile %26.6 arasında değiştiğini saptamışlardır. Özyurt ve ark., (2022) 10 farklı balık yağı kapsüllerindeki doymamış yağ asitlerini, bir grup hariç “%2.75 ile %10.31 arasında değiştiğini bulmuştur. Araştırmacıların en yüksek grupta buldukları ΣDYA miktarı ise bizim bulduğumuz değerlere benzer şekilde

%32.86 olarak saptanmıştır. Bunun sebebinin, bazı balık yağı takviyelerinde yüksek oranda bulunan C16:0 yağ asidinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.1.2. Tek Doymamış Yağ Asitleri (TDYA)

Fiyata göre sıralanmış 10 farklı markaya ait balık yağı takviyelerindeki tek doymamış yağ asidi (TDYA) kompozisyonu Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2 Fiyata Göre Sıralanmış Balık Yağı Takviyelerinin Tek Doymamış Yağ Asidi (TDYA, %) Kompozisyonu

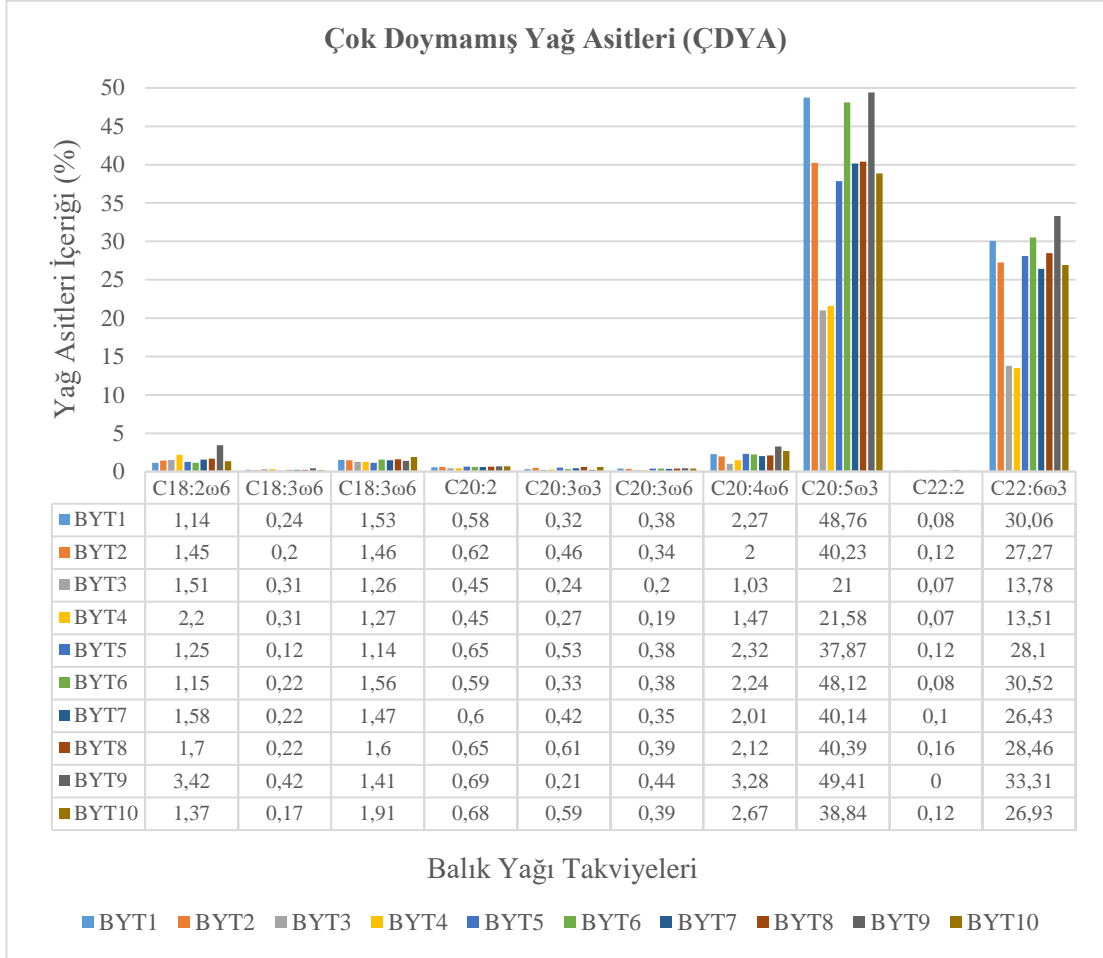
Kapsüllenmiş olarak satılan 10 farklı markaya ait balık yağı takviyelerinde majör tek doymamış yağ asidinin (TDYA) C18:1 ω9 (oleik asit) olduğu bulunmuştur. Benzer sonuçlar, diğer balık yağı takviyelerinde de tespit edilmiştir (Chee ve ark., 1990; Navigato ve ark., 2021; Sprague ve ark., 2018). Bu yağ asidinde en yüksek değer %11.82 ile BYT3’ü takiben, %10.8 ile BYT4’te saptanırken en düşük değer ise %4.05 ile BYT9’da bulunmuştur. Diğer balık yağı kapsüllerinde ise bu yağ asidinin %7.53 ile

%8.95 aralığında değiştiği görülmüştür. Pasini ve ark., (2022) adlı araştırıcıların Fransa’da satılan 12 farklı markaya ait balık yağında yapmış oldukları çalışmada, TDYA bakımından en baskın yağ asidinin C18:1 ω 9 olduğu ve %0.38 ile %31.02 arasında değiştiği saptanmıştır. Benzer şekilde, Karlı (2021) TDYA’nde en baskın yağ asidi olarak C18:1 ω 9 ‘ %11.13-%32.75 aralığında bulmuştur. şekil 4.3’de görüldüğü üzere, en yüksek C16:1 yağ asidi içeriği BYT3 (%9,98)’ takiben BYT4 (%9.77)’ te bulunurken en düşük içerik BYT1 (%0.17) ve BYT6 (%0.17)’yi takiben BYT5 (%0.56)’te bulunmuştur. Bizim bulduğumuz bu sonuçlarla benzer şekilde, zyurt ve ark., (2013)’da bu yağ asidinin %0.29 ile %9.25 arasında değiştiğini bulmuştur. Bu çalışmada değerlendirilen farklı markalara ait balık yağı takviyelerinde toplam Σ TDYA miktarının %6.27 (BYT9) ile %22.91 (BYT3) arasında olduğu belirlenmiştir. Balık yağı takviyeleri arasında, Σ TDYA yağ asidi miktarında C16:1 yağ asidinin miktarının önemli bir etken olduğu görülmektedir. C16:1 yağ asidi, balık yağlarındaki ikinci en baskın tek doymamış yağ asididir (Shadidi, 2007). zyurt ve ark., (2013)’da balık yağı kapsüllerindeki C16:1 yağ asidinin miktarının yüksek olduğu balık yağı kapsüllerinde Σ TDYA’nın daha yüksek olduğunu belirlemiştir.

Balık yağları, esas olarak yağlı balıkların gövdesinden, beyaz yağsız balıkların karaciğerinden ve fok gibi deniz memelilerinin yağlarından elde edilmektedir. Balık yağı üretilen başlıca yağlı balıklar, özellikle somon, ton balığı, uskumru ve ringa balığı gibi pelajik türler veya hamsi, aa ve capelin gibi küçük balıklardan oluşmaktadır (Shadidi, 2007). Son yıllarda özellikle balık işleme atıklarında balık yağı üretiminde önemli bir kaynak olduğu belirtilmektedir (Korkmaz ve Tokur, 2019). Yapılan çalışmalarda, balık yağlarının yağ asidi kompozisyonunun özellikle mevsime, tre, beslenme durumuna ve yağın elde edildiği vücut parçalarına göre değiştiği belirtilmektedir (Ferdosh ve ark., 2015; Sahena ve ark., 2010; Shadidi, 2007). Ticari olarak satılan balık yağı kapsüllerindeki yağ asidi kompozisyonunda, yağ asidi miktarındaki farklılıkların hammaddeden olabileceği gibi, ω 3 konsantrasyonunu artırmak için uygulanan balık yağı üretim metodundan da kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir (Liu ve ark., 2020).

4.1.3. Çok Doymamış Yağ Asitleri (ÇDYA)

Türkiyede satışa sunulan 10 farklı markaya ait balık yağı takviyelerinin çok doymamış yağ asidi (ÇDYA) kompozisyonu şekil 4.3’de verilmiştir.



Şekil 4.3 Türkiyede Satışa Sunulan 10 Farklı Markaya Ait Balık Yağı Takviyelerinin Çok Doymamış Yağ Asidi (ÇDYA, %) Kompozisyonu

Bu çalışmada, balık yağı takviyelerinin yağ asidi kompozisyonunda çok doymamış yağ asitleri (ÇDYA) bakımından en yüksek miktarları, C20:5ω3 (EPA) ve C22:6ω3 (DHA) oluşturmuştur. Benzer şekilde, farklı ülkelerde ve Türkiyede takviye olarak satılan balık yağı kapsüllerinde en baskın ÇDYA olarak, EPA ve DHA bulunmuştur (Karşlı, 2021; Özyurt ve ark., 2013; 2022; Passini ve ark., 2022; Sprague ve ark., 2018;). Şekil 4.3’de görüldüğü gibi, balık yağı takviyeleri arasında, en yüksek EPA miktarı %49.41 ile BYT9, %48,76 ile BYT1 ve %48,12 ile BYT6’da bulunurken, en düşük EPA ise %21.00 ile BYT3 ve %21.58 ile BYT4’de saptanmıştır. DHA miktarı ise en yüksek %33.31 ile BYT9’da bulunurken ikinci en yüksek değer %30.52 ile BYT6 ’da tespit edilmiştir. En düşük DHA ise %13.78 ile BYT3 ve %13.51 ile BYT4’ de bulunmuştur (Şekil 4.3). Mason ve Sherratt (2017), Amerika’nın Boston eyaletinde satılan 3 farklı balık yağı kapsülünde, EPA ve DHA miktarını sırasıyla %21-52 ve %9-31 arasında değiştiğini bulmuşlardır. Özyurt ve ark., (2022) ise

Türkiye’de satılan 10 farklı balık yağı kapsülünde EPA ve DHA miktarını sırasıyla %19.09-41.11 ve %11.37-56.85 arasında değiştiğini bulmuştur. Nichols ve ark., (2016) Avustralya ve Yeni Zelanda’da satılan balık yağı kapsüllerinde EPA miktarının %17.5-40.5, DHA miktarının ise %11.7- 25.6 arasında değiştiğini tespit etmiştir. Damerau ve ark., (2020) 40 farklı balık yağı takviyesinin EPA ve DHA içeriğinin sırasıyla, %0.4-44.1 ile %1.1-54.6 arasında değiştiğini bulmuştur. Bu çalışmada ve balık yağı kapsülleriyle yapılan diğer çalışmalarda hem ülkemizde hem de farklı ülkelerde satışa sunulan balık yağı gıda takviyelerinin EPA ve DHA miktarının oldukça geniş bir aralıkta olduğu görülmektedir.

Mevcut piyasada bulunan balık yağları, hamsi, capelin, morina ve morina karaciğeri, ringa balığı, uskumru, menhaden, somon, sardalya, tuna ve gökkuşağı alabalığından oluşmaktadır (Garti, 2008). USDA’nın Ulusal Besin Veri tabanına (2018) göre ringa, sardalya, somon ve morina karaciğer yağında sırasıyla EPA ve DHA için %6.27-4.21, %10.1-10.7, %13-18.2 ve %6.9-11 olarak bulunmuştur. Oliveira ve Bechtel (2005) pembe Alaska samonunun (*Oncorhynchus gorbuscha*) tüm vücut, baş ve iç organlarda tespit edilen EPA miktarlarını sırasıyla %7.70, %7.56 ve %10.93 olarak bulurken, DHA miktarını ise %15.78, %11.77 ve %17.32 olarak tespit etmiştir. Gençbay ve Turhan (2016) ise, Karadeniz hamsisinde tüm vücut, fileto, baş, balık parçaları ve iç organlardaki EPA miktarını sırasıyla %10.24, %11.11, %10.97, %10.27 ve %6.93 olarak bulurken, DHA miktarını ise %20.05, %20.66, %21.34, %19.55 ve %18.88 olarak tespit etmiştir. Bu sonuçlar, balık yağlarında bulunan EPA ve DHA miktarlarının kullanılan balık türüne ve vücudun hangi bölümünden üretildiğine göre değişebildiğini göstermektedir. Ayrıca, balık yağlarının yağ asidi bileşiminde, mevsime göre farklılıklar oluşabilir, çünkü balıklar farklı mevsimlerde farklı bir beslenme durumuna sahiptir. (Pickova, 2009).

Balık yağı elde etmek için kullanılan yöntemler ve uygulanan koşullar elde edilen yağın kompozisyonunu ve kalitesini önemli ölçüde etkileyebilir. Bu nedenle, yöntemin seçimi ve optimizasyonu, istenen özelliklere sahip ω 3 yağ asitlerinin üretilmesinde önemli bir husustur. Balık yağlarının üretiminde geleneksel ekstraksiyon, mikrodalga destekli ekstraksiyon (MAE), darbeli elektrik alan uygulaması (PEF), süperkritik sıvı ekstraksiyonu (SFE) ve ultrason destekli ekstraksiyon (UAE) gibi birçok yöntem kullanılmaktadır. Ahmed ve ark., (2017) SFE

ile tuna atıklarından elde edilen balık yağının DHA miktarını toplam ÇDYA içinde %74 oranında artırabilmiştir. Lamas ve Massa (2019), vatozun (*Zearaja flavirostris*) karaciğerinden yağ elde etmek için Bligh ve Dyer, enzim ekstraksiyonu, soğuk ekstraksiyon ve yüksek sıcaklık ekstraksiyonu olmak üzere farklı yöntemler denemiştir. Buna göre, EPA miktarının uygulanan yöntemlere göre %9.75 ve %11.86 oranında, DHA miktarının ise %44.71 ve %50.92 arasında değiştiğini saptanmıştır. Balık yağları daha yüksek düzeyde EPA ve DHA içermek için konsantre hale getirilip yüksek oranda işlenmiş formlarda ω 3 ÇDYA içeren ticari balık yağı takviyeleri olarak da satılabilmektedir. Bu konsantrelerin hazırlama sürecinde ham yağın önce suyu alınarak rafine edilir ve daha sonra lipitler damıtma veya üre kompleksleştirme yoluyla daha fazla saflaştırmaya ve konsantrasyona tabi tutulan yağ asidi etil esterlerine transesterifiye edilir. Ortaya çıkan DHA ve EPA-etil esterler balık yağı takviyelerinde ve farmasötiklerde kullanılır. Ek olarak, etil esterlerden daha sindirilebilir yağ asitleri formları üretmek için, birçok balık yağı takviyesi üreticisi etil esterleri trigliseritlere yeniden esterleştirerek trigliserit formunda (yeniden esterlenmiş trigliseritler) yüksek EPA ve DHA konsantrasyonuna sahip kapsüllenmek üzere kullanılacak balık yağlarına dönüştürürler. Bu nedenle ticari olarak satılan balık yağı takviyeleri değişken miktarlarda EPA ve DHA'ya sahiptirler ve hatta aynı sınıf ve kaynaktaki ürünler bile farklı lipid modelleri sergileyebilirler (Cretton ve ark., 2022). Bu çalışmada bulunan bulgular ve diğer araştırma sonuçları dikkate alındığında, farklı ülkelerde satışa sunulan balık yağı kapsüllerinde, EPA ve DHA miktarlarının neden bu kadar değişken olabileceğini göstermektedir. Bu miktarlarda dikkat edilmesi gerekli olan unsurun, etikette beyan edilen miktarların ne kadar doğru olduğunun tespiti olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.1 Fiyata Göre Sıralanmış Balık Yağı Takviyelerinin $\Sigma\text{ÇDYA}$, $\Sigma\text{EPA+DHA}$, $\Sigma\omega 3$, $\omega 6$ ve $\Sigma\omega 3/\omega 6$ Kompozisyonları.

	$\Sigma\text{ÇDYA}$	$\Sigma\text{EPA+DHA}$	$\Sigma\omega 3$	$\Sigma\omega 6$	$\omega 3/\omega 6$
BYT1	85.37	78.82	81.29	4.42	18.39
BYT2	74.15	67.5	69.96	4	17.5
BYT3	41.46	34.79	36.81	4.4	8.36
BYT4	41.33	35.09	37.13	3.23	11.48
BYT5	72.47	65.97	68.14	3.96	17.23
BYT6	85.18	78.64	81.12	4.39	18.49
BYT7	73.31	66.57	69.03	4.04	17.07
BYT8	76.3	68.85	71.67	4.34	16.53
BYT9	92.58	82.71	85.18	5.54	15.37
BYT10	73.68	65.77	68.83	5.14	13.38

Farklı markalara ait balık yağı takviyelerinin $\Sigma\text{ÇDYA}$ incelendiğinde, iki ürün hariç (BYT3 ve BYT4) diğer tüm takviyelerin yüksek oranda $\Sigma\text{ÇDYA}$ içerdiği görülmektedir. $\Sigma\text{ÇDYA}$ bakımından en yüksek değer %92.58 ile BYT9'da ve %85.37 ile BYT1'de bulunurken, en düşük değer ise %41.33 ile BYT4'te ve %41.46 ile BYT3'de bulunmuştur. Türkiyede satılan balık yağı kapsülleri ile ilgili diğer çalışmalar incelendiğinde, Özyurt ve ark., (2022) 10 farklı markaya ait balık yağı takviyesinin $\Sigma\text{ÇDYA}$ 'nin %31.79 ile %77.27 arasında değiştiğini ve Karslı (2021) ise 6 farklı markaya ait balık yağı takviyesinin $\Sigma\text{ÇDYA}$ 'nin ise %23.18 ile %75.72 arasında değiştiğini bulmuştur. Bu çalışmada analiz edilen balık yağı takviyelerinin daha yüksek $\Sigma\text{ÇDYA}$ içerdiği görülmektedir. Bu farklılıkların analiz edilen balık yağı takviyelerinin yağ asidi kompozisyonundaki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bu çalışmada incelenen tüm balık yağı takviyelerinde $\Sigma\text{EPA+DHA}$ miktarlarının %34.79 ile %82.71 arasında değiştiği saptanmıştır. (Çizelge 4.1). $\omega 3$ yağ asitlerinin alımıyla ilişkili insan sağlığına faydaları nedeniyle, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) günde 0,25–2 g EPA + DHA alımını önermektedir (FAO/WHO, 2010). Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) kalp hastalığı riski azaltmak için yetişkinler için günlük 250 mg uzun zincirli $\omega 3$ yağ asidi alımını tavsiye etmektedir (EFSA, 2011). Bu önerilere göre incelenen tüm balık yağı katkılarının $\Sigma\text{EPA+DHA}$ bakımından ihtiyaç duyulan oranları karşıladığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.1).

$\omega 3/\omega 6$ oranı balık yağının besinsel değerini karşılaştırmak için önemli bir göstergedir (Çakmak ve ark., 2015). Birleşik Krallık Sağlık Bakanlığı $\omega 6/\omega 3$ gibi bir oranın maksimum 4.0 üzerinden bir oranın ideal olduğunu önermektedir (HMS, 1994).

Halbuki, LA açısından zengin bitkisel yağların tüketiminin artması nedeniyle, bu yağ asitlerinin oranı özellikle Batı ülkelerinde 1:15-16 'in üzerindedir. Artan LA alımına paralel olarak, başta kardiyovasküler hastalıklar, inflamatuvar hastalıklar, obezite, kanser ve depresyon ve inflamatuvar süreçleri içeren birçok hastalığın oranlarında artış meydana geldiği saptanmıştır (Wall ve ark., 2010). Bu çalışmada, balık yağı takviyelerindeki $\omega 3/\omega 6$ oranı 8.36 ve 18.49 aralığında tespit edilmiştir. Buna göre, araştırmamızdaki tüm balık yağı takviyelerinin HMS (1994) tarafından önerilen orandan oldukça yüksek olduğu görülmektedir (Çizelge 4.1).

Özellikle balıklarda uzun zincirli $\omega 3$ yağ asitleri miktarı daha yüksek olduğundan toplam $\omega 3$ ile $\omega 6$ yağ asitlerinin oranı yaklaşık olarak 5 ile 10 arasında değişir. Tatlısu balıklarında ise bu oranın yaklaşık 2 veya 3 olduğu belirtilmektedir (Steffens ve Wirth, 2005). Karanlı (2021), balık yağı kapsüllerinde $\omega 3/\omega 6$ oranının 0.06 ile 15.98 arasında değiştiğini bulmuştur. Özyurt ve ark., (2013) ise bu oranın balık yağı kapsüllerinde $\omega 3/\omega 6$ 0.16 ile 36.52 arasında değiştiğini bulmuştur.

Çizelge 4.2 Balık Yağı Takviyelerinin Araştırmada Bulunan ve Etiketlerde Bildirilen EPA (%) DHA (%) ve $\Sigma\omega 3$ Miktarları (%)

	Etikette verilen değerler			Bulunan değerler		
	EPA(%)	DHA(%)	$\Sigma\omega 3$ (%)	EPA(%)	DHA(%)	$\Sigma\omega 3$ (%)
BYT1	31.67	21.67	65.00	48.76	30.06	81.29
BYT2	23.33	15.83	45.00	40.23	27.27	69.96
BYT3	18.00	12.00	33.00	21.00	13.78	36.81
BYT4	18.00	12.00	30.00	21.58	13.51	37.13
BYT5	33.00	22.00	60.00	37.87	28.10	68.14
BYT6	32.00	21.00	65.00	48.12	30.52	81.12
BYT7	33.00	22.00	60.00	40.14	26.43	69.03
BYT8	32.99	21.94	60.00	40.39	28.46	71.67
BYT9	36.00	24.00	65.00	49.41	33.31	85.18
BYT10	32.00	24.00	66.00	38.84	26.93	68.83

Çizelge 4.2’de, bu çalışma kapsamında 10 farklı markaya ait balık yağı takviyelerinde tespit edilen EPA, DHA ve $\Sigma\omega 3$ değerleri ile etikette verilen değerler gösterilmiştir.

Buna göre, balık yağı takviyelerindeki EPA, DHA ve $\Sigma\omega 3$ miktarlarının etikette iddia edilenlerden daha yüksek olduğu bulunmuştur. Balık yağı takviyelerindeki etikette verilen değerlerle gerçekte bulunan değerlerin doğruluğu tüketicinin bu ürünleri doğru ve sağlıklı kullanabilmeleri için oldukça önemlidir. Srigley ve Rader (2014), analiz ettikleri 46 adet denizel $\omega 3$ balık yağı takviyesinin %80’den fazlasının etiketteki bilgileri doğruladığını saptamıştır. Benzer şekilde,

Özyurt ve ark., (2022) kapsül formundaki balık yağı takviyelerinin yağ asidi bileşimleri açısından etiket bilgilerini doğruladığı sonucuna varmıştır. Opperman ve Benade (2013) adlı araştırmacıların Güney Afrikada satılan 16 farklı balık yağı takviyesi ile yapmış oldukları çalışmada ise, ürünlerin EPA'yı %48 ve DHA'yı ise %31'nin karşılamadığını bildirilmiştir. Avrupa'nın iddia edilen konsantrasyondan sapma konusunda, gerçek konsantrasyonun ne kadar olabileceği ile ilgili belirlenmiş bir limit değeri yoktur. Buna karşılık, Avrupa Komisyonu'nun gıda takviyelerine ilişkin Kılavuz belgesinde, çok doymamış yağ asitleri bakımından etikette belirtilen miktarın %40 + veya- oranında tolerans gösterilmesini tavsiye etmektedir (AB, 2011).

4.2. Serbest Yağ Asidi

Balık yağı takviyelerinde tespit edilen serbest yağ asidi miktarları (SYA, % oleik asit) Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3 Balık Yağı Takviyelerindeki SYA (% oleik asit) Miktarları*

Balık Yağı Takviyeleri	SYA (%oleik asit)
BYT1	2.20± 0.28 ^b
BYT2	2.29± 0.31 ^b
BYT3	0.60± 0.32 ^a
BYT4	0.39± 0.02 ^a
BYT5	0.41±0.14 ^a
BYT6	3.04 ±0.05 ^c
BYT7	0.12 ± 0.01 ^a
BYT8	0.64, ±0.11 ^a
BYT9	7.33± 0.65 ^d
BYT10	0.12± 0.01 ^a

*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak p<0.05 önem düzeyinde farklı olduğunu göstermektedir.

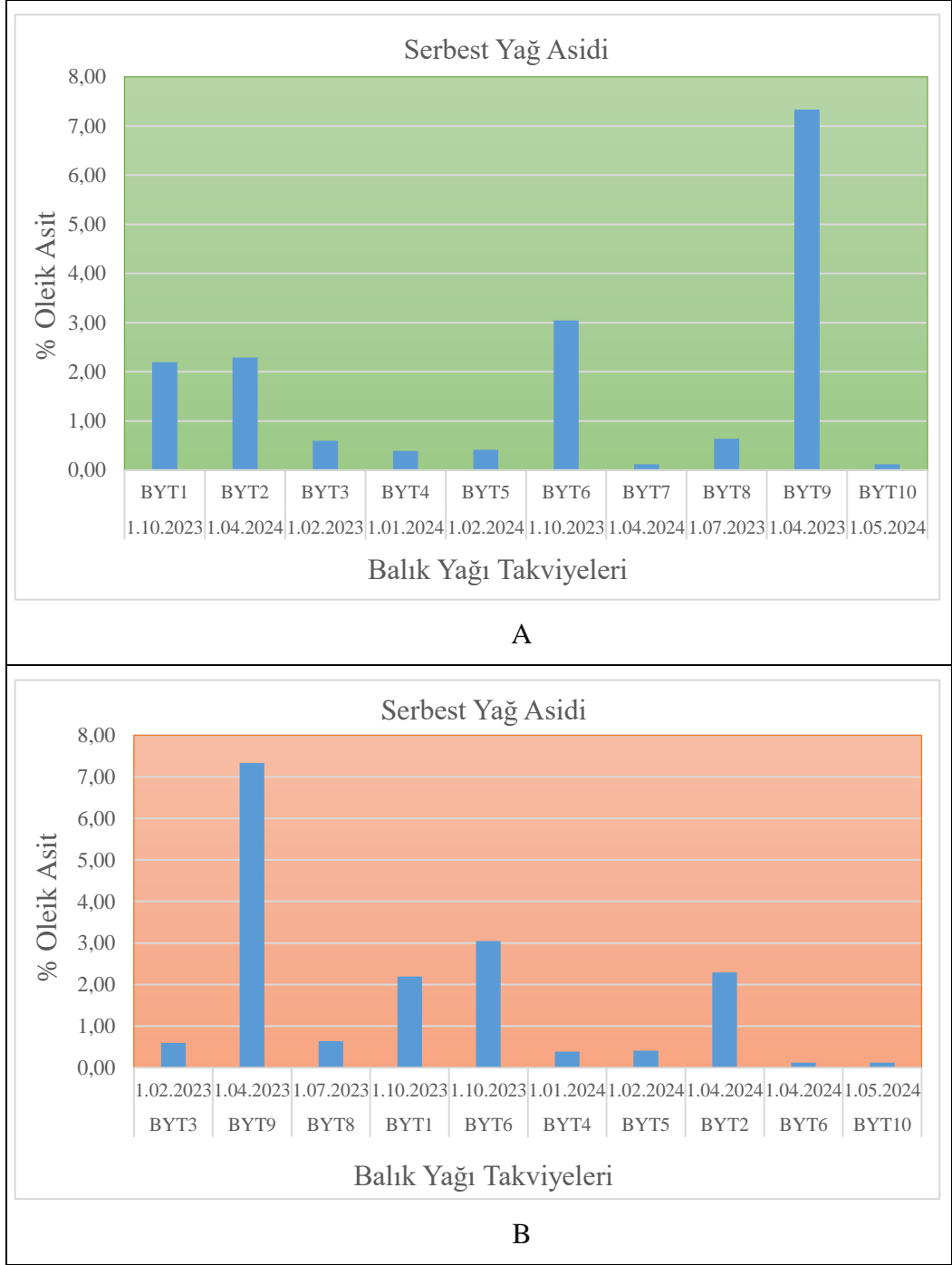
Bu çalışmada, balık yağı takviyeleri istatistiksel olarak incelendiğinde, %7.33± 0.65 ile BYT9'un önemli derecede en yüksek SYA içerdiği ve bunu %0.04 ±0.05 ile BYT6'nın takip ettiği bulunmuştur. Ürünler arasında en düşük SYA ise %0.12 ile BYT7 ve %0.12 ile BYT10'da bulunmuştur (p<0.05). Bununla birlikte, %0.39±0.02 ile BYT4, %0.41±0.1 ile BYT5, %0.60±0.32 ile BYT3 ve %0.64, ±0.11 ile BYT8'de bulunan SYA miktarı (% oleik asit), BYT7 ve BYT10'nin içerdiği değerlerle benzer bulunmuştur (p>0.05) (Çizelge 4.3).

Çok doymamış yağ asitleri ve yüksek otolitik aktiviteye sahip balıktan elde edilen yağlar, lipoliz ve oksidasyona karşı oldukça hassastırlar. Bu sebeple,

balıklardan ekstrakte edilen yağlar, ω 3 ekstraksiyonu veya biyodizel üretimi sırasında sorun yaratan yüksek SYA (% oleik asit) içeriğine sahiptirler. (Soldo ve ark., 2019). Yağın organoleptik özelliklerini etkileyen SYA, yağın hidrolizi ile oluşurlar (Motalebi Moghanjoghi ve ark., 2015; Özyurt ve ark., 2013). Ayrıca, esterleştirilmiş balık yağlarından daha hızlı okstilendikleri için balık yağının kalitesinde istenmeyen sonuçlara sebep olabilirler. Bu nedenle, balık yağının üretimi esnasında NaOH ekleyerek ve sabun oluşturarak uygulanan arıtma işlemindeki nötralizasyonun esnasında, SYA' nin büyük bir kısmı ortadan kaldırılmaktadır (Aidos ve ark., 2001).

Düşük konsantrasyonlarda, serbest yağ asitlerinin herhangi bir sağlık riski oluşturması beklenmemektedir. Ancak, serbest yağ asitlerinin seviyesinin bağırsak mukozasına potansiyel zararlı etkileri nedeniyle mümkün olduğu kadar düşük kalması arzu edilir (Aursand ve ark., 2011).

Serbest yağ asidi konsantrasyonları için CODEX, Avrupa Farmakopesi veya GOED tarafından farklı yönergeler önerilmiştir. Uluslararası Balık Yağı ve Unu Üreticileri Birliği (IFOMA) tarafından, ham balık yağı için mücade edilen serbest yağ aside miktarının (% oleik asit), %1-7 oleik asit (genellikle %2-5) arasında olması belirlenmiştir. Fakat balık yağı çeşitlerindeki kabul edilebilir SYA içeriği seviyeleri Sathivel ve ark., (2009) tarafından %1.8 ile %3.5 ve Crexi ve ark., (2010) tarafından %2 ile %5 arasında olup, maksimum kabul edilebilirliğin ise Aryee ve ark. (2009) tarafından %4 olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte, yenilebilir yağlar için SYA miktarının %3'ün altında olması gerektiği belirtilmektedir (Soldo ve ark., 2019; Özyurt ve ark., 2022). Bu çalışmada elde edilen verilere göre, IFOMA tarafından belirlenen limit sınırındaki oleik asit miktarını (%1-7 aralığında) sadece 1 adet balık yağı takviyesinin (BYT9) aştığı tespit edilmiştir. Fakat yenilebilir yağlarda belirlenen serbest yağ asidi limit miktarına göre (<%3) ise, iki adet balık yağı takviyesinin (BYT6 ve BYT9) önerilen limit değerini aştığı belirlenmiştir (Soldo ve ark., 2019; Özyurt ve ark., 2022). Benzer şekilde diğer araştırmacıların, balık yağı takviyeleri ile ilgili yapılmış bazı çalışmalarda, SYA miktarlarında bazı balık takviyelerinin belirtilen sınır değerlerini aştığı görülmüştür (Özyurt ve ark., 2022). Halbuki Özyurt ve ark., (2013) yılında Türkiyede satılan balık yağı kapsüllerinin kalitesini değerlendirdiği çalışmada, incelenen 10 farklı marka kapsülün SYA miktarının belirlenen limit değerlerinin altında olduğunu saptamıştır.



Şekil 4.4 Balık Yağı Takviyelerinde Tespit Edilen Serbest Yağ Asidi Miktarları (SYA, % oleik asit) (A: Fiyata göre sıralanmış, B: Son kullanma tarihine göre sıralanmış).

Şekil 4.4'te, satın alınan 10 farklı balık yağı takviyesinin fiyata ve son kullanma tarihine göre sıralandığı SYA miktarları gösterilmektedir. Bu çalışmada, balık yağı takviyelerinin SYA bakımından miktarları fiyata ve son kullanma tarihlerine göre incelendiğinde, fiyat ve son kullanma tarihleri ile SYA miktarları arasında doğrusal bir ilişki tespit edilememiştir. Sadece son kullanma tarihinin bitmesine yakın olan BYT9'un SYA miktarının oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu ürünün, uygun olmayan işleme ve depolama koşullarında olabileceği düşünülmektedir (Özyurt ve ark., 2022).

4.3. Peroksit

Balık yağı takviyelerinde tespit edilen peroksit miktarları (meq O₂/ kg balık yağı) Çizelge 4.4.'te verilmiştir.

Çizelge 4.4 Balık Yağı Takviyelerindeki Peroksit(meq O₂/ kg balık yağı) Miktarları*

Balık Yağı Takviyeleri	PO
	(meq O ₂ / kg balık yağı)
BYT1	2.86 ± 0.80 ^{ab}
BYT2	14.38±1.57 ^e
BYT3	2.69 ±0.61 ^{ab}
BYT4	10.76±0.57 ^d
BYT5	11.21±1.68 ^d
BYT6	2.14 ± 0.99 ^{ab}
BYT7	7.75 ± 1.52 ^c
BYT8	4.28 ± 0.50 ^b
BYT9	1.53 ± 0.18 ^a
BYT10	10.69±0.22 ^d

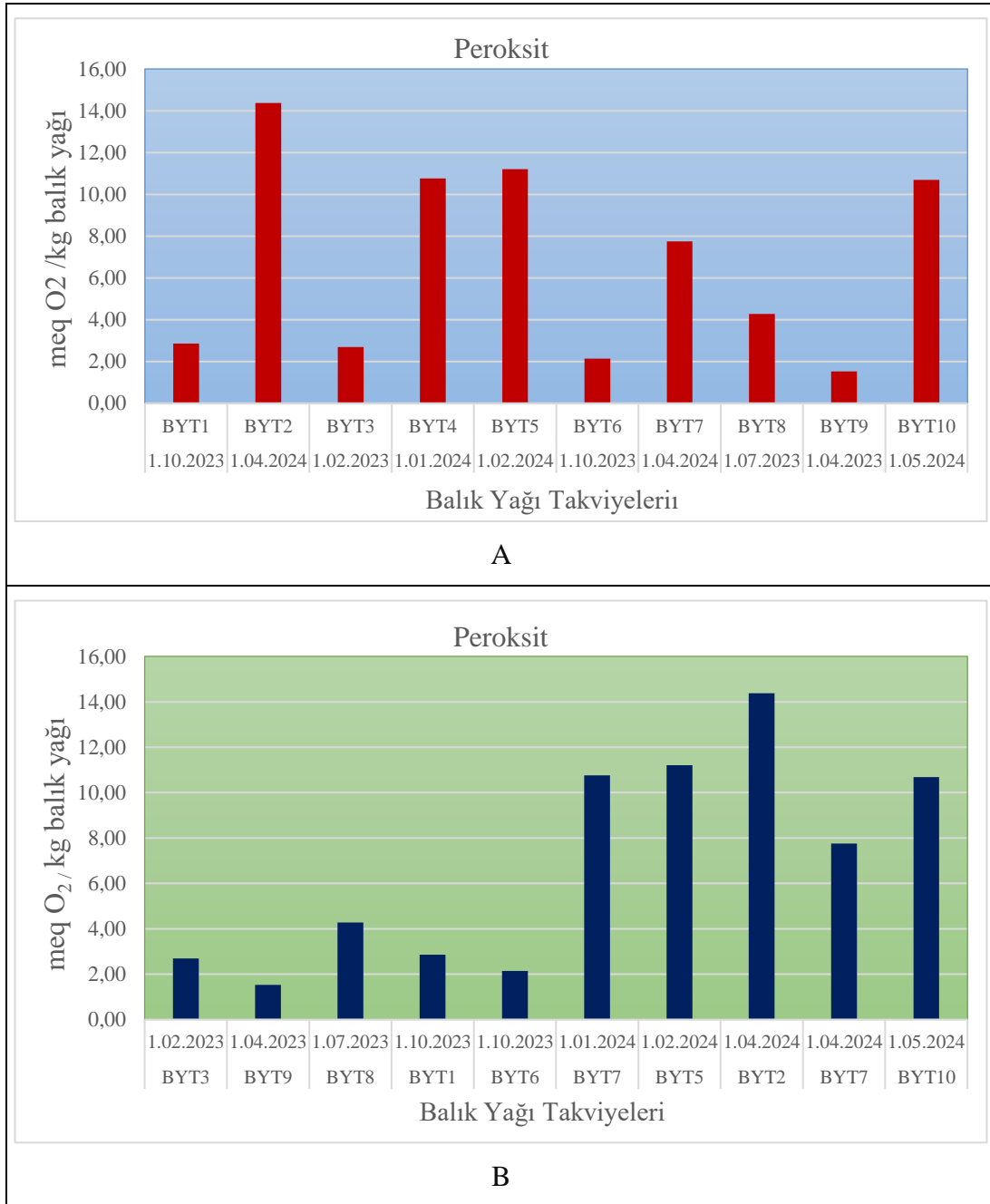
*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak p<0.05 önem düzeyinde farklı olduğunu göstermektedir.

Tüm balık yağı takviyelerinde istatistiksel olarak önemli derecede en yüksek peroksit değeri 14.38 meq O₂/ kg balık yağı ile BYT2'de bulunurken, bunu sırasıyla 11.21 meq O₂/ kg balık yağı ile BYT5, 10.76 meq O₂/ kg ile BYT4, 10.69 meq O₂/kg ile BYT10 takip etmiştir (p<0.05). Tüm balık yağı takviyelerinde önemli derecede en düşük peroksit değeri ise sırasıyla 1.53 meq O₂/kg ile BYT9, 2.14 meq O₂/kg ile BYT6, 2.69 meq O₂/kg ile BYT3 ve 2,86 meq O₂/kg ile BYT1'de bulunmuştur. Yapılan istatistiksel analizde, BYT1, BYT3, BYT6 ve BYT9'un içerdiği peroksit değerleri arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır (p>0.05). Ayrıca, BYT8'de tespit edilen peroksit değerinin BYT1, BYT3 ve BYT6'da tespit edilen peroksit değerleri ile aralarındaki farkın önemli olmadığı tespit edilmiştir (p>0.05).

Peroksit değeri (PO) olarak belirlenen birincil oksidasyon ürünleri, geleneksel olarak tatsız ve kokusuz lipit peroksitlerdir. Peroksit değeri, yağın çıkarıldığı balığın kalitesine, yağ çıkarma yöntemine, ambalaj materyaline ve balık yağının saklama koşullarına bağlı olarak değişebilmektedir (Marsol-Vall ve ark., 2022; Soldo ve ark., 2019). Oksitlenmiş balık yağlarının insan vücuduna verdiği zararlarla ilgili bir çok çalışma yapılmıştır (Esterbauer ve ark., 1993). Buna göre, lipit peroksidasyonunun nörodejeneratif hastalıklar dahil inflamasyonla ilişkili hastalıklarda patofizyolojik değişiklikler yapabileceği belirtilmektedir. Ayrıca, kronik lipit peroksidasyonunun Alzheimer hastalığının patogenezi ve karsinogenezde önemli bir etkiye sahip olduğu öne sürülmektedir (Lange ve ark., 2019).

Üretimden hemen sonra yüksek bir PO değerinin olması, balık yağının depolama stabilitesi üzerinde olumsuz bir etkisi olduğundan, endüstri mümkün olduğunca düşük PO değerine sahip yağları hedeflemektedir. Rafine yağlar için, üreticiler $PO < 1$, tercihen $0,5$ meq O_2/kg yağ olması gerektiğini belirtmektedirler (Decker, Elias, & McClements, 2010), ancak uzun zincirli $\omega 3$ ÇDYA bakımından zengin olan yağlar açısından PO limitleri 5 meq O_2/kg yağ olarak önerilmektedir (İsmail ve ark., 2016; GOED, 2018). Bu çalışmada, 5 adet balık yağı takviyesinin 5 meq O_2/kg yağ limit değerlerinin altında olduğu, diğer grupların ise bu limit değerlerini aştığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte İsmail ve ark., (2016)'nın belirttiğine göre, 12 farklı uluslararası ve bölgesel düzenlemeler ile farmakope monograflarına (2015) göre, >10 meq/kg'ın üzerinde peroksit değeri olan balık yağı örneklerinin kötü işleme ve depolama koşulları sebebiyle oluştuğu belirtilmektedir. Özyurt ve ark., (2022) balık yağı kapsülleri de PO değerlerini limitlerin altında bulurken, 10 farklı markaya ait şurup şeklinde satılan balık yağı takviyelerinin 3 adedinin belirlenen limit değerlerini aştığını belirlemiştir. Benzer şekilde Sprague ve ark., (2018)'da 3 farklı balık yağı takviyesinde 5 meq O_2/kg yağ limit sınırını aştığını bulmuşlardır. Albert ve ark., (2015), 36 farklı balık yağı takviyesinde PO değerinin 1.09 ile 33.34 arasında değiştiğini bulmuştur. Bannenberg ve ark. (2020)'nın Birleşik Krallık'ta en fazla satılan 48 farklı balık yağı takviyesinde, ortalama PO değerinin 0.1 ile 16.8 meq O_2/kg arasında değiştiğini ve ürünlerin % 85.4 'nün (41 ürün), GOED ve balık yağı ve kril yağı için USP monografları tarafından belirtilen 5 meq O_2/kg limitini aşmadığını tespit etmişlerdir. Ayrıca Mason ve Sherratt (2017) adlı araştırmacılar,

Amerika’da satılan farklı balık yağı takviyelerinde PO değerinin istenen limit değerlerinin çok üzerinde olduğunu belirtmişlerdir. Buna göre bu çalışmada, 4 grubun belirlenen düzeyi aştığı tespit edilerek kötü işleme ve depolama koşullarında üretim ve depolama yapıldığı sonucuna varılmıştır (Aursand ve ark., 2011; Özyurt ve ark., 2022).



Şekil 4.5 Balık Yağı Takviyelerinde Tespit Edilen Peroksit Miktarları (PO, meq O₂ / kg balık yağı) (A: Fiyata göre sıralanmış, B: Son kullanma tarihine göre sıralanmış)

Şekil 4.5’de satın alınan 10 farklı balık yağı takviyesinin fiyata ve son kullanma tarihine göre sıralandığı PO miktarları gösterilmektedir. Bu çalışmada, balık yağı takviyelerinin PO miktarları fiyata göre incelendiğinde, fiyat ile PO miktarları arasında doğrusal bir ilişki tespit edilememiştir. Ancak Şekil 4.5 (B)’de de görüldüğü gibi, son kullanma tarihlerinin ileri olduğu balık yağı takviyelerinde, PO değerlerinin yakın olanlardan daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmektedir. Albert ve ark., (2015)’nin yaptıkları çalışmada, Avustralya ve Yeni Zelanda’da satılan balık yağı kapsüllerinin son kullanma tarihleri ile PO değerleri arasında bir ilişki bulunmamıştır. Araştırmacılar ayrıca, fiyat bakımında da oksidasyon ile daha pahalı satılan gıda takviyeleri arasında da bir ilişki tespit edilemediğini belirtmiştir. Özyurt ve ark., (2022) da Türkiyede en pahalı ve en ucuz satılan balık yağı kapsülü arasında PO değeri bakımından limit değerlerinin altında olduğunu ve birbirine yakın değerleri içerdiğini saptamıştır.

4.4. Tiyobarbitürik Asit

Türkiyede satışa suluna 10 farklı balık yağı takviyesinde tespit edilen tiyobarbitürik asit (TBA, mg malonaldehit/kg balık yağı) miktarları Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5 Balık Yağı Takviyelerindeki TBA (mg malonaldehit/kg balık yağı balık yağı) Miktarları*

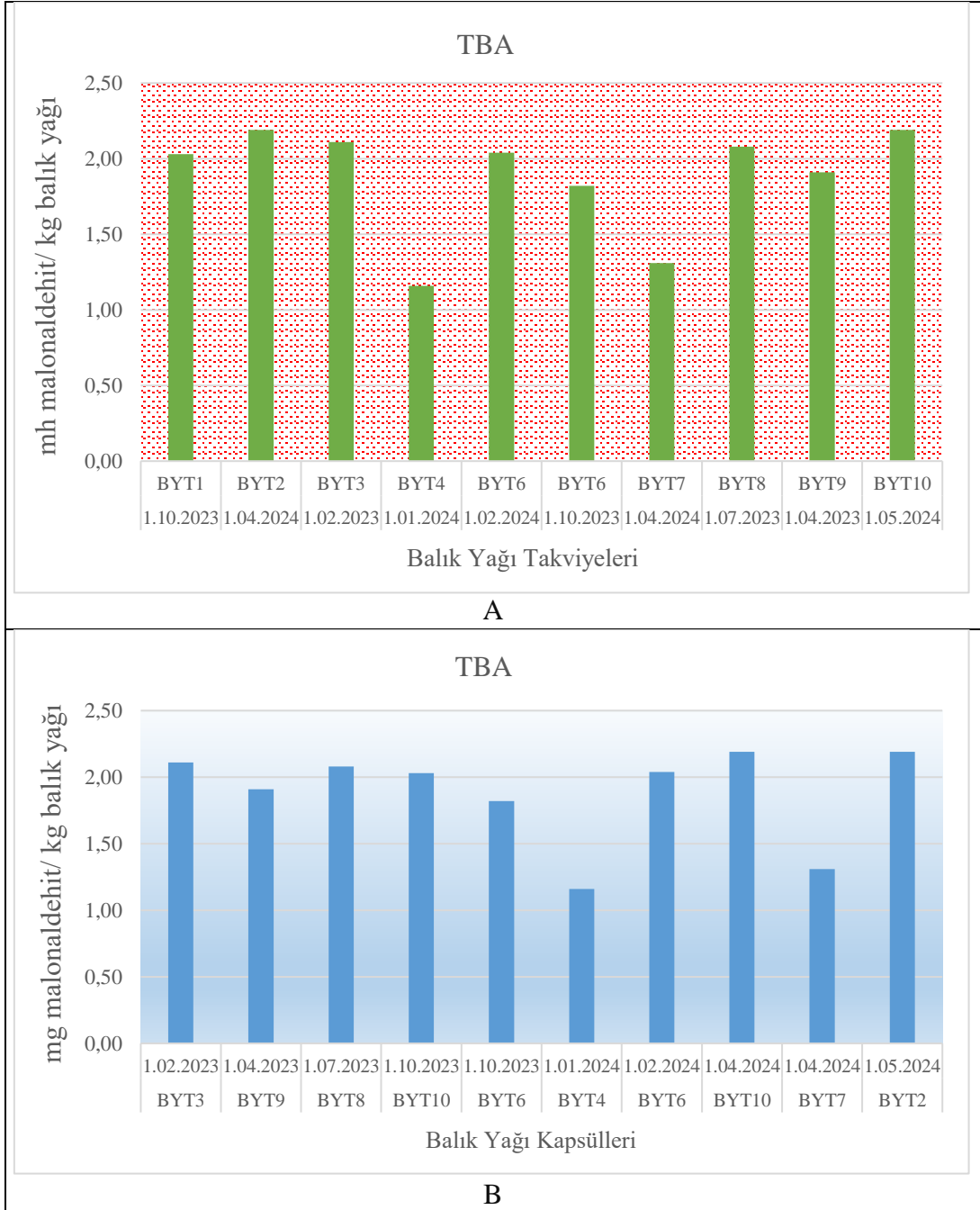
Balık Yağı Takviyeleri	TBA
	(mg malonaldehit/kg balık yağı)
BYT1	2.03±0.09 ^{cd}
BYT2	2.19±0.07 ^d
BYT3	2.11±0.07 ^d
BYT4	1.16±0.14 ^a
BYT5	2.04±0.00 ^{cd}
BYT6	1.82±0.00 ^b
BYT7	1.31±0.02 ^a
BYT8	2.08±0.22 ^{cd}
BYT9	1.91±0.09 ^{bc}
BYT10	2.19±0.07 ^d

*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak $p<0.05$ önem düzeyinde farklı olduğunu göstermektedir.

TBA değeri istatistiksel olarak incelendiğinde, balık yağı takviyeleri arasında önemli farklılıklar olduğu bulunmuştur ($p<0.05$). Analiz sonuçlarına göre test edilen 10 farklı balık yağı takviyesinde, en yüksek TBA değeri 2.19 mg malonaldehit/kg balık yağı ile BYT2 ve BYT10’ta bulunmuştur ($p<0.05$). Her ne kadar istatistiksel olarak

benzer çıksa da bunu 2.11 mg malonaldehit/kg balık yağı ile BYT3, 2.08 mg malonaldehit/kg balık yağı ile BYT8, 2.04 mg malonaldehit/kg balık yağı ile BYT5 ve 2.03 mg malonaldehit/kg balık yağı ile BYT1 takip etmiştir ($p>0.05$). İncelenen tüm balık yağı takviyelerinde, önemli derecede en düşük TBA değeri ise 1.16 mg malonaldehit/kg balık yağı ile BYT4 ve 1.31 mg malonaldehit/kg balık yağı BYT7' de bulunmuşlardır ($p<0.05$). Schormüller (1969)'a göre, TBA değerinin iyi bir materyalde 3 mg MA/kg'dan az olması gerektiği bildirilmiştir. Buna göre, çalışmamızdaki tüm balık yağı kapsüllerinin bu sınırı aşmadığı tespit edilmiştir. Özyurt ve ark., (2022) balık yağı kapsüllerinde TBA değerininin 0.76–1.29 mg MA/kg arasında değiştiğini belirlemiştir.

Lipid oksidasyonunun ikincil ürünlerinin saptanması için kullanılan en yaygın yöntemlerden biri TBA analizidir (Özoğul, 2003; 2007; Tokur, 2007). Analiz, doymamış yağ asitlerinden açığa çıkan oksidasyon ürünü malonaldehitin tiyobarbitürik asit (TBA) ile reaksiyona girerek oluşturdukları pembe rengin, 532-535 nm'de absorbansının ölçülmesine dayanır. Malondialdehit (4-hidroksi-2-heksenal (HHE) ve 4-hidroksi-2-nonenal (HNE) ikincil lipid oksidasyonunun ana ürünüdür ve diğer ikincil lipid peroksidasyon ürünleriyle karşılaştırıldığında, lipid peroksidasyon durumunun en önemli belirteçlerinden biri olarak stabildir ve bol miktarda bulunur. Karbonil gruplarının varlığı nedeniyle malonadehit (MDA), nükleik asitler, lipoproteinler, peptitler ile birkaç nükleofilik reaksiyona giren, bunların kimyasal davranışlarını kolayca değiştiren reaktif bir moleküldür (Custodio-Mendoza ve ark., 2019). Yapılan çalışmalarda, peroksitlenmiş yağın emilimi ve in vivo oksidasyona uğramış balık yağının tüketiminin, farelerde ve insanlarda plazma ve idrar malondialdehit seviyelerinin artırdığını göstermiştir (Larsson ve ark., 2016). Birçok araştırmacı tarafından, malondialdehitin DNA mutasyonlarını indüklediği, tiroid tümörlerine ve cilt kanserine neden olabileceği ve kadınlarda artan meme kanseri riski ile ilişkili olabileceğini öne sürmektedir (Lange ve ark., 2019).



Şekil 4.6 Balık Yağı Takviyelerinde Tespit Edilen Tiyobarbitürik Asit Miktarları (TBA, mg malonadehit/ kg balık yağı) (A: Fiyata göre sıralanmış, B: Son kullanma tarihine göre sıralanmış).

Şekil 4.6’da satın alınan 10 farklı balık yağı takviyesinin fiyata ve son kullanma tarihine göre sıralandığı TBA miktarları gösterilmektedir. Bu çalışmada, balık yağı takviyelerinin TBA miktarları fiyata ve son kullanma tarihlerine göre incelendiğinde, fiyat ve son kullanma tarihleri ile TBA miktarları arasında doğrusal bir ilişki tespit edilememiştir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Son yıllarda, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de besin takviyesi kullanımı artmıştır. Ancak ülkemizde tüketilen bu ürünlerin temel bileşenleri hakkında çok az araştırma bulunmaktadır. Gıda takviyesi olarak satışı sunulan balık yağlarının en büyük problemi çok sayıda çift bağ içeren $\omega 3$ ÇDYA nedeniyle oksidasyona oldukça yatkın olmasıdır. Bu nedenle, 2 yıl raf ömrü belirlenen bu gıda takviyelerinin yağ asidi kompozisyonunun ve kimyasal kalite parametrelerinin içeriklerinin zaman içerisindeki değişimlerinin tespiti önemlidir.

Bu çalışmada, insan vücudunun sentezleyemediği ve yaşamsal gereksinimler için dışarıdan mutlaka alınması gerekli olan çok doymamış $\omega 3$ yağ asitlerini içeren kapsüllenmiş jel formlarda gıda takviyesi olarak satılan balık yağlarının, yağ asitleri kompozisyonu ve lipid kaliteleri incelenmiştir. Çalışmada kullanılan materyaller, eczanelerde ve on-line alışveriş sitelerinde satışı sunulan ve tüketiciler tarafından en fazla tercih edilen kapsül formunda farklı 10 adet ithal ve yerli markadan oluşmaktadır.

Çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır:

1. Tüm balık yağı takviyeleri incelendiğinde; baskın olan doymuş yağ asitlerinin balık yağı takviyelerine göre değiştiği ve Σ DYA'nin %1.15 ile %36.55 arasında olduğu saptanmıştır.
2. Kapsüllenmiş olarak satılan 10 farklı markaya ait balık yağı takviyelerinde, majör tek doymamış yağ asitinin (TDYA) C18:1 $\omega 9$ (oleik asit) olduğu ve %0.38 ile %31.02 arasında değiştiği saptanmıştır.
3. Farklı markalara ait balık yağı takviyelerinde toplam Σ TDYA miktarının ise %6.27 (BYT9) ile %22.91 (BYT3) arasında değiştiği bulunmuştur.
4. Araştırmada, balık yağı takviyelerinin yağ asidi kompozisyonunda en baskın çok doymamış yağ asitlerini (ÇDYA) C20:5 $\omega 3$ (EPA) ve C22:6 $\omega 3$ (DHA) oluşturmuştur. Balık yağı takviyeleri arasında, EPA miktarının %21.00 ile %49.41 DHA miktarının ise %13.78 ile %33.31 arasında değiştiği saptanmıştır.
5. İki marka hariç (%41,33- 41.46) diğer tüm takviyelerin yüksek oranda Σ ÇDYA (%85.37-%92.58) içerdiği görülmüştür.

6. Bu çalışmada incelenen tüm balık yağı takviyelerinde Σ EPA+DHA miktarlarının %34.79 ile %82.71 arasında değiştiği saptanmıştır.
7. $\Sigma\omega 3/\omega 6$ oranına göre, tüm balık yağı takviyelerinin HMS (1994) tarafından önerilen orandan (4) oldukça yüksek olduğu saptanmıştır.
8. Çalışma sonucunda; balık yağı takviyelerindeki EPA, DHA ve $\Sigma\omega 3$ miktarlarının etikette iddia edilen değerlerden daha yüksek olduğu bulunmuştur.
9. Balık yağı takviyelerindeki SYA değeri %0.12-7.33 oleik asit aralığında bulunmuştur.
10. IFOMA tarafından belirlenen limit sınırındaki oleik asit miktarını (%1-7 aralığında) sadece 1 adet balık yağı takviyesinin (BYT9) aştığı tespit edilmiştir. Fakat yenilebilir yağlarda belirlenen serbest yağ asidi limit miktarına göre (<%3) ise, iki adet balık yağı takviyesinin (BYT6 ve BYT9) önerilen limit değerini aştığı belirlenmiştir.
11. Araştırmada tüm balık yağı takviyelerinin peroksit değerleri 1.53-14.38 meq $O_2/$ kg balık yağı aralığında bulunmuştur. Buna göre çalışmada, toplam 5 adet markanın GOED (2008)'e göre (5 meq $O_2/$ kg) limit değerlerinin altında olduğu diğer grupların ise limit değerlerini aştığı tespit edilmiştir.
12. Analiz sonuçlarına göre test edilen 10 farklı balık yağı takviyesinin, TBA değerleri 1.16-2.19 mg MA/kg balık yağı aralığındadır. Buna göre tüm balık yağı takviyeleri belirtilen sınırı (<3 mg MA/kg balık yağı) aşmamıştır.
13. SYA, PO ve TBA değerleri ile fiyat ve son kullanma tarihleri incelendiğinde, aralarında herhangi bir doğrusal ilişki bulunamamıştır.

Raflarda satılan balık yağı kapsüllerinin kalitesi ve etiket bilgileri anlamında yasal olarak bir denetleme unsuru bulunmamaktadır. Mevcut yönetmeliklerde bununla ilgili herhangi bir yasal sınır bulunmadığı için tüketimi gittikçe yaygınlaşan ve sağlık için elzem olan balık yağı kapsülleriyle ilgili kalite standartlarını içeren yasal düzenlemelere ihtiyaç vardır. Dünyanın çeşitli ülkelerinden balık yağı ile ilgili çalışmalar yapan bilim adamları da uluslararası bir standardizasyonun belirlenmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Böylece 2 yıllık raf ömrü olan, çevresel faktörlerin etkisiyle lipit kalitesi kolayca bozulabilen balık yağlarının, aralıklı kontrolleri yapılarak etiket bilgileri ve

kalitesiyle ilgili tüketicilere doğru ve sağlıklı ürünlerin ulaştırılmasının sağlanmasının elzem olduğu düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Ahmed, M., Moazzami, AA., Andersson, R. & Pickova, J. (2011). Fish oil capsules of varying quality: fatty acids and tocopherol. *Nöro Endokrinol Lett*, 32(2), 37-40.
- Ahmed, R., Haq, M., Cho, YJ. & Chun, BS. (2017). Quality evaluation of oil recovered from by-products of bigeye tuna using supercritical carbon dioxide extraction. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17(4), 663-672.
- Aidos, I., van der Padt, A., Boom, RM. & Luten, JB. (2001). Upgrading of maatjes herring byproducts: production of crude fish oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(8), 3697-3704.
- Ako, H. & Ogasawara, EO. (1994). ω -3 fatty acids in Hawaiian seafood. *Hawaii Med J*, 53(5), 142-145.
- Alammar, WA., Albeesh, FH., Ibrahim, LM., Algindan, YY., Yamani, LZ. & Khattab, RY. (2021). Effect of ω 3 fatty acids and fish oil supplementation on multiple sclerosis: a systematic review. *Nutritional Neuroscience*, 24(7), 569-579.
- Albert, BB., José, GB., Derraik, D., Cameron-Smith, PL., Hofman, S., Tumanov, SG., Villas-Boas, ML., Garg, W. & Cutfield, S. (2015). Fish oil supplements in New Zealand are highly oxidised and do not meet label content of n-3 PUFA. *National Library of Medicine*, 21(5), 7928.
- Anonim, (1986). Hayvansal ve bitkisel yağlar iyot sayısı tayini, TS 4961, Ankara.
- Aredes, MA. de Camara, AO., de Paula, NS., Fraga, KYD., do Carmo, MD. & Chaves, GV. (2019). Efficacy of ω -3 supplementation on nutritional status, skeletal muscle, and chemoradiotherapy toxicity in cervical cancer patients: a randomized, triple-blind, clinical trial conducted in a middle-income country. *Nutrition*, 67, 110528.
- Aryee, AN., Van de Voort, FR. & Simpson, BK. (2009). FTIR determination of free fatty acids in fish oils intended for biodiesel production. *Process Biochemistry*, 44(4), 401-405.
- Ashton, IP., Unilever, R. & Sharnbrook, D. (2002). Safety and Quality Issues in Fish Processing. Woodhead Publishing Limited, United Kingdom, 254-285.
- Aursand, M., Mozuraityte, R., Hamra, K. Knutsen, H., Maage, A. & Arukwe, A. (2011). Description of Processes in the Value Chain and Risk Assessment of Decomposition Substances and Oxidation Products in Fish Oils. Norwegian Scientific Committee for Food Safety, VKM ISBN: 978-82-8259-035-8 numbers Report, Norwegian.
- Balwan, WK. & Saba, N. (2021). Study of role of fish oil in human health. *Global Academic Journal of Medical Sciences*, 3(1), 14-18.
- Bannenberg, G., Mallon, C., Edwards, H., Yeadon, D., Yan, K., Johnson, H. & İsmail, A. (2017). ω 3 long-chain polyunsaturated fatty acid content and oxidation state of fish oil supplements in New Zealand. *Scientific reports*, 7(1), 1-13.

- Bannenberg, G., Rice, HB., Bernasconi, A., Ferrari, A., Mallon, C., Navarrete, L. & İsmail, A. (2020). Ingredient label claim compliance and oxidative quality of EPA/DHA omega-3 retail products in the US. *Journal of Food Composition and Analysis*, 88, 103435.
- Bimbo, AP. (1998). Guidelines for characterizing food-grade fish oil. *International Fishmeal and Oil Manufacturers Association*, 9(5), 473-483.
- Bird, AR., Brown, IL. & Topping, DL. (2000). Starches, resistant starches, the gut microflora and human health. *Current issues in intestinal microbiology*, 1(1), 25-37.
- Budowski, P. & Markley, KS. (1988). The chemical and physiological properties of sesame oil. *Chemical Reviews*, 48, 125-151.
- Calder, PC. (2006). n-3 Polyunsaturated fatty acids, inflammation, and inflammatory diseases. *American Journal of Clinical Nutrition*, 83, 505-519.
- Calder, PC., Kremmyda, LS., Vlaçava, M., Noakes, PS. & Miles, EA. (2010). Do Fatty Acids Have a Role in Early Life Programming of the Immune System. *Nutrition Association Proceedings*, 69(3), 373-380.
- Calder, PC., Maggini, S. & Pierre, A. (2018). Immune function and micronutrient requirements change over the life course. *Nutrients*, 10(10), 1531.
- Chee, KM., Gong, JX., Good Rees, DM., Meydanl, M., Ausman, L., Johnson, J. & Schaefer, E.J. (1990). Fatty acid content of marine oil capsules. *Lipids*, 25(9), 523-528.
- Chitapanarux, I., Traisathit, P., Chitapanarux, T., Jiratrachu, R., Chottaweesak, P., Chakrabandhu, S. & Sripan, P. (2020). Arginine, glutamine, and fish oil supplementation in cancer patients treated with concurrent chemoradiotherapy: a randomized control study. *Current problems in cancer*, 44(1), 100482.
- Codex Alimentarius Commission. (1999). Procedural manual (11th ed.). Rome, Italy: FAO. (This book is available at FAO and WHO bookstores or by writing to the Codex Secretariat in Rome).
- Codex Alimentarius. (2009). Codex standard for edible fats and oils not covered by individual standard. Codex stand 19-1981, rev 2.
- Codex Alimentarius. (2017). Standard for Named Vegetable Oils Codex. Stan 210-1999. FAO/WHO, Rome.
- Codex Stan 329, (2017). Codex Stan 329 Standard for fish oils. http://www.iffco.net/system/files/Codex%20Standard%20for%20Fish%20Oils%20CXS_329e_Nov%202017.pdf- (Erişim tarihi: 02.11.2022)
- Covaci, A., Voorspoels, S., Vetter, W., Gelbin, A., Jorens, P., Blust, R. & Neels, H. (2007). Anthropogenic and Naturally Occurring Organobrominated Compounds in Fish Oil Dietary Supplements. *Environmental Science Technology*, 41, 5237-5244.
- Cretton, M., Malanga, G., Mazzuca Sobczuk, T. & Mazzuca, M. (2022). Marine lipids as a source of high-quality fatty acids and antioxidants. *Food Reviews International*, 1-24.

- Custodio-Mendoza, JA., Valente, IM., Ramos, RM., Lorenzo, RA., Carro, AM. & Rodrigues, JA. (2019). Analysis of free malondialdehyde in edible oils using gas-diffusion microextraction. *Journal of Food Composition and Analysis*, 82, 103254.
- Çakmak, O., Altuntaş, A, Uğurcu, V., Erdemli, HK. & Akyol, S. (2015). Female *Leuciscus lepidus* may be a new alternative for fish oil supplements. *Journal of Chemistry*, 1-7.
- Das, S., Paul, BN., Sengupta, J. & Datta, AK. (2009). Beneficial effects of fish oil to human health: a review. *Agricultural Reviews*, 30(3), 199-205.
- Dietz, B. & Bolton, JL. (2007). Botanical Dietary Supplements Gone Bad. *Chem. Res. Toxicol*, 20(4), 586-590.
- Dolan, P., Nortrup, DA., Bolger, M. & Capar, SG. (2003). Analysis of Dietary Supplements for Arsenic, Cadmium, Mercury and Lead Using Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry. *J. Agric. Food Chem*, 51(5), 1307-1312.
- Duncan, DB. (1955). Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*, 11(1), 1-41. <https://doi.org/10.2307/3001478>.
- Durmuş, M. (2019). Fish oil for human health: omega-3 fatty acid profiles of marine seafood species. *Food Science and Technology*, ISSN: 0101-2061.
- EFSA. (2010). Scientific Opinion on fish oil for human consumption. food hygiene, Including rancidity. *EFSA Journal*, 8(10), 1-48, Italy.
- Ellulu, MS., Khaza'ai, H., Abed, Y., Rahmat, A., Ismail, P. & Ranneh, Y. (2015). Role of fish oil in human health and possible mechanism to reduce the inflammation. *Inflammopharmacology*, 23(2), 79-89.
- Ergas, D., Eilat, E., Mendlovic, S. & Stoeber, ZM. (2002). ω -3 fatty acids and the immune system in autoimmunity. *The Israel Medical Association Journal: IMAJ*, 4(1), 34-38.
- Esterbauer, H. (1993). Cytotoxicity and genotoxicity of lipid-oxidation products. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 57(5), 779-785.
- EU, Guidance document for competent authorities for the control of compliance with EU legislation on. (2011). Regulation (EU) No 1169/2011 of the European Parliament and of the Council of 25 October 2011. <https://ec.europa.eu/food/sites/food/files/safety/docs/labelling_nutrition-vitamins_mineralsguidance_to_lerances_1212_en.pdf>- (Erişim tarihi: 24.11.2022).
- FAO/WHO. (2010). Fats and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation. Rome, Italy: FAO/WHO. Available from: http://www.who.int/nutrition/publications/nutrientrequirements/fatsandfattyacids_humannutrition/en/- (Erişim tarihi: 30.11.2022).
- Garcia-Rico, L., Leyva-Perez, J. & Jara-Marini, ME. (2007). Content and daily intake of copper, zinc, lead, cadmium, and mercury from dietary supplements in Mexico. *Food and Chemical Toxicology*, 45, 1599-1605.
- Garti, N. (Ed.). (2008). Delivery and controlled release of bioactives in foods and nutraceuticals. Elsevier, England.

- Giese, E. & Fritsche, J. (2021). New approaches to detect compositional shifts in fish oils. *Oil and oilseed processing: Opportunities and Challenges*, 81-101.
- GOED. (2008). The webinar is organized by the Global Organization for EPA and DHA Omega-3s (GOED), and will be held on March 6 and 7.
- GOED. (2012). Global Organization for EPA and DHA Omega-3s (GOED) Voluntary Monograph (v. 4). Omega-3 EPA, Omega-3 DHA, Omega-3 EPA & DHA. Salt Lake City, UT: Global Organization for EPA and DHA Omega-3, available at: <http://www.goedomega3.com/images/stories/files/goedmonograph.pdf>(Erişim tarihi: 05.11.2022).
- GOED. (2019). Version 7.1, issue date August 6, 2019 <<https://goedomega3.com/storage/app/media/Governance%20docs/Monograph%20-%202019%2008%2006.pdf>>- (Erişim tarihi: 15.11.2022).
- Goel, A., Potineni, NV., Singhal, M., Paydak, H., Saldeen, T. & Mehta, JL. (2018). Fish, fish oils and cardioprotection: promise or fish tale. *International Journal of Molecular Sciences*, 19 (12), 3703.
- Hashim, NA., Mudalip, SA., Sulaiman, SZ. & Shaarani, SM. (2021). Nutritional values and microencapsulation techniques of fish oil from different sources: A mini review. *Materials Today: Proceedings*, 42, 222-228.
- Heydari, B., Abdullah, S., Pottala, JV., Shah, R., Abbasi, S., Mandry, D. & Kwong, RY. (2016). Effect of omega-3 acid ethyl esters on left ventricular remodeling after acute myocardial infarction: the omega-remodel randomized clinical trial. *Circulation*, 134(5), 378-391.
- Hill, AM., Buckley, JD., Murphy, KJ. & Howe, PR. (2007). Combining fish-oil supplements with regular aerobic exercise improves body composition and cardiovascular disease risk factors. *The American journal of clinical nutrition*, 85(5), 1267-1274.
- HMS. (1994). Nutritional aspects of cardiovascular disease report on health and social subjects, Tech. Rep. 46, HMSO, London, UK.
- Ho, CT., Simon, JE., Shahidi, F. & Shao, Y. (2008). Dietary supplements: an overview. ACS Symposium Series; American Chemical Society: Washington, DC.
- Horner, D., Hjelmsø, MH., Thorsen, J., Rasmussen, M., Eliassen, A., Vinding, RK. & Bisgaard, H. (2021). Supplementation with fish oil in pregnancy reduces gastroenteritis in early childhood. *The Journal of Infectious Diseases*.
- Ismail, A., Bannenberg, G., Rice, HB., Schutt, E. & MacKay, D. (2016). Oxidation in EPA-and DHA-rich oils: an overview. *Lipid Technology*, 28(3-4), 55-59.
- Jackowski, SA., Alvi, AZ., Mirajkar, A., Imani, Z., Gamalevych, Y., Shaikh, NA. & Jackowski, G. (2015). Oxidation levels of North American over-the-counter ω 3 (ω 3) supplements and the influence of supplement formulation and delivery form on evaluating oxidative safety. *Journal of nutritional science*, 4(4).

- Jensen CL., Maude M., Anderson, RE. & Heird, WC. (2000). Effect of docosahexaenoic acid supplementation of lactating women on the fatty acid composition of breast milk 66 Lipids and maternal and infant plasma phospholipids. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 71(1), 292-99.
- Jensen, CL., Voigt, RG., Llorente, AM., Peters, SÜ., Prager, TC., Zou, YL., Rozelle, JC., Turcich, MR., Fraley, JK., Anderson, RE. & Veliaht, WC. (2010). Effects of early maternal docosahexaenoic acid ingestion at five years old breastfed term infants on neuropsychological status and visual acuity, *Journal of Pediatrics*. 157(6), 900-905.
- Karsli, B. (2021). Comparative analysis of the fatty acid composition of commercially available fish oil supplements in Turkey: Public health risks and benefits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 103, 104105.
- Kazuo, M. (2019). Prevention of fish oil oxidation. *Journal of oleo science*, 68(1), 1-11.
- Keskin, H. & Erkmen, G. (1987). Besin Kimyası. İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Matbacılık Tic. Ltd. Şti. İstanbul, 3450(72), 89-90,102-107,155-159.
- Kiecolt-Glaser, JK., Belury, MA., Andridge, R., Malarkey, WB. & Glaser, R. (2011). Omega-3 supplementation lowers inflammation and anxiety in medical students: a randomized controlled trial. *Brain, behavior, and immunity*, 25(8), 1725-1734.
- Kim, DE., Shang, X., Assefa, AD., Keum, YS. & Saini, RK. (2018). Metabolite profiling of green, green/red, and red lettuce cultivars: variation in health beneficial compounds and antioxidant potential. *Food Research International*. 105, 361-370.
- Kishida, E., Tokumaru, S., Ishitani, Y., Yamamoto, M., Oribe, M., Iguchi, H. & Kojo, S. (1993). Comparison of the formation of malondialdehyde and thiobarbituric acidreactive substances from autoxidized fatty acids based on oxygen consumption. *Journal of Agricultural Food*, 41, 1598-1600.
- Korkmaz, K. & Tokur, B. (2019). Proximate composition of three different fish (trout, anchovy and whiting) waste during catching season. *Turkish Journal of Maritime and Marine Sciences*, 5(2), 133-140.
- Kris-Etherton, PM., Harris, WS. & Appel, LJ. (2002). Fish consumption, fish oil, omega-3 fatty acids, and cardiovascular disease. *Circulation*, 106(21), 2747-2757.
- Lamas, DL. & Massa, AE. (2019) Ray Liver Oils Obtained by Different Methodologies: Characterization and Refining, *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 28(5), 555-569.
- Lange, KW., Nakamura, Y., Gossiau, AM. & Li, S. (2019). Are there serious adverse effects of omega-3 polyunsaturated fatty acid supplements. *Journal of Food Bioactives*, 7.

- Larsson, K., Harrysson, H., Havenaar, R., Alminger, M. & Undeland, I. (2016). Formation of malondialdehyde (MDA), 4-hydroxy-2-hexenal (HHE) and 4-hydroxy-2-nonenal (HNE) in fish and fish oil during dynamic gastrointestinal in vitro digestion. *Food & function*, 7(2), 1176-1187.
- Lev-Tzion, R., Griffiths, A.M., Leder, O. & Turner, D. (2014). ω 3 fatty acids (fish oil) for maintenance of remission in Crohn's disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2 (2), CD006320.
- Liao, J., Xiong, Q. Yin, Y., Ling, Z. & Chen, S. (2021). The effects of fish oil on cardiovascular diseases: systematical evaluation and recent advance. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 8.
- Liao, Y., Xie, B., Zhang, HOQ., Guo, L., Subramaniepillai, M., Fan, B., Lu, C. & McIntyre, RS. (2019). The efficacy of ω 3 PUFAs in depression: A meta-analysis. *Translation Psychiatry*, 9(1), 190.
- Lin, PY. & Su, KP. (2007) A meta-analytic review of double-blind, placebo-controlled trials of antidepressant efficacy of omega-3 fatty acids. *Journal of Clinical Psychiatry*, 68, 1056-1061.
- Liu, S. H., Chiu, CY., Wang, LP. & Chiang, MT. (2019). Omega-3 fatty acids-enriched fish oil activates AMPK/PGC-1 α signaling and prevents obesity-related skeletal muscle wasting. *Marine drugs*, 17(6), 380.
- Liu, Y., Ramakrishnan, VV. & Dave, D. (2020). Lipid class and fatty acid composition of oil extracted from Atlantic salmon by-products under different optimization parameters of enzymatic hydrolysis. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 30, 101866.
- Lunn, J. & Theobald, HE. (2006). The health effects of dietary unsaturated fatty acids. *Nutrition Bulletin*, 31(3), 178-224.
- Marangoni, F., Agostoni, C., Borghi, C., Catapano, AL., Cena, H., Ghiselli, A. & Riccardi, G. (2010). Dietary linoleic acid and human health: Focus on cardiovascular and cardiometabolic effects. *Atherosclerosis*, 292, 90-98.
- Marsol-Vall, A., Aitta, E., Guo, Z. & Yang, B. (2022). Green technologies for production of oils rich in n-3 polyunsaturated fatty acids from aquatic sources. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(11), 2942-2962.
- Mason, RP. & Sherratt, SC. (2017). Omega-3 fatty acid fish oil dietary supplements contain saturated fats and oxidized lipids that may interfere with their intended biological benefits. *Biochemical and biophysical research communications*, 483(1), 425-429.
- Miles, EA., Childs, CE. & Calder, PC. (2021). Long-chain polyunsaturated fatty acids (LCPUFAs) and the developing immune system: a narrative review. *Nutrients*, 13(1), 247.
- Mol, S. (2008). Fish oil consumption and effects on human health. *Journal of Fisheries Sciences*, 2(4), 601-607.
- Motalebi Moghanjoghi, AA., Hashemi, G., Mizani, M., Gharachorloo, M. & Tavakoli, HR. (2015). The effects of refining steps on Kilka (*Clupeonella delicatula*) fish oil quality. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 14(2), 382-392.

- Mozaffarian, D., Bryson, CL., Lemaitre, RN., Burke, GL. & Siscovick, DS. (2005). Fish intake and risk of incident heart failure. *Journal of the American College of Cardiology*, 45(12), 2015-2021.
- Murray, CJ. & Lopez, AD. (1997) Alternative projections of mortality and disability by cause 1990-2020: global burden of disease study. *The Lancet*, 349, 1498-1504.
- Nagy, K. & Tiuca, ID. (2017). Importance of fatty acids in physiopathology of human body. In *Fatty acids*. IntechOpen. London, UK.
- Navigato, T., Masci, M. & Caproni, R. (2021). Quality of fish-oil-based dietary supplements available on the Italian market: a preliminary study. *Molecules*, 26(16), 5015.
- Nichols, PD., Dogan, L. & Sinclair, A. (2016). Australian and New Zealand fish oil products in 2016 meet label omega-3 claims and are not oxidized. *Nutrients*, 8(11), 703.
- Oliveira, ACM. & Bechtel, PJ. (2005). Lipid composition of Alaska pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) and Alaska walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) byproducts. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 14(1), 73-91.
- Opperman, M. & Benade, S. (2013). Analysis of the omega-3 fatty acid content of South African fish oil supplements: a follow-up study: cardiovascular topics. *Cardiovascular Journal of Africa*, 24(8), 297-302.
- Opperman, M., Marais, DI. & Spinnler Benade, AJ. (2011). Analysis of ω 3 fatty acid content of South African fish oil supplements. *Cardiovascular Journal Of Africa*, 22(6), 324-329.
- Ozyurt, G., Ekmen, D., Durmuş, M. & Ucar, Y. (2022). Assessment of the safety of dietary fish oil supplements in terms of content and quality. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(17), 25006-25019.
- Özoğul, C., Köksal, M., Ilgaz, C., Erdoğan, D., Tong, EK. & Kalender, H. (2003). Gebelik süresince ve emzirme evrelerinde alkol uygulanan sığan yavrularının beyinciklerindeki purkinje hücrelerinin yapısal incelenmesi. *Fırat Tıp Dergisi*, 8(4), 189-196.
- Özoğul, Y., Özoğul, F. & Alagöz, S. (2007). Fatty acid profiles and fat contents of commercially important seawater and freshwater fish species of Turkey: A comparative study. *Food chemistry*, 103(1), 217-223.
- Özyurt, G. & Polat, A. (2006). Amino acid and fatty acid composition of wild sea bass (*dicentrarchus labrax*): A Seasonal Differentiation, Europe An Food Research and Technology, *Peer-Reviewed Journal*, 222, 316-320.
- Özyurt, G., Şimşek, A., Etyemez, M., & Polat, A. (2013). Fatty acid composition and oxidative stability of fish oil products in Turkish retail market. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 22(3), 322-329.
- Pasini, F., Gómez-Caravaca, AM., Blasco, T., Cvejić, J., Caboni, MF. & Verardo, V. (2022). Assessment of lipid quality in commercial omega-3 supplements sold in the french market. *Biomolecules*, 12(10), 1361.

- Petroczi, A., Taylor, G. & Naughton, DP. (2011). Mission impossible? Regulatory and enforcement issues to ensure safety of dietary supplements. *Food and Chemical Toxicology*, 49, 393-402.
- Pickova, J. (2009). Fish Oils. In *Gourmet and Health-Promoting Specialty Oils* AOCS Press, 515-526.
- Pike, IH. & Jackson, A. (2010). Fish oil: production and use now and in the future. *Lipid Technology*, 22(3), 59-61.
- Procter, SB. & Campbell, CG. (2014). Position of the Academy of Nutrition and Dietetics: nutrition and lifestyle for a healthy pregnancy outcome. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 114(7), 1099-1103.
- Raman, P., Patino, L. & Nair, M. (2004). Evaluation of metal and microbial contamination in botanical supplements. *Journal of Agricultural Food*, 52, 7822-7827.
- Rangel-Huerta OD., Aguilera, CM., Mesa, MD. & Gil, A. (2012) Omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids supplementation on inflammatory biomarkers: a systematic review of randomised clinical trials. *British Journal of Nutrition*, 107, 159-170.
- Rangel-Huerta, OD. & Gil, A. (2012). Omega 3 fatty acids in cardiovascular disease risk factors: An updated systematic review of randomised clinical trials, Epub, May 19.
- Reports & Data (2019). Fish oil market by source (salmon, cod, anchovy, tuna, mackerel, sardines, herring and others), by application, by distribution channel and segment. Forecast, 2017–2026. Report ID: RND_001256, Marketysers Global Consulting LLP, Pune.
- Rizliya, V. & Mendis, E. (2014). Biological, physical, and chemical properties of fish oil and industrial applications. In *Seafood processing by-products* Springer, New York, NY. 285-313.
- Ruiz-Lopez, N. Usher, S., Sayanova, OV., Napier, JA. & Haslam, RP. (2014). Modifying the lipid content and composition of plant seeds: engineering the production of LCPUFA. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 99,143-154.
- Ruxton, CHS., Reed, SC., Simpson, MJA. & Millington, KJ. (2004). The health benefits of omega-3 polyunsaturated fatty acids: a review of the evidence. *Journal of human nutrition and dietetics*, 17(5), 449-459.
- Sahena, F., Zaidul, ISM., Jinap, S., Yazid, AM., Khatib, A. & Norulaini, NAN. (2010). Fatty acid compositions of fish oil extracted from different parts of Indian mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) using various techniques of supercritical CO₂ extraction. *Food Chemistry*, 120(3), 879-885.
- Saini, RK. & Keum, YS. (2018). ω3 and ω6 polyunsaturated fatty acids: Dietary sources, metabolism, and significance-A review. *Life Sciences*, 203, 255-267.
- Sanders, T. & Emery, P., (2003). *Molecular Basis Of Human Nutrition*, Taylor & Francis: London., eBook Published, 12 June 2003.

- Sarp, Y. (2017). Son trimestrdaki gebelere yapılan omega 3 yağ asidi desteğinin gestasyon yaşı ve yenidoğan gelişimine etkisinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Medipol Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Sass, L., Bjarnadóttir, E., Stokholm, J., Chawes, B., Vinding, RK., Mora-Jensen, ARC. & Bisgaard, H. (2021). Fish oil supplementation in pregnancy and neurodevelopment in childhood a randomized clinical trial. *Child Development*, 92(4), 1624-1635.
- Sathivel, S., Bonilla, F., Chouljenko, A., Lin, A., Young, BM., Goribidanur, TS., Blake, JC. & Bechtel, PJ. (2019). Chitosan and water-soluble chitosan effects on refrigerated catfish fillet quality Author links open overlay panel, *Food Bioscience*, 31.
- Schormüller, J. (1969). Handbuch der lebensmittel chemie, band 1h/2 teil. Tierische lebensmittel eier, fleisch, buttermilch. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg, New York, 1341-1397.
- Shahidi, F. & Wanasundara, U. (2002). Methods for measuring oxidative rancidity in fats and oils. *Food Science and Technology*, New York, Marcel Dekker, 465-488. <https://scirp.org/reference/referencespapers.aspx?referenceid=1934771> (Erişim tarihi: 15.11.2022)
- Shahidi, F. & Zhong, Y. (2005). Lipid oxidation: measurement methods. Bailey's industrial oil and fat products. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 357-385, Canada.
- Shahidi, F. (2007). Marine oils from seafood waste. In Maximising the value of marine by-products. Woodhead Publishing, 258-278.
- Šimat, V., Vlahović, J., Soldo, B., Skroza, D., Ljubenkov, I. & Generalić Mekinić, I. (2019). Production and refinement of omega-3 rich oils from processing by-products of farmed fish species. *Foods*, 8(4), 125.
- Simopoulos, AP. (2002) The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 56, 365-379.
- Skulas-Ray, AC., Wilson, Peter WF., Harris, WS., Brinton, EA., Kris-Etherton, PM., Richter, Chesney K., Jacobson, TA. & Engler, MB. (2019). ω3 Fatty Acids for the Management of Hypertriglyceridemia: A Science Advisory from the American Heart Association. *Circulation*, 140(12), e673-e691.
- Soldo, B., Šimat, V., Vlahović, J., Skroza, D., Ljubenkov, I. & Generalić Mekinić, I. (2019). High quality oil extracted from sardine by-products as an alternative to whole sardines: production and refining. *European journal of lipid science and technology*, 121(7), 1800513.
- Sprague, M., Cooper, S., Tocher, DR. & Betancor, MB. (2018). Encapsulated fish oil products available in the UK meet regulatory guidelines with respect to EPA+ DHA contents and oxidative status. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 120(10), 1800105.
- Srigley, CT. & Rader, JI. (2014). Content and composition of fatty acids in marine oil omega-3 supplements. *Journal of agricultural and food chemistry*, 62(29), 7268-7278.

- Tanskanen, A., Hibbeln, JR. & Hintikka, J. (2001). Fish consumption, depression and suicidality in a general population. *Arch Gen Psychiatry*, 58, 512-513.
- Tokur, B. (2007). The effect of different cooking methods on proximate composition and lipid quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), *International Journal of Food Science and Technology*, 42(7), 874-879.
- Tumir, H., Bosnir, J., Vedrına-Dragojević, I., Dragun, Z., Tomic, S., Puntarić, D. & Jurak, G. (2010). Monitoring of metal and metalloid content in dietary supplements on the Croatian market. *Food Control*, 21, 885-889.
- Tummala, RM., DaRaktim Kumar Ghosh MD., Vardhmaan Jain MD., Arvind Reddy Devanabanda MD., Dhruvajyoti Bandyopadhyay MD., Prakash Deedwania MD., Wilbert, S. & Aronow, MD. (2019). Fish Oil and Cardiometabolic Diseases: Recent Updates and Controversies. *The American Journal of Medicine*, 132(10), 1153-1159, <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2019.04.027>
- Tung, TH., Nguyen, NTK. & Huang, SY. (2021). New insights into depressive disorder with respect to low-grade inflammation and fish oil intake. *Journal of Oleo Science*, 70(11), 1539-1550.
- US Department of Agriculture (USDA), Agricultural Research Service, Nutrient Data Laboratory (USDA). (2018). National Nutrient Database for Standard Reference, Legacy. Version Current: April 2018. <http://www.ars.usda.gov/nutrientdata-> (Erişim tarihi: 05.11.2022).
- US Department of Agriculture, Agricultural Research Service. (USDA), (2022). USDA Food and Nutrient Database for Dietary Studies 2019-2020. Food Surveys Research Group Home Page, <http://www.ars.usda.gov/nea/bhnrc/fsrg>. - (Erişim tarihi: 05.11.2022).
- USDA, NRCS. (2015). The plants database (<http://plants.usda.gov>, 7 May 2015). National Plant Data Team, Greensboro, USA.
- Wall, R., Ross, RP., Fitzgerald, GF. & Stanton, C. (2010). Fatty acids from fish: the anti-inflammatory potential of long-chain omega-3 fatty acids. *Nutrition Reviews*, 68(5), 280-289. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2010.00287.x>
- Wei, L., Wu, Z. & Chen, YQ. (2022). Multi-targeted therapy of cancer by omega-3 fatty acids-an update. *Cancer Letters*, 526, 193-204.
- WHO, (2019). World Health Organization (WHO) global report on traditional and complementary medicine. World Health Organization.
- Wu, S., Zhu, C., Wang, Z., Wang, S., Yuan, P. Song, T. & Lei, Z. (2021). Effects of fish oil supplementation on cardiometabolic risk factors in overweight or obese children and adolescents: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Frontiers in pediatrics*, 9, 604469.
- Yokoyama, M., Origasa, H., Matsuzaki, M., Matsuzawa, Y., Saito, Y. & Ishikawa, Y. (2007). Effects of eicosapentaenoic acid on major coronary events in hypercholesterolaemic patients (JELIS): a randomised open-label, blinded endpoint analysis. Japan EPA Lipid Intervention Study (JELIS) Investigators. *The lancet*, 369(9567), 1090-1098.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Sema YÜKSEL
Doğum Yeri	
Doğum Tarihi	
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	
E-Posta Adresi	
Lisans	
Üniversite	Fırat Üniversitesi
Fakülte	Su Ürünleri Fakültesi
Bölümü	Su Ürünleri Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	08.06.1999
Yüksek Lisans	
Üniversite	Ordu Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	Tezli Yüksek Lisans
Mezuniyet Tarihi	.../.../2023