

**AKYA (*Lichia amia*) ve LAMBUKA (*Coryphaena hippurus*) BALIK
FİLETOLARININ TOTAL NEM, TOTAL LİPİT VE YAĞ ASİDİ
BİLEŞİMİNE FARKLI PİŞİRME TEKNİKLERİNİN ETKİSİ**

NASUH AKGÜL

TEMMUZ 2023

DİYARBAKIR

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AKYA (*Lichia amia*) ve LAMBUKA (*Coryphaena hippurus*) BALIK
FİLETOLARININ TOTAL NEM, TOTAL LİPİT VE YAĞ ASİDİ
BİLEŞİMİNE FARKLI PİŞİRME TEKNİKLERİNİN ETKİSİ**

NASUH AKGÜL

DİCLE ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM-ÖĞRETİM VE SINAV
YÖNETMELİĞİNİN BİR PARÇASI OLARAK
BİYOLOJİ ANA BİLİM DALINDA
DOKTORA TEZİ
OLARAK HAZIRLANMIŞTIR

TEMMUZ 2023

DİYARBAKIR

**AKYA (*Lichia amia*) ve LAMBUKA (*Coryphaena hippurus*) BALIK
FİLETOLARININ TOTAL NEM, TOTAL LİPİT VE YAĞ ASİDİ
BİLEŞİMİNE FARKLI PİŞİRME TEKNİKLERİNİN ETKİSİ**

Nasuh AKGÜL tarafından Dicle Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin bir parçası olarak hazırlanan bu çalışma, aşağıda bilgileri yazılı jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek **Biyoloji Ana Bilim Dalı'nda Doktora Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Neslihan DALKILIÇ
Müdür, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

Prof. Dr. Mehmet BAŞHAN
Danışman, **Biyoloj Bölümü,**
Dicle Üniversitesi

Sınav Jürisi:

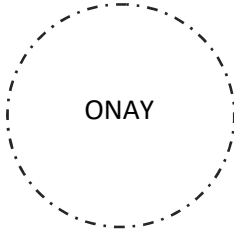
Prof. Dr. Mehmet BAŞHAN (*), (**)
Biyoloji Bölümü, Dicle Üniversitesi

Prof. Dr. Osman AKBA
Kimya Bölümü, Dicle Üniversitesi

Prof. Dr. Hülya KARADEDE AKIN
Biyoloji Bölümü, Dicle Üniversitesi

Prof. Dr. İhsan EKİN
Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Şırnak Üniversitesi

Doç. Dr. Semra KAÇAR
Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Mardin Artuklu Üniversitesi



Savunma Tarihi: 17 / 07 / 2023

(*) Sınav Jürisi kısmının birinci satırına Jüri Başkanının bilgilerini yazınız.

(**) Sınav Jürisi kısmının ikinci satırına Tez Danışmanının bilgilerini yazınız.

Anneme ve çocuklarıma...

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tez çalışmasında yer alan tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bahse konu bu kural ve ilkelerin gerektirdiği üzere, bu çalışmada özgün olmayan tüm bilimsel içerikleri kurallara uygun biçimde alıntılıyıp kaynak gösterdiğimi beyan ederim. Beyanıyla çelişen herhangi bir delil bulunduğu takdirde tüm sorumluluğu üstleneceğimi kabul ederim.

Ad, Soyad: Nasuh AKGÜL

İmza:

TEŞEKKÜR

Danışmanım Prof. Dr. Mehmet BAŞHAN'a şahsıma kattığı bilgi ve tecrübesinden, çalışmanın en başından sonuna kadar gösterdikleri destek ve sabırdan dolayı şükranlarımı sunar, sonsuz teşekkür ederim. Tezimin daha nitelikli bir hale gelmesi için yaptıkları eleştiri ve önerileri için jüri üyelerime de teşekkür ederim.

Tez çalışmasında sağladıkları finansal destek için (Proje No: FBE.21.019) DÜBAP'a ayrıca teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ.....	x
ÖZET.....	xii
ABSTRACT	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1 Balıkların Besinsel Önemi.....	1
1.2 Yağ Asitlerinin Genel Yapısı	2
1.3 Balıkların Lipit Bileşimi ve Özellikleri.....	4
1.4 Lipitlerin Vücut İçin Önemleri.....	7
1.5 Bireysel Yağ Asitleri ve Etkileri	7
1.6 Yağ Asitlerinin Sağlık Üzerindeki Etkisi.....	9
1.7 Omega 3 Yağ asitleri ve kaynakları	11
1.8 Deniz Balıklarında PUFA/SFA, N-3/N-6, AI ve TI İndeksleri:.....	12
1.9 Yağ Asidi Dağılımına Etki Eden Faktörler	14
1.10 Pişirme Yöntemleri.....	14
1.11 Analizi Yapılan Balıkların Genel Özellikleri.....	18
1.11.1 Akya (<i>L. amia</i>).....	18
1.11.2 Lambuka (<i>C. hippurus</i>).....	20
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	22
2.1 Balıkların Nem Miktarına Değişik Pişirme Metotlarının Etkisi.....	22
2.2 Balıkların Toplam Lipit Miktarına Değişik Pişirme Metotlarının Etkisi	23
2.3 Balıkların Yağ Asidi Kompozisyonuna Değişik Pişirme Metotlarının Etkisi..	25
2.4 Balıkların Fosfolipit ve Triasilgliserol Fraksiyonlarındaki Yağ Asidi Kompozisyonuna Değişik Pişirme Metotlarının Etkisi.....	32
2.5 N-3/N-6, PUFA/SFA, AI ve TI Düzeyleri Üzerine Değişik Pişirme Metotlarının Etkisi.....	34
3. MATERYAL VE METOT	39
3.1 Balıkların Sağlanması ve Farklı Pişirme Yöntemlerinin Uygulanması	39
3.2 Nem (su) İçeriğinin Belirlenmesi	39

3.3 Lipit Ekstraksiyonu ve Yağ Asidi Metil Esterlerinin Hazırlanması.....	39
3.4 Gaz Kromatografi Koşulları	40
3.5 Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi	40
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	41
4.1 Değişik Pişirme Yöntemlerinin Akya ve Lambuka Balıklarının Toplam Nem İçeriğine Etkisi	41
4.2 Değişik Pişirme Yöntemlerinin Akya ve Lambuka Balıklarının Toplam Lipit Miktarına Etkisi.....	44
4.3 Akya ve Lambuka Balıklarının Toplam Lipitteki Yağ Asidi Kompozisyonuna Değişik Pişirme Tekniklerinin Etkisi	49
4.3.1 Çiğ (ham) Akya balığı filetolarının toplam lipitteki yağ asidi içeriği	49
4.3.2 Çiğ (ham) Lambuka balığı filetolarının toplam lipitteki yağ asidi içeriği. 49	
4.4 Akya ve Lambukanın Kızartılmasında Kullanılan Besinsel Yağların Yağ Asidi Kompozisyonu	50
4.5 Değişik Besinsel Yağlarla Kızartılan Akyanın Toplam Lipitteki Yağ Asidi Kompozisyonu	53
4.6 Değişik Besinsel Yağlarla Kızartılan Lambukanın Toplam Lipitteki Yağ Asidi Kompozisyonu	55
4.7 Kızartma Dışındaki Yöntemlerle Pişirilen Akyanın Toplam Lipitteki Yağ Asidi Kompozisyonu	61
4.8 Kızartma Dışındaki Yöntemlerle Pişirilen Lambukanın Toplam Lipitteki Yağ Asidi Kompozisyonu.....	63
4.9 Değişik Besinsel Yağlarla Kızartılan Akyanın Fosfolipit Fraksiyonlarındaki Yağ Asidi Kompozisyonu	71
4.10 Kızartma Dışındaki Yöntemlerle Pişirilen Akyanın Fosfolipit Fraksiyonlarındaki Yağ Asidi Kompozisyonu	75
4.11 Değişik Besinsel Yağlarla Kızartılan Akyanın Triaçilgliserol Fraksiyonlarındaki Yağ Asidi Kompozisyonu	78
4.12 Kızartma Dışındaki Yöntemlerle Pişirilen Akyanın Triaçilgliserol Fraksiyonlarındaki Yağ Asidi Kompozisyonu	80
4.13 Değişik Besinsel Yağlarla Kızartılan Lambukanın Fosfolipit Fraksiyonlarındaki Yağ Asidi Kompozisyonu	83
4.14 Kızartma Dışındaki Yöntemlerle Pişirilen Lambukanın Fosfolipit Fraksiyonlarındaki Yağ Asidi Kompozisyonu	86
4.15 Değişik Besinsel Yağlarla Kızartılan Lambukanın Triaçilgliserol Fraksiyonlarındaki Yağ Asidi Kompozisyonu	91
4.16 Kızartma Dışındaki Yöntemlerle Pişirilen Lambukanın Triaçilgliserol Fraksiyonlarındaki Yağ Asidi Kompozisyonu	94

4.17 Akya ve Lambuka Balıklarının Fosfolipit ve Triaçilgliserol Fraksiyonlardaki Yağ Asitleri Kompozisyonunun Karşılaştırılması	98
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	101
5.1 Sonuçlar	101
5.2 Öneriler	111
KAYNAKLAR	113
ÖZGEÇMİŞ	127



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1 Akya Balığı	19
Şekil 1.2 Lambuka Balığı.....	21
Şekil 4.1 Farklı bitkisel yağlarda kızartılan ve değişik pişirme yöntemleri ile pişirilen akyanın total lipitteki yağ asidi değerleri (%)	65
Şekil 4.2 Farklı bitkisel yağlarda kızartılan ve değişik pişirme yöntemleri ile pişirilen lambukanın total lipitteki yağ asidi değerleri (%)	66
Şekil 4.3 Farklı bitkisel yağlarda kızartılan ve değişik pişirme yöntemleri ile pişirilen akyanın fosfolipit fraksiyonlarındaki yağ asidi değerleri (%).....	77
Şekil 4.4 Farklı bitkisel yağlarda kızartılan ve değişik pişirme yöntemleri ile pişirilen akyanın triaçilgliserol fraksiyonlarındaki yağ asidi değerleri (%)	82
Şekil 4.5 Farklı bitkisel yağlarda kızartılan ve değişik pişirme yöntemleri ile pişirilen lambukanın fosfolipit fraksiyonlarındaki yağ asidi değerleri (%)	90
Şekil 4.6 Farklı bitkisel yağlarda kızartılan ve değişik pişirme yöntemleri ile pişirilen lambukanın triaçilgliserol fraksiyonlarındaki yağ asidi değerleri (%)....	97

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 1.1	<i>Lichia amia</i> 'ın sistematigi	18
Tablo 1.2	<i>Coryphaena hippurus</i> 'un sistematigi.....	21
Tablo 4.1	Farklı yöntemlerle pişirilen akya balığının nem ve yağ içeriği (% olarak)	47
Tablo 4.2	Farklı yöntemlerle pişirilen lambuka balığının nem ve yağ içeriği (% olarak).....	48
Tablo 4.3	Kızartmada kullanılan yağların yağ asidi kompozisyonu.....	52
Tablo 4.4	Farklı bitkisel yağlarda kızartılan akya ile ham (çiğ) akyanın yağ asidi kompozisyonu	54
Tablo 4.5	Farklı bitkisel yağlarda kızartılan lambuka ile ham (çiğ) lambukanın yağ asidi kompozisyonu	56
Tablo 4.6	Değişik pişirme yöntemleri ile pişirilen akya filetoları ile çiğ filetoların yağ asidi kompozisyonu	62
Tablo 4.7	Değişik pişirme yöntemleri ile pişirilen lambuka filetoları ile çiğ filetoların yağ asidi kompozisyonu	64
Tablo 4.8	Farklı bitkisel yağlarda kızartılan akya ile ham (çiğ) akyanın fosfolipit fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonu.....	74
Tablo 4.9	Değişik pişirme yöntemleri ile pişirilen akya filetoları ile çiğ filetoların fosfolipit fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonu	76
Tablo 4.10	Farklı bitkisel yağlarda kızartılan akya ile ham (çiğ) akyanın triaçilgliserol fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonu	79
Tablo 4.11	Değişik pişirme yöntemleri ile pişirilen akya filetoları ile çiğ filetoların triaçilgliserol fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonu	81
Tablo 4.12	Farklı bitkisel yağlarda kızartılan lambuka ile ham (çiğ) lambukanın fosfolipit fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonu	85
Tablo 4.13	Değişik pişirme yöntemleri ile pişirilen lambuka filetoları ile çiğ filetoların fosfolipit fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonu	89
Tablo 4.14	Farklı bitkisel yağlarda kızartılan lambuka ile ham (çiğ) lambukanın triaçilgliserol fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonu	93
Tablo 4.15	Değişik pişirme yöntemleri ile pişirilen lambuka filetoları ile çiğ filetoların triaçilgliserol fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonu.....	96

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Kısaltma	Açıklama
Σ	Toplam
AA	Araşidonik asit
LA	Linoleik asit
ALA	Alfa Linolenik asit
BHT	Bütillenmiş hidroksi toluen
SFA	Saturated fatty acid (Doymuş yağ asidi)
MUFA	Monounsaturated fatty acid (Tekli doymamış yağ asidi)
PUFA	Polyunsaturated fatty acids (Çoklu doymamış yağ asidi)
TAG	Triaçilgliserol
ω 3 (n-3)	Omega 3
ω 6 (n-6)	Omega 6
DHA	Dokosaheksaenoik asit
EPA	Eikosapentaenoik asit
AI	Aterojenik indeks
TI	Trombojenik indeks

ÖZET

AKYA (*Lichia amia*) ve LAMBUKA (*Coryphaena hippurus*) BALIK FİLETOLARININ TOTAL NEM, TOTAL LİPİT VE YAĞ ASİDİ BİLEŞİMİNE FARKLI PIŞIRME TEKNİKLERİNİN ETKİSİ

Akgül, Nasuh

Doktora, Biyoloji Bölümü

Danışman: Prof. Dr. Mehmet Başhan

Temmuz 2023, 144 sayfa

Bu çalışmada, akyu (*Lichia amia*) ve lambuka (*Coryphaena hippurus*) balıklarının; total nem, total lipit, total lipitteki yağ asidi bileşimi ile fosfolipit ve triaçilgliserol fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonu üzerine; mısırozü yağı, ayçiçek yağı, zeytinyağı ve fındık yağı gibi çeşitli bitkisel yağlarda kızartma ile fırın ve mikrodalga fırında pişirme, ızgara ve buğulama gibi kızartma dışındaki pişirme yöntemlerinin etkileri araştırılmıştır.

Ham akyada toplam nem miktarı % 73.36, çiğ lambukada % 74.95 olarak saptanmıştır. Tüm pişirme yöntemleri, her iki balık türü filetolarının toplam nem içeriğini azaltmıştır. Her iki balığın filetolarındaki toplam nem miktarındaki azalma, en az buğulama ile pişirmede belirlenmiştir.

Çiğ akyada toplam lipit miktarı % 1.89, çiğ lambukada % 1.58 olarak belirlenmiştir. Bitkisel yağlarda kızartılan akyu ve lambuka filetolarının toplam lipit miktarı artmıştır. Her iki balık türünde de toplam lipitteki en az artış yüzdesi zeytinyağında kızartılan filetolarda tespit edilmiştir.

Çalışmamızda, akyu ve lambuka filetolarında toplam lipitteki yağ asidi analizinde belirlenen dominant bileşenlerin benzer olduğu görülmüştür. Bu yağ asitlerinin başlıcaları; doymuş yağ asitlerinden 16:0, tekli doymamış yağ asitlerinden 18:1n-9, çoklu doymamış yağ asitlerinden 22:6n-3 olduğu görülmüştür. Ancak bu yağ asitlerinin yüzde içerikleri her iki balık türünde farklı bulunmuştur.

Pişirme yöntemlerinin, akyu ve lambuka filetolarının toplam lipitteki yağ asidi kompozisyonunu değiştirdiği belirlenmiştir. Fındık yağı, zeytinyağı, mısırozü ve ayçiçek yağı gibi bitkisel yağlarda ayrı ayrı kızartılan akyu ve lambuka filetolarında ortak olarak kontrole nazaran; 16:0, 18:0 ve Σ SFA yüzdeleri önemli oranda azalmış, zeytinyağı ve fındık yağında kızartılan filetolarda 18:1n-9 ve Σ MUFA; ayçiçek yağı ve mısırozü yağında kızartılanlarda ise 18:2n-6 ve Σ n-6 PUFA yüzdeleri ile PUFA/SFA oranları önemli derecede artmıştır. Çiğ (kontrol) akyu ve lambuka filetolarında; 20:4n-6, 20:5n-3, 22:5n-3, 22:6n-3, Σ n-3 PUFA düzeyleri ile n-3/n-6 oranının, değişik bitkisel yağlarla kızartılan filetolardan önemli derecede daha fazla oldukları görülmüştür.

Kontrol ve diğer pişirme teknikleri ile karşılaştırıldığında; fırında pişirmede 18:1n-9 ve Σ MUFA; buğulamada ise 16:0, 22:6n-3, Σ PUFA, Σ n-3 PUFA yüzdeleri ile n-3/n-6 oranında bir miktar azalma kaydedilmiştir.

Fırında pişirilen lambuka filetolarında; kontrol, mikrodalga ve buğulamada pişirme yöntemlerine kıyasla 18:1n-9, 18:2n-6, Σ MUFA, Σ n-6 PUFA artmış, DHA, Σ PUFA, Σ n-3 PUFA yüzdeleri önemli oranda düşük bulunmuştur.

Elde edilen bulgulara göre; buğulama ile pişirilen akya ve lambuka filetotolarında, ortak olarak 16:0, azalma göstermiştir. Denenen pişirme yöntemleri, akya'daki n-3/n-6 oranını çok fazla değiştirmemiştir. Lambukada ise mikrodalga dışında diğer pişirme metotları, özellikle fırın ve ızgarada pişirme yöntemleri, n-3/n-6 oranını çok önemli düzeyde azaltmıştır.

Değişik pişirme yöntemleri ile pişirilen akya ve lambukanın toplam lipidindeki yağ asidi kompozisyonundan elde edilen aterosjenik ve trombojenik indeksleri (AI ve TI), diyet uzmanlarının tavsiye ettiği aralıklarda bulunmuştur.

Değişik bitkisel yağlarda kızartma tekniklerinin, akya ve lambuka filetolarının fosfolipit yağ asidi kompozisyonuna etkileri ile ilgili olarak bazı ortak bulgular saptanmıştır. Örneğin, her iki balık türünün fındık yağında kızartılmış filetolarında, kontrol ve diğer pişirme yöntemlerine nazaran 18:1n-9 ve Σ MUFA artmış, mısırözü yağında kızartılanlarda ise Σ SFA azalmıştır. Ayrıca akya ve lambukanın çiğ örneklerindeki EPA, 22:6n-3 yüzdeleri ile n-3/n-6 oranları yağlarda kızartılanlardan daha yüksek bulunmuştur. Zeytinyağında kızartılan her iki balık filetosundaki n-3/n-6 oranı, diğer bitkisel yağlarda kızartılanlardan yüksek olarak saptanmıştır.

Fırında pişirilen her iki balık türünde de, kontrol filetolarına oranla 22:6n-3, Σ PUFA, Σ n-3 PUFA düzeylerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Zeytinyağında kızartılan her iki balık türünün triaçilgliserol fraksiyonunda, diğer yağlarda kızartılanlara nazaran 16:0 ve Σ SFA'nın, zeytinyağı ve fındık yağında kızartılanlarda 18:1n-9 ve Σ MUFA'nın, ayçiçek yağı ve mısırözü yağında kızartılanlarda ise 18:2n-6, Σ PUFA, Σ n-6 PUFA'nın daha yüksek düzeyde oldukları belirlenmiştir. Ayrıca, akya ve lambukanın çiğ (ham) filetolarında 16:0, 18:0, Σ SFA, 20:4n-6, 20:5n-3, 22:5n-3, 22:6n-3 ve Σ n-3 PUFA yüzdeleri ile n-3/n-6 oranı, diğer tüm yağlarda kızartılan filetolardan önemli derecede daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Her iki balık türünde de ortak bulgu, buğulama ile pişirilenlerde 18:1n-9 ve Σ MUFA düzeyleri yüksek bulunmuştur.

Çalışmamızda araştırma materyali olarak kullandığımız akya ve lambuka filetolarının fosfolipit ve triaçilgliserol fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonlarının farklı olduğu tespit edilmiştir. Örneğin, hem kontrol hem de değişik yağlarda kızartılan akya filetolarının fosfolipit fraksiyonundaki; 16:0, 18:0, 20:4n-6, 20:5n-3 ve 22:6n-3 gibi yağ asitleri ile yağ asidi gruplarından Σ SFA, Σ n-3 PUFA ile n-3/n-6 oranı triaçilgliserolden daha yüksek; 18:1n-9 ve 18:2n-6 gibi doymamış yağ asitleri ile yağ asidi gruplarından Σ MUFA daha az yüzde de bulunmuştur. Değişik bitkisel yağlarda kızartılan lambuka filetolarının da fosfolipit ve triaçilgliserol yağ asidi içeriklerinin farklı oldukları görülmüştür. Örneğin, fosfolipit fraksiyonu, triaçilgliserol fraksiyonuna kıyasla; 16:0, 18:0, 20:4n-6, 20:5n-3, 22:5n-3, 22:6n-3 gibi yağ asitleri ile Σ SFA, Σ n-3 PUFA gibi yağ asidi grupları bakımından daha zengin, oleik asit, linoleik asit gibi yağ asitleri ile Σ n-6 PUFA açısından daha fakir olduğu belirlenmiştir. Hem çiğ hem de değişik pişirme yöntemleri ile pişirilmiş her iki balık filetosunun fosfolipit fraksiyonundaki n-3/n-6 oranı, triaçilgliserolden önemli derecede daha yüksek bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Pişirme yöntemleri, Yağ asitleri kompozisyonu, Akya, Lambuka.

ABSTRACT

EFFECT OF DIFFERENT COOKING TECHNIQUES ON TOTAL MOISTURE, TOTAL LIPIT AND FATTY ACID COMPOSITION OF FISH FILLETS OF LEER (*Lichia amia*) and MAHİ-MAHİ (*Coryphaena hippurus*)

Akgül, Nasuh

Master of Science in Department of Biology

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet Başhan

July 2023, 144 pages

In this study, the effects of frying in vegetable oils such as corn oil, sunflower oil, olive oil and hazelnut oil and cooking methods other than frying such as cooking in oven and microwave oven, grilling and steaming; on total moisture, total lipid, fatty acid composition in total lipid and fatty acid composition in phospholipid and triacylglycerol fractions of leer (*Lichia amia*) and lambuka (*Coryphaena hippurus*) fish were investigated.

The total moisture content was determined as 73.36% in raw leer and 74.95% in raw mahi-mahi. All cooking methods reduced the total moisture content of the fillets of both fish species. The decrease in the total moisture content in the fillets of both fish was determined in cooking with the least steaming.

Total lipid amount was determined as 1.89% in raw leer and 1.58% in raw mahi-mahi. Total lipid content of leer and mahi-mahi fillets fried in vegetable oils increased. The least percentage increase in total lipid in both fish species was determined in fillets fried in olive oil.

In our study, it was seen that the dominant components determined in the fatty acid analysis in total lipids in leer and mahi-mahi fillets were similar. The major of these fatty acids are; 16:0 from saturated fatty acids, 18:1n-9 from monounsaturated fatty acids, 22:6n-3 from polyunsaturated fatty acids was to be seen. However, the percentage contents of these fatty acids were found to be different in both fish species.

It was determined that cooking methods changed the fatty acid composition in total lipid of leer and mahi-mahi fillets. In leer and mahi-mahi fillets fried separately in vegetable oils such as hazelnut oil, olive oil, corn oil and sunflower oil compared to jointly control; 16:0, 18:0 and $\sum$ SFA percentages decreased significantly, 18:1n-9 and $\sum$ MUFA for fillets fried in olive oil and hazelnut oil; on the other hand, 18:2n-6 and $\sum$ n-6 PUFA percentages and PUFA/SFA ratios increased significantly in those fried in sunflower oil and corn oil. In raw (control) leer and mahi-mahi fillets; 20:4n-6, 20:5n-3, 22:5n-3, 22:6n-3, $\sum$ n-3 PUFA levels and n-3/n-6 ratio, it was seen that they were significantly higher than fillets fried in different vegetable oils.

Compared with control and other cooking techniques; 18:1n-9 and $\sum$ MUFA in oven cooking; a slight decrease in the percentages of 16:0, 22:6n-3, $\sum$ PUFA, $\sum$ n-3 PUFA and n-3/n-6 was recorded in steaming.

In mahi-mahi fillets cooked in the oven; compared to control, microwave and steam cooking methods 18:1n-9, 18:2n-6, Σ MUFA, Σ n-6 PUFA increased, DHA, Σ PUFA, Σ n-3 PUFA percentages were found to be significantly lower.

According to the results obtained; in leer and mahi-mahi fillets cooked by steaming, jointly showed a decrease of 16:0. The examined cooking methods did not change the n-3/n-6 ratio of leer much. In mahi-mahi, cooking methods other than microwave, cooking methods, especially in the oven and on the grill, it reduced the n-3/n-6 ratio very significantly.

The atherogenic and thrombogenic indices (AI and TI) obtained from the fatty acid composition in the total lipid of leer and mahi-mahi cooked with different cooking methods were found within the ranges recommended by the diet experts.

Some common findings were determined regarding with the effect of frying techniques in various vegetable oils on the phospholipid fatty acid composition of leer and mahi-mahi fillets. For example, in fillets of both fish species fried in hazelnut oil, compared to control and other cooking methods 18:1n-9 and Σ MUFA increased, Σ SFA was decreased in those fried in corn oil. In addition, EPA, 22:6n-3 percentages and n-3/n-6 ratios in raw samples of leer and mahi-mahi were found to be higher than those fried in oils. The n-3/n-6 ratio in both fish fillets fried in olive oil was detected to be higher than those fried in other vegetable oils.

In both types of fish cooked in the oven, compared to control fillets 22:6n-3, Σ PUFA, Σ n-3 PUFA levels were determined to be higher.

In the triacylglycerol fraction of both fish species fried in olive oil, compared to those fried in other oils 16:0 and Σ SFA, in those fried in olive oil and hazelnut oil 18:1n-9 and Σ MUFA, whereas those fried in sunflower oil and corn oil 18:2n-6, Σ PUFA, Σ n-6 PUFA were determined to be at higher levels. Also, in raw fillets of leer and mahi-mahi 16:0, 18:0, Σ SFA, 20:4n-6, 20:5n-3, 22:5n-3, 22:6n-3 and Σ n-3 PUFA percentages with n-3/n-6 ratio, was detected to be significantly higher than fillets fried in all other oils.

The common finding in both fish species, when cooked by steaming 18:1n-9 and Σ MUFA levels were found to be high.

In our study, it was determined that the fatty acid compositions in the phospholipid and triacylglycerol fractions of the leer and mahi-mahi fillets, which we used as research material, were different. For example, in the phospholipid fraction of leer fillets fried in both control and different oils; with fatty acids such as 16:0, 18:0, 20:4n-6, 20:5n-3 and 22:6n-3; fatty acid groups Σ SFA, Σ n-3 PUFA and n-3/n-6 ratio is higher than triacylglycerol; with unsaturated fatty acids such as 18:1n-9 and 18:2n-6; Σ MUFA, one of the fatty acid groups, was found in lesser percentages. It has been seen that the phospholipid and triacylglycerol fatty acid contents of mahi-mahi fillets fried in different vegetable oils are also different. For example, phospholipid fraction compared to triacylglycerol fraction; with fatty acids such as 16:0, 18:0, 20:4n-6, 20:5n-3, 22:5n-3, 22:6n-3; richer in fatty acid groups such as Σ SFA, Σ n-3 PUFA; with fatty acids such as oleic acid, linoleic acid; Σ n-6 was determined to be poorer in terms of PUFA. The n-3/n-6 ratio in the phospholipid fraction of both fish fillets, both raw and cooked with different cooking methods, was significantly higher than that of triacylglycerol.

Keywords: Cooking methods, Fatty acid composition, Leer, Mahi-mahi.

1. GİRİŞ

1.1 Balıkların Besinsel Önemi

Balıkleri; kimyasal özellikleri, düşük kolesterol ve yüksek protein içeriği, çoklu doymamış yağ asitleri, vitaminleri, mineralleri ve esansiyel aminoasitleri içermesi nedeniyle güçlü bir antioksidan ve antiinflamatuvar özelliğe sahip olup, önemli bir gıdadır (Kaçar vd., 2016).

Balıklar, çeşitli besin bileşimleriyle bilinmekte olup bunlar; %0.1-1 karbonhidrat, %15-24 protein, %70-84 su, %0.1-22 yağ ve %1-2 mineral, %0,5 kalsiyum, %0.25 fosfor ve %0.1 A, B, C ve D vitaminlerinden oluşur (Abraha vd., 2018). Balık proteini, daha yüksek lizin, daha düşük metionin ve treonin içeriği ile esansiyel amino asitlerin kararlı bir bileşimine sahiptir (Lozano ve Hardisson, 2003). A vitamini (Retinol) ve D vitamini (Kalsiferol) yağda çözünen vitaminlerdir. A vitamini insanlarda görme sistemi için gereklidir. D vitamini yüksek omurgalılarda normal kan, kalsiyum ve fosfat seviyelerinin korunmasında, kemik oluşumunda ve yeniden şekillenmesinde önemli rol oynar (Immanuel vd., 2009). Yağda çözünen vitaminler ısıya karşı dayanıksızdır ancak oksijen varlığında yüksek sıcaklıklarda bozunabilirler. B1 Vitamini (Tiamin), B vitaminlerinin termal bozulmasına en duyarlı olanıdır. Vitamin B1 (Tiamin) eksikliği beriberi, polinörit ve Wernicke-Korsakoff sendromu ile sonuçlanır. Tiaminin aksine, B3 vitamini ısıya dayanıklı bir vitamindir. Pellagra, diyetle B3 vitamini eksikliğinden kaynaklanan bir hastalıktır.

İnsan fizyolojisinin düzenli çalışabilmesi için beş makro (sodyum, potasyum, magnezyum, kalsiyum, fosfor) ve dört eser element (demir, manganez, bakır, çinko) gereklidir. Başlıca mineraller olan Ca, P ve Mg kemik sağlığında rol oynar. Demir, insan vücudunda en bol bulunan eser elementtir ve yetersiz günlük alımı anemiye neden olur. Mg, Mn ve Zn, çeşitli enzimlerin aktivite düzenlemesinden sorumludur (Hosseini vd., 2014).

Balığın protein içeriği biyolojik ve çevresel faktörlere bağlıdır. Örneğin, Ariño ve arkadaşları (2013), yağlı balıkların protein konsantrasyonu açısından yağsız balığa göre %18 ile %21 arasında biraz daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Balık proteini, esansiyel amino asidin yanı sıra protein olmayan nitrojen bileşikleri de içerir (Limsuwanmanee vd., 2014).

Ekonomik ve ticari değeri olan balıkların yağ asidi profillerinin bilinmesi, balıkların besinsel değerlerinin ortaya konması için önemlidir. Deniz lipitlerinin ayrıca gıda, sağlık, farmasötik ürünler ve yem, tarım ve su ürünleri endüstrisinde bir bileşen olarak uygulamaları vardır. (Diraman ve Dibeklioglu, 2009).

Balık tüketiminin faydaları, esasen insan sağlığı için birtakım faydaları olduğu bildirilen n-3 çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) etkilerine bağlanmaktadır. Deniz balıklarının yağ asidi bileşimi, yüksek protein ve yağ içeriği sağlayıp yapısındaki yağ asitlerinden ötürü lezzetli ve kaliteli bir gıda ürünüdür (Suganthi vd., 2015). Omega-3 PUFA'ların antitrombotik etkilerinin yanı sıra çeşitli potansiyel kardiyo koruyucu etkileri de olup çok sayıda çalışma, n-3 PUFA'ların antiaterojenik, antitrombotik ve antiaritmik etkilerini araştırmış ve desteklemiştir (Lee vd., 2006).

Genellikle balık lipit kalitesi, PUFA/SFA, n-3/n-6 PUFA gibi farklı yağ asidi oranları, Aterojenik indeks (AI), Trombojenik indeks (TI), yağ asidi içeriğine dayalı hipokolesterolemik/ hiperkolesterolemik (HH) indeks gibi beslenme kalite indeksleri kullanılarak değerlendirilir (Merdzhanova vd., 2016). AI değeri düşük gıdalar; plak oluşumunu inhibe edip, kolesterol ve fosfolipit seviyelerini azaltıcı etki göstererek koroner hastalıkları engellerler (Ulbricht and Southgate, 1991). TI düzeyi düşüklüğü ise kan damarlarında pıhtı oluşturma eğilimini engeller (Bušová vd., 2020).

1.2 Yağ Asitlerinin Genel Yapısı

Hem serbest hem de karmaşık lipitlerin bir parçası olan yağ asitleri, tüm zarların temel bileşenleri ve gen düzenleyicileri olarak enerjinin depolanması ve taşınması gibi tıpkı ana metabolik yakıt olarak metabolizmada bir dizi anahtar rol oynar. Diyet lipitleri, eikosanoidlerin öncüleri olan çoklu doymamış yağ asitlerini (PUFA'lar) sağlamanın yanı sıra ayrıca termal ve elektriksel yalıtım ve mekanik koruma için önemlidir (Rustan vd., 2005).

Molekülün bir ucunda bir metil grubu (CH_3) ve diğer ucunda bir karboksil (COOH) grubu bulunan yağ asitleri, karboksilik asitlerdir. Karboksil grubunun yanındaki karbon atomuna alfa karbonu, sonrakine de beta karbonu denir. Çift bağın metil ucuna en yakın konumunu belirtmek için Yunanca ω yerine sıklıkla n harfi de kullanılır. Yağ asitlerinin sistematik terminolojisi, karboksil grubuna (Δ) atıfta bulunarak çift bağların yerini de gösterebilir. Yağ asitleri; karbon zincir uzunluğu,

çift bağ içerip içermemesi, çift bağların sayısı ve yeri bakımından birbirinden farklı olabilir (Rustan vd., 2005).

Doymamışlık derecesine göre yağ asitleri; doymuş, tekli ve çoklu doymamış yağ yağ asitleri olarak sınıflandırılır. SFA'lar çift bağ içermezler ve hidrojenle doyurulurlar. Çoğu doymuş yağ asidi, çift sayıda karbon atomuna sahip düz hidrokarbon zincirleridir. En yaygın yağ asitleri 12–22 karbon atomu içerir.

MUFA'lar, farklı pozisyonlarda meydana gelebilen bir karbon-karbon çift bağına sahiptir. En yaygın MUFA'lar 16-22 zincir uzunluğunda, cis konfigürasyonlu bir çift bağa sahiptir. Trans izomerler, doymamış yağların endüstriyel işlenmesi (hidrojenasyon) sırasında ve geniş getiren hayvanların gastrointestinal sisteminde üretilir. Çift bağın varlığı o noktada açıl zincirinin hareketliliğinde kısıtlamaya neden olur. Cis konfigürasyonu, moleküler şekilde bir bükülme sağlar ve cis yağ asitleri, trans formlarından termodinamik olarak daha az kararlıdır. Cis yağ asitleri, trans yağ asitlerinden veya bunların doymuş muadillerinden daha düşük erime noktalarına sahiptir (Rustan vd., 2005).

Çoklu doymamış yağ asitlerinde ilk çift bağ, ω karbondan itibaren üçüncü ve dördüncü karbon atomları arasında ise bunlara $\omega 3$, altıncı ve yedinci karbon atomları arasındaysa bunlar da ω -6 yağ asitleri olarak isimlendirilir. PUFA'lardaki çift bağlar, bir metilen grubuyla birbirinden ayrılır. Eikosapentaenoik asit (EPA; 20:5 ω -3), dokosaheksaenoik asit (DHA; 22:6 ω -3) ve α -Linolenik asit (18:3 ω -3) omega-3 yağ asitlerine; linoleik asit (18:2 ω -6) ve araşidonik asit (20:4 ω -6) ise omega-6 yağ asitlerine örnek verilebilir. Yalnızca bitkiler ve fitoplanktonlar tarafından üretilen PUFA'lar, memeliler ve balıklar da dâhil olmak üzere tüm yüksek organizmalar için gerekli olup bunlar birbirine dönüştürülemez ve her ikisi de temel besinlerdir. Ancak, bitkiler tarafından sentezlenen bu bileşenler besin yoluyla hayvanlara geçer. PUFA'lar ayrıca vücutta karbon atomlarının eklenmesi ve desatürasyon (hidrojenin ekstraksiyonu) ile metabolize edilir. Memeliler, yalnızca mevcut bir çift bağ ile karboksil grubu arasındaki karbon atomlarından hidrojenleri uzaklaştırabilen desatürazlara sahiptir. Hayvanlar besin yoluyla aldıkları bu yağ asitlerini elongasyon (zincir uzatma) ve desatürasyon (doymamışlık derecesinin artırılması) reaksiyonlarıyla daha uzun zincirli ve daha fazla çift bağ içeren yağ asitlerine dönüştürürler. Örneğin; Linoleik asit, AA'ya; linolenik asit ise EPA ve DHA'ya dönüştürülür (Rustan vd., 2005).

Hayvanlarda, bitkilerde ve mikroorganizmalarda en yaygın olarak bulunan doymuş yağ asidi palmitik asittir (16:0). Stearik asit (18:0), hayvanlarda ve bazı mantarlarda önemli bir yağ asidi ve çoğu bitkide küçük bir bileşendir. 8-10 karbon atomlu daha kısa zincirli doymuş asitler süt ve hindistancevizi triağılglicerollerinde bulunur (Rustan vd., 2005).

18:1n-9 ve 16:1n-7, bitkilerde, hayvanlarda ve aynı zamanda mikroorganizmalarda bulunan en yaygın monoenoik yağ asididir.

Linoleik asit (18:2 ω -6), bitki lipitlerinde bulunan başlıca yağ asitlerinden biridir. Hayvanlarda esas olarak diyet bitki yağlarından elde edilir. Araşidonik asit (20:4 ω -6), hayvanlar âleminde zar fosfolipitlerinin ana bileşenidir, ancak diyetle çok az bulunur. α Linolenik asit (18:3 ω -3) soya fasulyesi yağı ve kolza tohumu yağlarında ve alglerde bulunur. Eikosapentaenoik asit (EPA; 20:5 ω -3) ve dokosaheksaenoik asit (DHA; 22:6 ω -3), deniz yosunları, yağlı balıklar ve balık yağlarının başlıca yağ asitleridir; örneğin DHA, özellikle beyin, retina ve testislerdeki fosfolipitlerde yüksek konsantrasyonlarda bulunur (Rustan vd., 2005).

1.3 Balıkların Lipit Bileşimi ve Özellikleri

Balığın içeriğindeki lipitler esas olarak: fosfolipidler, triağılgliceroller (TAG) ve steroller; bunların küçük miktarlarda metabolik ürünleri olan ve nadir görülen; glikolipidler ve sülfolipidlerden oluşur. Triağılglicerol, hemen hemen tüm balık türlerinde depo lipittir. Kaslardaki lipit içeriği arttıkça TAG içeriği de artmaktadır (Drazen, 2007).

Günümüzde, potansiyel besin değerleri ve benzersiz biyofiziksel özellikleri nedeniyle, özellikle deniz polar lipitlerine artan bir ilgi vardır, dolayısıyla bunların uygulanması insanlar için birçok hastalığının önlenmesi ve tedavisinde umut verici yeni bir diyet yaklaşımı olabilir. Nötral lipitler ile karşılaştırıldığında, deniz kaynaklı fosfolipitler; daha fazla besin değeri, daha yüksek biyoyararlanım ve n-3 PUFA'nın bağırsakta daha fazla emilimi, ARA, EPA ve DHA'nın sn-2 pozisyonundaki esterleşmeden kaynaklanan özellikler gösterir (Parmentier vd., 2007). Fosfolipitler ayrıca aynı kaynaktan triağılglicerollere kıyasla oksidasyona karşı daha iyi direnç gösterirler (Adkins ve Kelley, 2010).

Nötral lipitler (NL), genellikle doymuş yağ asitleri (Manner vd., 1984) ve tekli doymamış yağ asitleri (Sturdivant vd., 1992) içeren depo lipitleridir, fosfolipitler (PL) ise esas olarak daha fazla PUFA içeren ester membrandır (Duckett vd., 1993).

Polar lipitler, hücre zarlarının önemli yapısal bileşenlerini ve eikosanoid öncülerini içerirler (De Leonardis ve Macciola, 2004). Polar lipitlerden n-3 PUFA'lar; yararlı prostaglandinlerin ve trombosit aktive edici faktörlerin önemli öncüleri olup, inflamatuvar ve alerjik reaksiyonlara katılımdan fizyolojik süreçlere (üreme, fetal gelişim, doğum), antihipertansif tepkilere kadar değişen bir dizi önemli biyolojik aktivitelere sahiptirler (Blank vd., 1992). Deniz balıklarının karakteristik özelliklerden biri de fosfolipit fraksiyonunda PUFA'nın ve özellikle DHA'nın triaçilgliserolden daha yüksek olmasıdır (Delgado vd., 1994). Ackman (1992), fosfolipitlerin yüksek oranlarda DHA, daha düşük seviyede EPA ve makul oranda araşidonik asit düzeylerine sahip olduğunu bildirmiştir.

Nötral lipitler; üreme mevsimi boyunca gametlerin olgunlaşması için enerji amacıyla ve yapısal lipitlere iletilebilen veya belirli metabolik yollara yönlendirilebilen geçici bir çoklu doymamış yağ asidi deposu olarak kullanılan, triaçilgliserol depolama lipitlerinden oluşur (Varljen vd., 2004). Fosfolipitlerin yağ asidi bileşimi daha çok balığın fizyolojisi ile hayvansal dokularda enerji sağlayan moleküller olan triaçilgliserolün bileşimi de besinle ilişkilidir (Rueda vd., 1997).

Balık lipidindeki ana yağ asitleri grupları doymuş (SFA), tekli doymamış (MUFA) ve PUFA'dır (Sioen vd., 2006). Her bir yağ asidi grubunun dokudaki toplam lipit içeriğindeki oranı farklı olup esas olarak toplam lipit içeriğine, lipit sınıflarının bileşimine ve çok sayıda biyolojik faktöre bağlıdır (Dunstan vd., 1996).

Balık lipitlerinin SFA'sında, en fazla palmitik asit, sonra miristik asit ve stearik asit bulunur. 15:0, 17:0 ve 20:0 yaklaşık %1 veya daha az oranda bulunur ve genellikle sınırlı besleyici değeri olduğu düşünülür (Ackman 1994). MUFA'lar en çok oleik asidi, ardından üç kat daha az miktarda palmitoleik asit içerir. PUFA bileşimi, balık lipitlerinin en karakteristik özelliğidir. Suda yaşayan hayvanlarda PUFA genellikle uzun zincirlidir ve çoğunlukla EPA ve DHA içerir. Tatlı su ve deniz balıklarının yağ asidi içeriği arasındaki fark pek çok araştırmacı tarafından belirtilmiş olup, tatlı su balıklarının genellikle deniz balıklarından daha düşük oranlarda n-3 PUFA içerdiğini bildirmişlerdir (Vlieg ve Body, 1988).

Memeli sistemlerinde daha uzun zincirli olan n-3 PUFA'lar, α -linolenik asitten; n-6 PUFA'lar ise linoleik asitten sentezlenir. Bunlar; iki temel öncü olup enzimatik sistem için rekabet ederler. Yüksek bir ALA alımı n-3 PUFA'nın uzamasını desteklerken, n-6 PUFA'nın uzamasını azaltır (Brenner, 1977).

Balıklar, içerdikleri yağ miktarına göre dört gruba ayrılır (Ackman, 1994):

- a.) Yağsız (< %2 yağ)
- b.) Az yağlı (%2-4 yağ)
- c.) Orta yağlı (%4-8 yağlı)
- d.) Yüksek yağlı (> %8 yağ)

Yağsız balıklar genellikle daha fazla beyaz ete sahiptir ve balık gövdesinde bir miktar koyu kas eti bulunurken, yağlı balıklar daha fazla koyu renkli kas eti ve yağ içeriğine sahiptir. Ayrıca yağlı balık etleri sarı, gri, pembe veya diğer renklerde olabilirler (Moradi vd., 2011). Koyu kastaki lipit içeriği genellikle beyaz kastakinden birkaç kat daha fazladır. Beyaz kas, ani hızlı yüzme gibi hızlı aktivitelerden sorumluyken koyu kas sabit, sürekli yüzme için kullanılır. Bu nedenle hızlı hareket eden göçmen türlerin eti (ton balığı, ringa balığı, uskumru, çaça balığı, hamsi ve sardalya gibi pek çok pelajik balık), genellikle daha yavaş hareket eden morina gibi türlerden daha fazla koyu kas dokusu ve daha fazla yağ içerir. Bu arada yağlı balık, yağını kas dokusunda depolarken yağsız balıklar ise karaciğerlerinde lipit depolarlar (Calder, 2013). Yağsız balıklar, yağlı balıklara göre triaçilgliserolden daha yüksek oranda fosfolipit içerir (Moradi vd., 2011). Fosfolipitler tipik olarak balık etinde bulunan diğer ana lipit sınıfı olduğundan, yağsız balıklarda fosfolipitlerin daha yüksek bir oranı toplam lipitlere katkıda bulunur. Bu nedenle, fosfolipitler, yağsız balıklarda toplam lipitlerin neredeyse %90'ını oluşturur (Ackman, 1994).

Son yıllarda deniz lipitlerinin artan erişilebilirliği, polar lipitlerin yalnızca üstün bir n-3 PUFA kaynağı olarak değil, aynı zamanda farmasötik, kozmetik ve fonksiyonel gıda endüstrilerinde kullanım için yeni olasılıklar açmıştır (Burri vd., 2012).

1.4 Lipitlerin Vücut İçin Önemleri

- a. Karbonhidratlar ve proteinler ile birlikte lipitler canlı hücrelerin temel yapısal materyallerini oluştururlar.
- b. Yoğun enerji depolama şeklidirler.
- c. Deri altı dokularda ve bazı organların çevresinde yalıtım görevi yaparak vücuda şekil verir ve pürüzsüz bir görünüm kazandırır.
- d. Yağ dokusunda depolanan verimli enerji kaynağı (triasilgliseroller) olarak hizmet ederler.
- e. Proteinlerle (lipoproteinler) birleşen lipitler, hücre zarlarının (zar geçirgenliğini düzenleyen) ve hücrenin mitokondrisinin önemli bileşenleridir.
- f. Lipitler, hücresel metabolik düzenleyiciler (steroid hormonlar ve prostaglandinler) olarak önemlidirler.
- g. Yağda çözünen vitaminlerin (A, D, E ve K) kaynağıdır.
- h. Lipitler, bazı enzim sistemlerinin bileşenleridir.
- i. Deri altı tabakasındaki yağ tabakaları, izolasyon ve soğuktan koruma işlevini sağlarlar.

1.5 Bireysel Yağ Asitleri ve Etkileri

Yağ asitleri, beyin ve sinir hücrelerinin dışındaki tüm hücrelerin mitokondrilerinde beta oksidasyonu ile enerji sağlarlar. Depo yağlarının depolanmasından sorumludurlar. Depo yağlardan olan triasilgliseroller vücudun iç sıcaklığını kontrol eder ve korur (Voet and Voet, 2013). Vücutlarında yeterince yağ olmayan insanlar üşürler, sıklıkla yorulurlar ve yağ asidi eksikliğinden ötürü deride yaralar oluşabilir. Triasilgliseroller, ayrıca vücudun hormonları üretmesine ve regüle etmesine yardımcı olur. Hücre zarların temel yapısal bileşenleri olan fosfolipitler, çok geniş bir aralıkta biyolojik süreçlere tabi olan moleküler yapılardandır ve farklı tür SFA, MUFA ve PUFA kombinasyonlarından oluşmaktadır. Membrandaki fosfolipitlerin yapısında yer alan PUFA'ların sayısı arttıkça oksidasyona olan hassasiyet artmaktadır. Çünkü yağ asitlerinin doymuşluğu azaldıkça oksidasyona olan yatkınlıkları da artmaktadır (Hulbert vd., 2006).

Esansiyel yağ asitleri, vücutta sentezlenemediğinden besinle dışarıdan alınması gereken yağ asitleridir. Bunlar; ω -3 ve ω -6 serisinin üyeleridir. N-3 ve n-6 yağ

asitleri, membran yapısına katılıp reaktif bileşikler olan ve bağışıklık sistemi üzerinde etkileri bulunan ekosanoidlerin öncüleridir (Yehuda vd., 2002).

Hücre membranındaki yapısal yağ asitlerinden biri olarak görev yapması, akciğerde yüzey aktif madde aktivitesinde rol alması, omurgasız canlılarda “*de novo*” lipogenez (DNL) yolağında yer alarak şeker gibi besin öğelerinin yağ olarak depolanmasını sağlaması, protein palmitoilasyonunda ve sinyal moleküllerinde görev alması palmitik asidin insan sağlığını etkileyecek potansiyeli olduğunu düşündürmektedir (Innis, 2016). Serumdaki kolesterol ve kötü kolesterol (LDL) miktarlarını arttıran palmitik asit; kalp-damar hastalıkları, ateroskleroz ve felç olma riskini artırır (Nicolosi vd., 1998). Ancak diğer bir doymuş yağ asidi olan steraik asidin, sağlığa zararlı olmadığı bildirilmiştir (Judd vd., 2002).

Yapılan araştırmalardan elde edilen kanıtlar, SFA'nın düşük yoğunluklu lipoprotein kolesterolü (LDLC) yükseltme üzerindeki etkisinin zincir uzunluğuna bağlı olduğunu, dolayısıyla C12:0, C14:0 ve C16:0 en aktifken, daha uzun zincirli olanların serum kolesterol seviyeleri üzerinde çok az veya hiç etkisi olmadığını göstermektedir. Doymuş yağ asitlerinden (SFA) sadece zincir uzunluğu 12, 14 veya 16 karbon atomu olanlar kolesterol yükseltici etkiye sahiptir ve bu nedenle aterojeniktir. C14, C16 veya C18 karbon atomu zincir uzunluğuna sahip SFA'ların trombojenik olduğu öne sürülmüştür (Fehily vd., 1994). Öte yandan MUFA, yüksek yoğunluklu lipoprotein kolesterolü (HDL) yükselterek sağlık üzerinde faydalı bir etkiye sahiptir (Kalogeropoulos vd., 2004).

Serumdaki kötü kolesterolü düşüren 16:1n-7 (palmitoleik asit), aynı zamanda yağın kan damarında birikmesini ve pıhtı oluşumunu da engeller (Nestel vd., 1994). Oleik asidin (18:1n-9), kandaki serum düzeyi üzerine etkisi yoktur (Denke, 1994). Derideki seramidlerin yapısına giren temel yağ asitlerinden 18:2n-6, linolenik asitle birlikte genellikle membranlardaki yapısal lipidler olan fosfolipitlerin önemli bileşenleridir.

Diğer bir aşırı doymamış yağ asidi olan araşidonik asit (20:4n-6), daha çok prostaglandin, lökotrien ve tromboksan gibi eikosanoidlerin sentezinde öncül madde olarak fonksiyon görür (Funk, 1991).

Beyin, yağ asitlerince zengin bir organdır ve bu organın hücre zarı fosfolipitlerinde büyük ölçüde esterleşmiş PUFA'lardan araşidonik asit ve DHA yer almaktadır. PUFA'lar hücre zarından salındıktan sonra, ya doğrudan çeşitli biyoaktif türevlere ya

da enzimatik dönüşümden sonra sinyal transdüksiyonuna katılabilmektedir. PUFA'lar ve mediyatörleri beyinde; nörotransmitasyon, hücre sağ kalımı, nöroinflamasyon gibi çeşitli süreçlere ve buna bağlı olarak da bilişsel fonksiyon, ruh hali değişikliği gibi etkilere sebep olabilmektedir. Bu sebeple; alzheimer ve majör depresyon gibi çeşitli nörolojik bozukluklarda PUFA ve düzenledikleri sinyal yollarında değişiklik olduğu görülmektedir (Bazinet vd., 2014). Omega 3 yağ asitlerinden EPA, kalp damar hastalıklarının oluşumunu engellemektedir. DHA ise beynin önemli yapısal komponentidir.

1.6 Yağ Asitlerinin Sağlık Üzerindeki Etkisi

Balık; insan sağlığı üzerinde faydalı ve hatta terapötik etkileri olan uzun zincirli PUFA'ların ana kaynağı olup (Broadhurst vd., 2002) yüksek çoklu doymamış yağ asidi (PUFA) seviyeleri içermeleri nedeniyle beslenme açısından büyük öneme sahip olduğu varsayılmıştır (Puwastien vd., 1999).

Son zamanlarda, n-3 ve n-6 yağ asitlerinin ve bunların kişisel sağlık üzerindeki etkilerinin bilimsel incelemesinde önemli bir artış olmuştur (Maggie ve Covington 2004). Birkaç çalışma; n-3 PUFA'nın nutrasötikler, yani sağlığın korunmasında, geliştirilmesinde ve bağışıklığın modüle edilmesinde rol oynayan ve böylece kardiyovasküler hastalıklar, romatoid artrit, diyabet, ülseratif kolit, alerji, egzama, ciltte kalınlaşma, kilo alımı, erken doğum, depresyon ve kanser gibi belirli hastalıkları önlemenin yanı sıra tedavi edebilen tıbbi gıdalar olarak kabul edilebileceğini göstermiştir (Fernandes vd., 2014; Loftsson vd., 2016).

Balık sadece yüksek değerli bir protein kaynağı olmayıp aynı zamanda EPA ve DHA gibi yağ asitleri açısından zengin olduğu iyi bilinir ve bu yağ asitleri obezitenin önlenmesi ve tedavisi için beslenme uzmanlarının odak noktasını temsil etmektedir (Schneedorferová vd., 2015). Sadece balıklarda ve diğer deniz canlılarında bulunan EPA ve DHA, insanlarda koroner arter hastalığının önlenmesi için son derece faydalı özelliklere sahiptir. Diyetle EPA ve DHA alımının arttırılması, kardiyovasküler ve inflamatuvar bozukluklarda yer alan çeşitli “stresle ilişkili” eikosanoidlerin üretimini azaltabilir (Din vd., 2004). Ayrıca hipertansiyon, ateroskleroz ve bazı kanser türleri gibi hastalıklar üzerinde de olumlu etkileri olduğu bildirilmiştir (Horrocks ve Yeo,1999). EPA'nın beyin bozukluklarında ve kanser tedavisinde de faydalı olduğu bildirilmiştir.(Fenton vd., 2000).

Balık yağının içerdiği omega-3 yağ asitlerinin; hipertansiyon, kalp-damar hastalıkları, depresyon, kanser ve benzeri hastalıklara karşı terapötik etkilerinin anlaşılmasıyla balıkların yağ asidi profillerine olan ilgi her geçen gün artmıştır (Kaçar, 2010). Dolayısıyla optimal sağlığın korunması için PUFA'lar gereklidir. Örneğin, DHA ve araşidonik asit (AA), beyindeki başlıca uzun zincirli PUFA'lardır. N-3 yağ asitleri sinir hücresi zarlarının önemli bileşenleri olduğundan, sinir hücrelerinin birbirleriyle iletişim kurmasına yardımcı olurlar, bu da zihinsel sağlık yani ruh sağlığının korunması açısından önemlidir. DHA; vücuttaki tüm zarların, özellikle sinirler ve kaslar gibi çok aktif dokulardaki zarların yapısı ve çalışması için tercih edilen yağ asididir. Hem EPA hem de DHA kardiyovasküler sistemde önemlidir. EPA, özellikle, anti-inflamatuar yanıtta katkı sağlayıp eikosanoidler olarak adlandırılan bir grup hücre habercisinin yapı taşıdır. Bu haberciler; kan basıncını, kan pıhtılaşmasını, bağışıklık fonksiyonunu ve alerjik yanıtı etkiler. Ayrıca, n-3 yağ asitlerinin erken alımının, çocukların bilişsel gelişimi üzerinde yararlı bir etkisi olduğuna dair anlamlı kanıtlar da vardır (IFFO 2017; Osendarp 2011).

N-3 yağ asitleri; hücre duvarlarının esnek ve elastik yapıda olmalarını sağlar ve uygun kırmızı kan hücresi esnekliği ve fonksiyonu ile dolaşım ve oksijen alımını iyileştirir. Bu yağ asitleri eksiklikleri; hafıza kaybı ve sinirlerde karıncalanma, zayıflama, zayıf görme, artmış kan pıhtıları oluşturma eğilimi, bağışıklık fonksiyonunun zayıflaması, artmış trigliseritler ve kötü kolesterol (LDL) seviyeleri, bozulmuş membran fonksiyonu, hipertansiyon, düzensiz kalp atışı, öğrenme bozuklukları, menopoz rahatsızlıkları, bebeklerde ve çocuklarda büyüme geriliği gibi durumlara neden olabilmektedir (Julius, 2006). Ayrıca; prostaglandinler, tromboksanlar ve lökotrienler gibi eikosanoidlerin sentezi ile ilişkili olmalarından ötürü faydalıdır (Steffens, 1997).

Omega-3 yağ asitleri, özellikle iskemik kalp hastalığının modülasyonunda ve önlenmesinde önemli bir rol oynar. Diyet omega-3 yağ asitleri tüketiminin miyokard enfarktüsü sonrası riski azalttığı ve prospektif epidemiyolojik çalışmalarda ani ölüm ve kalp durmasını önlediği bulunmuştur (Kromhout vd., 1995).

Çoklu doymamış yağ asitleri, özellikle ω -3 PUFA'lar, iltihap önleyici ve tromboz önleyici etkilere sahiptir (Connor, 2000). Trombosit aktivasyonu ve trombozis; ateromatik plak oluşumuna neden olurlar. Omega 3 yağ asitleri, kandaki düşük yoğunluklu lipit kolesterolü azaltabilir ve antitrombotik, antiinflamatuvar, antiaritmik

ve damar genişletici özelliklere sahiptir (Lombardo ve Chicco 2006). Bu işlevi; kolesterolü ve kan basıncını düşürerek yaparlar. Bu yağ asitlerinin yüksek içeriğine sahip diyetler, yalnızca kardiyovasküler hastalık riskini değil, aynı zamanda hipertansiyon ve artrit riskini de azaltabilir (Lee vd., 1985).

Omega 3 yağ asitleri; kanser hücrelerinin büyüme ve gelişmesini baskılamaktadır. Kötü huylu kolesterolü düşürür ve iyi huylu kolesterol oranını yükselterek damar tıkanıklığı riskini azaltarak, kalp hastalarına karşı koruma sağlar (Zahra Momenzadeh vd., 2017). Bu nedenle PUFA; koroner kalp hastalığı, hipertansiyon, tip 2 diyabet ve insülin direncini önlemeye yardımcı olabilir. Balık lipitlerinin araştırılması hem endüstriyel hem de akademik alanlarda büyük önem taşımaktadır. Balıktan alınan besin maddelerinin sağlıkla ilişkisi üzerine yapılan araştırmalar genellikle ham maddelerden elde edilen verilere dayanmaktadır. Ancak çiğ balık dokusundaki PUFA içerikleri pişirme sonrasında doğru bilgiyi vermeyebilir, çünkü pişirme veya ısıl işlemler balık yağının ayrışmasına, polimerizasyonuna ve redoks reaksiyonlarına yol açabilir (Terevinto vd., 2010). Balık türleri ve pişirme yöntemleri, tüketilen ürünlerdeki esansiyel yağ asitlerinin içeriği için belirleyici faktörler olabilir (Gladyshev vd., 2006).

Tatlı su ve deniz balıkları, diğer hayvansal gıda kaynaklarına kıyasla nispeten yüksek miktarda çoklu doymamış ve doymuş yağ asitleri (PUFA/SFA) oranları içermeleri nedeniyle genellikle insan diyetinin sağlıklı bir bileşeni olarak kabul edilirler (Health Canada, 2011).

Kardiyo-koruyucu etkiler sağlamak amacıyla haftada en az iki porsiyon balık tüketimi, Amerikan Kalp Derneği'nin tavsiye edilir (Krauss vd., 2000).

Esansiyel yağ asitlerinin büyük bir kaynağı olarak kabul edilen balıklardaki lipitler, enerji ve yapısal işlevleri yerine getiren önemli biyokimyasal bileşenler olup kas dokusunun lipit bileşeni, büyük ölçüde toplam lipit içeriğinin bileşimi olarak temsil edilir. Toplum tarafından tüketilen balık türlerinin yağ asidi profillerinin belirlenmesi önemlidir (Kaçar vd., 2018).

1.7 Omega 3 Yağ asitleri ve kaynakları

➤ Alfa-linolenik asit (ALA), bitkisel gıdalarda bulunan ve insan vücudu tarafından üretilmeyen bir Omega 3 yağ türüdür. ALA'lar tüketildikten sonra eikosapentaenoik

asit (EPA) ve dokosaheksaenoik aside (DHA) dönüştürülebilir, ancak dönüşüm esas olarak karaciğerde meydana gelip çok sınırlıdır ve bildirilen oranlar %15'ten azdır.

➤ ALA, keten tohumu, soya fasulyesi ve kanola yağları gibi bitkisel yağlarda bulunur. Chia tohumları ve siyah ceviz de ALA içerir.

➤ DHA ve EPA balıklarda, balık yağlarında ve kril yağlarında bulunur, ancak orijinal olarak balıklar tarafından değil mikroalgler tarafından sentezlenirler. Balıklar mikroalg tüketen fitoplanktonları tükettiğinde dokularında omega-3 biriktirirler.

➤ Balıkların omega-3 içeriği çok değişkendir. Somon, uskumru, ton balığı, ringa balığı ve sardalya gibi soğuk sulardaki yağlı balıklar yüksek miktarda uzun zincirli omega-3 (EPA ve DPA) içerirken, daha düşük yağ içeriğine sahip balıklar (levrek, tilapia ve morina balığı gibi) daha az içerir.

➤ Balığın omega-3 içeriği, balığın tükettiği gıdanın bileşimine de bağlıdır. Çiftlik balıkları genellikle doğal yakalanan balıklardan daha yüksek EPA ve DHA seviyelerine sahiptir, ancak bu beslendikleri yiyeceğe bağlıdır.

➤ Sığır eti omega-3 bakımından çok düşüktür, ancak otla beslenen ineklerden elde edilen sığır eti, tahılla beslenen ineklerden elde edilene göre özellikle ALA olarak biraz daha yüksek seviyelerde omega-3 içerir (<https://ods.od.nih.gov>).

1.8 Deniz Balıklarında PUFA/SFA, N-3/N-6, AI ve TI İndeksleri:

Genellikle balık lipit kalitesi; n-3/n-6, PUFA/SFA, EPA+DHA gibi farklı yağ asidi oranları ile Aterojenik indeks (AI), Trombojenik indeks (TI) gibi yağ asidi içeriğine dayalı beslenme kalite indeksleri kullanılarak değerlendirilir (Merdzhanova vd., 2016).

SFA ile PUFA toplamı arasındaki ilişkiyi, aterojenik indeks; kan damarlarında pıhtı oluşturma eğilimini de trombojenik indeks ifade eder (Ulbricht ve Southgate, 1991; Hosseini vd., 2014).

AI ve TI indeksleri aşağıdaki formüllere göre hesaplanmıştır:

$$AI: \frac{12:0+4 \times 14:0+16:0}{\Sigma PUFA \quad \Sigma MUFA}$$

$$TI: \frac{14:0+16:0+18:0}{(0,5) \times \Sigma MUFA + (0,5) \times (\Sigma N-6) + 3 \times (\Sigma N-3) + \frac{N-3}{N-6}}$$

Bu indeks, pro-trombojenik (doymuş yağ asitleri) ve anti-trombojenik yağ asitleri arasındaki ilişkiyi göstermektedir (Ulbricht ve Southgate, 1991).

AI ve TI indeksleri; lipitlerin, koroner hastalık gelişimi ve diyet kalitesi üzerine potansiyel etkilerinin göstergeleridirler. Bu indeksler, belirli yağ asidi gruplarının göreceli (nispi) içeriğine bağlı olan lipit kalitesinin de ölçütleridirler (Ulbricht ve Southgate, 1991). AI ve TI'nin, koroner hastalık indeksleri olması nedeniyle düşük değerlere sahip olması istenir. Besinlerde AI değerinin 1.0'den TI değerinin ise 0.5'ten az olması önerilmektedir. (Woloszyn vd., 2020). AI değeri düşük gıdalar; plak oluşumunu inhibe edip, kolesterol ve fosfolipit seviyelerini azaltıcı etki göstererek koroner hastalıkları engellerler (Ulbricht ve Southgate, 1991). TI düzeyi düşüklüğü ise kan damarlarında pıhtı oluşturma eğilimini engeller (Buřová vd., 2020). Her iki indeksin daha düşük değerleri, yağ asitlerinin daha iyi beslenme kalitesini gösterir; bu nedenle, düşük AI ve TI değerlerine sahip diyetler potansiyel koroner kalp hastalığı (KKH) riskini azaltabilir (Hosseini vd., 2014).

Aterojenite (AI) indeksi, atar damar duvarlarında yağ birikmesi gibi hastalıkların gelişme riskini gösterir. Trombojenisite (TI), bir kan pıhtısının oluşma olasılığını tanımlar. (AI) ve (TI) endekslerini hesaplamak için balık yağlarının yağ asidi verileri kullanılmıştır (Garaffo vd., 2011).

N-3/n-6 oranı, balık yağlarının besin kalitesini karşılaştırmak için kullanılır ve bu oranın 1-5 arasında olduğu bildirilmektedir (Linhartova, 2018; Bayar vd., 2021). Mevcut WHO tavsiyelerine göre, toplam insan diyetindeki günlük ω -3/ ω -6 oranı 1:5, yani 0.2'den yüksek olmamalıdır (Vujkovic vd., 1999). Deniz balıklarının toplam lipitlerindeki n-3/n-6 oranı çoğunlukla 5 ile 19.5 arasında değişmektedir (Abedi ve Sahari, 2014). Farklı balık türlerinde bu oran 0.24- 4.1 arasındadır (Hosseini vd., 2014).

Omega-3 ve omega-6 PUFA'ların sağlık faydalarından yararlanmak için alımları dengelenmelidir. Birinin fazlalığı diğerinin katabolizmasını etkileyebilir ve böylece biyolojik etkilerini değiştirerek dokulara dâhil olmalarını azaltabilir. Ayrıca bu oran, organizmada dengeli eikosanoid sentezi için kilit bir faktördür (GoÂmez Candela vd., 2011).

Dengeli bir ω -3/ ω -6 diyeti normal büyüme ve gelişme için gereklidir ve koroner arter hastalığı, hipertansiyon, kanser ve romatoid artritin önlenmesinde önemli rol oynar (Kaçar ve Başhan, 2016).

PUFA/SFA oranı, deniz ürünlerinin besinsel kalitesini belirlemede kullanılan bir diğer parametredir (Larsen vd., 2011). WHO, (2003) bu oranın diyetle 0.4'ten fazla olmasını tavsiye etmektedir. Uzmanlar; ideal diyetin $\frac{1}{3}$ SFA, $\frac{1}{3}$ MUFA ve $\frac{1}{3}$ PUFA'dan oluşmasını söylemişlerdir. Bu hedefe ulaşılmışsa, diyet lipidindeki PUFA/SFA oranı 1, PUFA içeriği ise enerji alımının %10'u olmalıdır (Zdzislaw vd., 2003).

Ayrıca; sağlıklı yaşam için, n-3/n-6 oranları 1'e yakın olan (Simopoulos, 2002) ve PUFA/SFA oranları >0.4 olan (FAO ve WHO, 1994) diyetler de aynı şekilde tavsiye edilir.

1.9 Yağ Asidi Dağılımına Etki Eden Faktörler

Balık lipidlerinin yağ içeriği ve yağ asidi bileşimi; mevsime, yem türü ve miktarına, balığın boyutuna, yaşa, su sıcaklığına, pH, tuzluluk ve üreme döngüsü gibi farklı biyotik ve abiyotik etkenlere bağlı olarak değişmektedir (Kaushik vd., 2006).

Balıklardaki yağ asidi kompozisyonuna değişik pişirme yöntemleri de etki etmektedir. Kızartma, balık yağlarında diğer pişirme yöntemlerine göre daha yüksek değişikliklere neden olur. Kızartma sırasındaki değişiklikler balığın yağ içeriğine, kızartma yağının bileşimine ve kızartma teknolojisinin türüne bağlıdır. Diğer pişirme yöntemlerine kıyasla, kızartma işleminde DHA ve EPA'daki azalmalar daha yüksek bir kayıpla sonuçlanır (Moussa vd., 2014).

1.10 Pişirme Yöntemleri

Pişirme; yiyecekler belirli bir süre ısı uygulayarak; lezzet ve tat gibi duyu özellikleri geliştirmek, renklerini, şekillerini, yapılarını değiştirmek yoluyla sindirilebilirliği artırıp arzu edilebilir ve yenilebilir duruma getirmek, enzimleri ve patojen mikroorganizmaları inaktif duruma getirmek, su aktivitesini azaltmak ve besinin raf ömrünü uzatmak içindir (Garcia-Arias vd., 2003).

Genel olarak pişirme yöntemleri üç kategoriye ayrılır: kuru ısıtma, nemli ısıtma ve kombine ısıtma yöntemi. Kuru ısıtma yöntemleri, yiyecekleri sıcak hava veya yağ ile pişirir (tavada kızartma, derin yağda kızartma, ızgara, tavlama, kavurma, fırınlama);

nemli ısıda pişirme yöntemleri; yiyecekleri genellikle su, et suyu veya buharla (haşlama, kaynatma, buharda pişirme) pişirir; ve kombinasyon pişirme yöntemleri (haşlama, buğulama) ise kuru ve nemli ısıtma yöntemlerinin bir kombinasyonu olarak kullanır (Moradi vd., 2011).

1. Kuru ısıda pişirme yöntemleri

- a) Fırında Pişirme
- b) Izgarada pişirme
- c) Az yağda kızartma yöntemi
- d) Orta yağda pişirme
- e) Bol yağda kızartma

2. Nemli ısıda pişirme yöntemleri

- a) Haşlama
- b) Buğulama yapmak
- c) Kaynatma

Bitkisel yağlar, besinsel faydaları ve stabiliteleri nedeniyle kızartmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Bansal vd., 2010). Kızartma, balığın lezzetini ve raf ömrünü artırmak için gıda endüstrisi ve evlerde yaygın olarak kullanılan bir yöntem olup balığa eşsiz bir duyuşal özellik verir ve gıda ürününün kalitesini artırır. Aldehitler, furanlar, ketonlar, alkoller ve asit oluşumu kızartma esnasında meydana gelip yağ ve ürünlerin aromasına katkı sağlar (Zarulakmam vd., 2021). Kızartma döngüsü arttıkça renk, tat, koku, sululuk, görünüm ve genel kabul edilebilirlik azalır (Tadesse vd., 2020). Lezzet kabul edilebilirliğindeki azalma, lipit ve protein oksidasyon sürecinde serbest yağ asidi bileşiminin oluşumundan kaynaklanırken, koku kabul edilebilirliğindeki azalma, peroksitler ve serbest radikal bileşiklerin oluşumundan kaynaklanmaktadır (Ketaona vd., 2013). Rengin bozulmasına ise yüksek sıcaklıklardaki polimerizasyon reaksiyonları neden olabilir (Idun-Acquah vd., 2016).

Balık ve balık ürünleri gibi yüksek oranda protein ve yağ içeren bir gıda için gıdanın ve kızartma ortamının bileşimi, trans yağ asitleri, serbest yağ asitleri ve polisiklik

aromatik hidrokarbonların oluşumu gibi tüketim üzerine sağlık risklerini azaltmak için incelenmelidir (NurSyahirah vd., 2022).

Kızartma; balık lipidlerinin yağ içeriğini, lipid fraksiyonlarını ve yağ asidi profillerini değiştirebilir. Bu değişiklikler çoğunlukla kızartma yöntemlerine (sığ veya derin kızartma), çığ balıktaki yağ miktarına ve kızartma yağının bileşimine bağlıdır (Moradi vd., 2011).

Piştirme sürecinde meydana gelen değişiklikler için olası mekanizmalar, yemeklik yağın balığa geçmesi, yiyeceğin nem kaybı, yağda çözünen moleküllerin yiyeceklerden sızması ve sıcak yemeklik yağda üretilen serbest radikallerle oksidasyon reaksiyonlarıdır (Little vd., 2000).

Piştirme işlemleri sırasında balık dokularında su kaybı olduğundan ısıtılma işlemlerden sonra nem içeriğindeki azalma, buharlaşma yoluyla kısmi su kaybından kaynaklanmaktadır (Weber vd., 2008). Azalan nem içeriği, pişmiş balık filetolarında önemli protein artışına neden olan en önemli değişiklik olarak tanımlanmaktadır. Balık gibi yüksek proteinli gıdalar ısıya karşı hassastır. Yağın emilmesi, balıktaki yağ asitlerine katkıda bulunabilir ve suyun balıktan dışarı çıkmasına neden olan hidrofobik etkileşimi artırabilir (NurSyahirah vd., 2022).

Piştirme yöntemlerinden sonra balıklarda protein, yağ ve kül içeriğindeki artışın sebebi nem kaybından ötürüdür. Pişirmeden sonra su içeriği ile diğer besin bileşenleri arasında ters bir ilişki oluşmaktadır (Ersoy vd., 2009).

Piştirme sırasında, kimyasal ve fiziksel reaksiyonlar meydana gelir, protein denatürasyonu nedeniyle sindirilebilirlik artar, ancak termo kararsız bileşiklerin ve çoklu doymamış yağ asitlerinin içeriği genellikle azalır (Finot 1997). Piştirme sırasında yağ asitlerinin modifikasyonları üç mekanizma ile ilgili olabilir: Bunlar özellikle kızartmada; oksidasyon, difüzyon yoluyla yağ asitlerinin kaybı veya balık ve yağ arasındaki yağ asidi değişimi (Garcia-Arias vd., 2003). EPA ve DHA gibi PUFA'ların, ısıtma ve diğer mutfak işlemleri sırasında oksidasyona özellikle duyarlı oldukları kabul edilir; bu reaksiyon ısı, ışık, eser metaller veya enzimler tarafından katalize edilir ve serbest radikallerin oluşumuna neden olur (Loughrill vd., 2016). Serbest radikaller, diğer yeni serbest radikalleri oluşturarak parçalanmış hidroperoksitleri oluşturup oksijenle reaksiyona girerek otooksidasyonu yayar. Oluşan hidroperoksitler ölçülebilir ve konsantrasyonları oksidasyon derecesini

değerlendirmek için kullanılabilir (Zuta vd., 2007). Yağın oksidasyonu, oksijenin yağ ile spesifik olarak yağ asidi veya açılgliserol molekülleri ile etkileşime girmesi ve yağın oksitlenmesine neden olan ısının varlığı ile oluşur. Oksidasyon reaksiyonu, oksijen faktörünün yanı sıra yağ kalitesinin stabilitesi, yağın yağ asidi bileşimi ve kızartma sırasındaki sıcaklık gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak da gerçekleşebilir (Choe ve Min, 2006).

Kızartma süresinin ve sıcaklığının artması, oksidasyon sürecinde hidroperoksitlerin oluşumuna neden olur. En yüksek sıcaklıklarda, oksijen kaynağı sınırlı olduğunda, ana reaksiyonlar oksidasyondan ziyade polimerizasyona yol açabilir (Gertz vd., 2000). Polimerizasyon sırasında başlıca bozunma ürünleri uçucu olmayan polar bileşikler, triaçilgliserol dimerleri ve polimerlerdir. Gıdalarda daha yüksek miktarda polimer bileşikleri ve hidroperoksitler, tüketiciler için potansiyel sağlık tehlikelerine yol açabilir. Bu nedenle kızartma döngüsü, kızartma süresi, kızartma sıcaklığı, kızartma yağı ve kızartma tekniği gibi kızartma parametreleri balık ve yağ kalitesini etkileyebileceğinden kontrol edilmelidir (Jurid vd., 2020).

Oksidasyon süreci, lipitlerin besin değerini büyük ölçüde azaltarak istenmeyen ekşime ve toksik reaksiyon ürünlerinin gelişmesine yol açar (Tang vd., 2001). Balık lipidinin pişirme sırasında ortaya çıkan oksidasyonu ve lipit profilindeki değişiklikler, daha yüksek ateroskleroz riski (Modugo vd., 2011), oksidatif stres ve lipoproteinlere dahil olarak aterojenezi alevlendirme gibi bazı tıbbi rahatsızlıklara yol açabilir (Penumetcha, 2000).

Daha önce yapılan çalışmalarda çeşitli tatlısu ve deniz balıklarının yağ asidi içeriğine değişik pişirme yöntemlerinin etkisi çalışılmıştır. Ancak, Akdeniz bölgesinde yoğun olarak tüketilen akya (*Lichia amia*) ve lambuka (*Coryphaena hippurus*) balıklarının yağ asidi kompozisyonu üzerinde farklı pişirme metotlarının etkisi ile ilgili bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmada Mersin ili Aydincık ilçesi Karatepe Koy'unda 2021 yılı eylül ayında olta yardımıyla Akdeniz'den yakalanan akya (*L. amia*) ve lambuka (*C. hippurus*) balıklarının; toplam nem, toplam lipit, toplam lipitteki ve triaçilgliserol ile fosfolipit fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonu üzerine değişik bitkisel yağlarda kızartma ve kızartma dışındaki pişirme yöntemlerinin etkisi araştırılmıştır. Araştırmada yağ asidi kompozisyonlarındaki değişim ile gıdaların besinsel değerlerinin saptanmasında kullanılan n-3/n-6 oranları,

PUFA/SFA oranları ve Aterojenik indeks (AI), Trombojenik indeks (TI) gibi parametrelere de bakılmıştır.

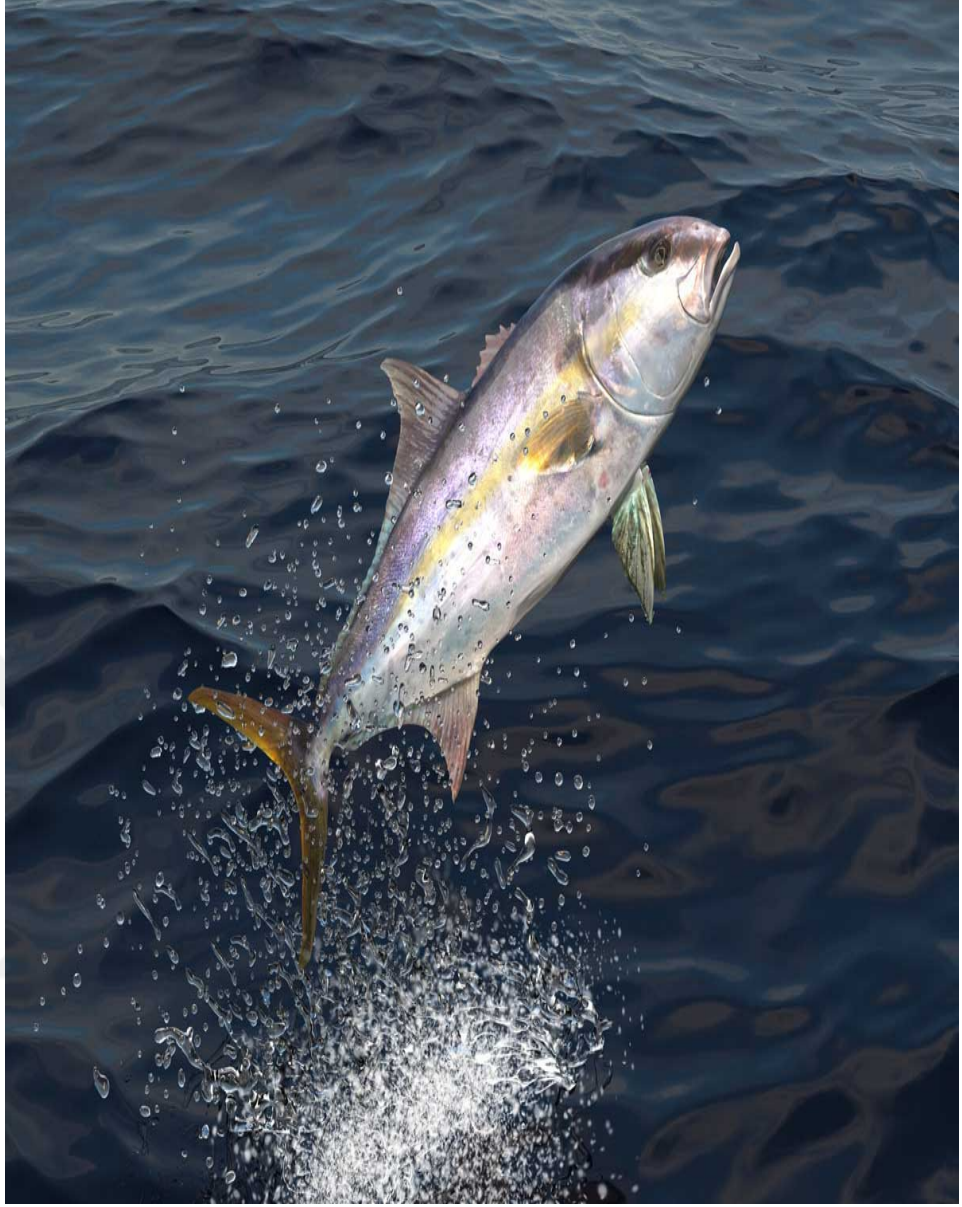
1.11 Analizi Yapılan Balıkların Genel Özellikleri

1.11.1 Akya (*L. amia*)

Akya balığı, *Carangidae* familyasından bir deniz balığı türüdür (Çizelge 1.1, Şekil 1.1). Bu balık, tek veya küçük sürüler halinde yaşayan yırtıcı bir tür olup boyutuna göre son derece kıvrak ve çevik hareket edebilme kabiliyetine sahip olduğu için avlanması hayli zordur. Çıplak, çatal kuyruk, kuzu balığı, Ieka balığı gibi isimlerle bilinmektedirler. Etleri lezzetlidir. Ülkemizde Ege, Akdeniz, Marmara ve Karadeniz’de bulunur ancak sayıları son derece azdır. Boyları 50 – 60 cm, ağırlıkları ise 30 kilogram kadardır. İnce yapılmış pullarla örtülü bir vücuda sahip olan akya balıklarının baş kısımlarında pul bulunmamaktadır. Bu durumdan ötürü karakteristiktir. Büyük bir baş ve ağız yapısına sahip olan balığın alt çene kısmı üste göre daha uzundur. Gözler standart boyutlardadır. Ağızlarındaki dişler zımpara kağıdı gibi öğütücüdür. Ayrıca, dilde ve damakta avı tutucu geriye dönük dişler (vomer) bulunur. Etobur oldukları için kabuklular ve küçük balıklarla beslenir. Özellikle kefal yavruları ana besin kaynağıdır. Üreme dönemleri ilkbahar ve yaz mevsimi arasındadır. Kıyıda üremeyi tamamlayan akyalar, kefal ve sardalya balıklarını yiyerek kaybettikleri yağı ve dolayısıyla da enerjiyi geri kazanırlar. Özellikle fosfor ve B vitaminleri bakımından oldukça zengin olan akya balığı, yüksek kalitede protein içerip iyi bir yağ deposudur. Kandaki kolesterol seviyesini kontrol altında tutarak kötü kolesterolü düşürür iyi kolesterolün de artmasını sağlar (<https://derinkesif.com>).

Tablo 1.1 *L. amia*’ın sistematigi

Sınıf	Actinopterygii
Takım	Perciformes
Familya	Carangidae
Cins	<i>Lichia</i>
Tür	<i>Lichia amia</i>



Şekil 1.1 Akya balığı (Balık vadisi, n.d.)

1.11.2 Lambuka (*C. hippurus*)

Dolphinfish, Mahi-mahi veya dorado balığı gibi yöresel isimlerle bilinen Lambuka, genellikle Akdeniz’de bulunan tropikal ve subtropikal sularda yaşayan predator balıklar kategorisine girmektedir (Çizelge 1.2, Şekil 1.2). Ülkemizde kanal balığı olarak da bilinir. 100 gramında bir gram yağ bulunan bu balık yağsız bir balık olduğundan beslenmesine dikkat edenler için iyi bir diyet tercihidir. Tadı ekşi olan bu balığın eti oldukça lezzetlidir. Ağırlıkları ortalama 40 kg, boyları ise ortalama 170 cm’dir. Oldukça farklı bir özelliği bulunan bu balık; parlak yanardöner sarı, mavi ve yeşil renklere sahip olup sudan çıkarıldıkları andan itibaren renk değişimine uğrarlar. Kolyoz, sardalya, kefal, kalamar, izmarit, istavrit, zooplanktonlarla (karidesler, kiriller vb) ve avlayabileceği boyuttaki her balıkla beslenir (<http://www.balikvadisi.com/>).

Tablo 1.2 *C. hippurus*'un sistematigi

Sınıf	Actinopterygii
Takım	Perciformes
Familya	Coryphaenidae
Cins	<i>Coryphaena</i>
Tür	<i>Coryphaena hippurus</i>



Şekil 1.2 Lambuka balığı (Balık vadisi, n.d.)

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1 Balıkların Nem Miktarına Değişik Pişirme Metotlarının Etkisi

Piştirme işlemleri sırasında balık dokularında su kaybı olmaktadır. Bu durum nem içeriğindeki azalmaya bağlı olarak buharlaşma yoluyla kısmi su kaybından kaynaklanmaktadır (Weber vd., 2008). Nem içeriğinde değişiklik olduğunda kızartılan ürünün fizikokimyasal ve duyuşsal özellikleri de etkilenecektir (NurSyahirah vd., 2022).

Balık gibi yüksek proteinli gıdalar ısıya karşı hassastır. Yağın emilmesi, balıktaki yağ asitlerine katkıda bulunabilir ve suyun balıktan dışarı çıkmasına neden olan hidrofobik etkileşimi artırabilir (NurSyahirah vd., 2022). Araştırmacılar, piştirme yöntemlerinden sonra balıklarda protein, yağ ve kül içeriğindeki artışın, su içeriği ile diğer besin bileşenleri arasında ters bir ilişki olduğunu göstererek suyun azalmasıyla açıklanabileceğini belirtmişlerdir. Yani piştirme yöntemleri nem içeriğinin azalmasına protein, yağ ve kül miktarında ise artışa neden olmaktadır. Pişirmeden sonra su içeriği ile diğer besin bileşenleri arasında ters bir ilişki oluşmaktadır (Ersoy vd., 2009).

Daha önce yapılan çalışmalarda nem içeriği ham Somonda % 68.05, Şili uskumrularında %75.37 (BastõÂas vd., 2017), Gökkuşığı alabalığında % 73.88 (Gokoğlu vd., 2004) olarak bulunmuştur.

Uskumru balığıyla (*Scomber scombrus*) yapılan başka bir çalışmada, ayçiçek yağında kızartılan filetolarda nem içeriği kontrole kıyasla % 63, zeytinyağında % 37, mısırozü yağında % 55.46 azalma göstermiştir (Başhan, 2019).

Ayçiçek yağında kızartılan somonlarla yapılan bir başka çalışmada ise nem içeriği kontrole oranla % 18.75, sardalyada ise % 23.37 olarak azalmıştır (Candela vd., 1998).

Kızartma dışında değişik piştirme metotlarının uygulandığı bir çalışmada buğulanmış somonun nem içeriği kontrole (%68.05) kıyasla azalma göstermiş (%64.94); Şili uskumrusunda ise kontrole göre (%75.37) tüm uygulamalarda önemli bir düşüş gözlenmiştir. Şili uskumru filetolarının nem içeriği ham numuneden farklılık gösterip piştikten sonra nem içeriği azalmıştır. Ayrıca, buğulanmış Şili uskumrusunun nem

içeriği, diğer pişirme işlemlerinden alınan numunelerin geri kalanından önemli ölçüde düşük bulunmuştur (Bastø vd., 2017).

Ot sazanı (*Ctenopharyngodon idellus*) filetolarıyla yapılan kaynatma, buğulama ve mikrodalgada pişirme yöntemlerinde de nem içerikleri azalmıştır (Zhang vd., 2013). Filetoların nem içerikleri % 43 ila % 78 arasında değişmiş olup buğulama yöntemi dışında diğer pişirme yöntemlerinde nem içerikleri önemli ölçüde azalmıştır. Buğulama yapılan numunelerde küçük bir artışla sonuçlanmıştır. Bunun nedeni buğulama işleminin “ıslak işleme yöntemleri” olmasından kaynaklanmaktadır (Zhang vd., 2013).

Fırın, ızgara ve kanola yağında pişirilen dört tatlısu balığında (*Oncorhynchus tshawytscha*; sazan, *Cyprinus carpio*; beyaz enayi, *Catostomus commersonii*; Göl alabalığı, *Sander vitreus*) da nem içeriği benzer bulunmuştur (Margaret vd., 2014).

Gıda sıcaklığındaki değişim oranı ve işlem sıcaklığından ötürü ızgaradaki pişirme, fırında pişirmeye göre daha yüksek ancak kızartmaya göre daha düşük su kayıplarına neden olmuştur (Weber vd., 2008).

2.2 Balıkların Toplam Lipit Miktarına Değişik Pişirme Metotlarının Etkisi

Balıklarda toplam lipit miktarı; balığın büyüklüğüne, doğal veya kültür olması gibi faktörlerin yanısıra türler arasında, hatta aynı balığın vücut kısımlarında da farklı olup, % 0.5 - 25 arasında değişmektedir (Rueda vd., 1997).

Pişirme; gıdada su kaybını uyarır ve çoğu durumda yağ içeriğini artırır ancak daha yağlı balıklarda sadece çok az yağ kaybedilir, bu da yönteme ve pişirme süresine bağlıdır (Weber vd., 2008).

Sánchez-Muniz vd., (1992) tarafından, ayçiçek yağı, zeytinyağı ve domuz yağında derin kızartma sırasında sardalya balığının yağ asitlerindeki değişiklikler incelenmiştir. Tüm kızartma yağlarında derin yağda kızartmadan sonra çığ sardalyaların yağ içeriğinin önemli ölçüde arttığını, ancak domuz yağında kızartılmış örneklerdeki artışın ayçiçeği ve zeytinyağına göre önemli ölçüde daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca, kızarmış sardalyaların yağ bileşiminin, kızartmada kullanılan yemeklik yağinkine benzer olduğunu bildirmişlerdir.

Margarin ve zeytinyağında morina ve somonun tavada kızartılması, yemeklik yağdan kızartılmış örneklerle yağ asitlerinin alımının balığın toplam yağ asidi içeriği ile ters orantılı olduğunu göstermiştir (Sánchez-Muniz vd., 1992).

Gümüş yayın balığı filetoları, fırında pişirme işlemi sırasında su kaybetmiş ve bunun sonucunda protein, yağ ve kül içeriği artmıştır (Weber vd., 2008). Bu değişiklikler Gökoğlu vd., (2004) tarafından gökkuşağı alabalığında bulunanlarla benzerlik göstermiştir.

Mavi göz balığın ızgaralanması, muhtemelen doku su içeriğindeki azalmaya bağlı olarak toplam lipitlerde ve n-3 PUFA'da bir artışa neden olmuştur (Nichols vd., 2001).

Somon, uskumru ve sardalyanın ayçiçek yağında derin olarak kızartıldığı bir başka çalışmada, ham somonda toplam lipit % 12 iken kızartılan örneklerde % 14.8; ham uskumruda toplam lipit % 16 iken kızartılan örneklerde % 7.25; ham sardalyada toplam lipit % 4 iken kızartılan örneklerde % 13.3 olmuştur. İlginç olan toplam lipit düzeyi fazla olan balıkta yağda pişirme ile toplam lipit miktarı artmamış aksine % 16 yağ içeren uskumru balığında azalma göstermiştir (Candela vd., 1998). Kızartma yağının bileşiminin, kızarmış balıkların yağ içeriği ve yağ asidi değişimlerini etkileyebileceği gösterilmiştir (Little vd., 2000).

Çiğ ve pişmiş hamsi filetolarının lipit içerikleri, ham filetoda 10.87 g/100 g olan toplam lipit içeriği, fırınlanmış numunelerde 16.34 g/100 g, ızgarada ise 14.99 g/100 g çıkmıştır. Fırınlanmış ve ızgara edilmiş örneklerin yağ içeriğindeki artışlar büyük olasılıkla pişirme sırasındaki su kaybından kaynaklanmaktadır. Kızartılmış filetoların (24.93 g/100 g fileto) lipit içeriği ise pişirme ortamından yağ Emilimi nedeniyle önemli ölçüde artmıştır (Turhan vd., 2011). Bu durum, pişmiş yayın balığı ve derin yağda kızartılmış sardalyalarda da gözlemlenen, işlem sırasında yemeklik yağın emildiğini gösterir (Candela vd., 1998).

Fırın, mikrodalga ve buğulama ile pişirilen bir başka çalışmada, lipitlerdeki en önemli düşüş; somon balığı için fırında pişirme ve konservelemede, Şili uskumrusunda ise mikrodalga fırında pişirmede bulunmuştur (BastõÂas vd., 2017).Lipit içeriği, farklı pişirme yöntemlerine tabi tutulduktan sonra önemli ölçüde azalmış; bu azalma pişirme süresi ve sıcaklığı ile ilişkilendirilmiştir, yani pişirme

süresi uzadıkça ve sıcaklık arttıkça lipit oksidasyonu daha fazla olmuştur (Domínguez vd., 2014).

Buğulama ve ızgara işlemi balıkların toplam lipitinde azalma oluşturmuştur. Tirsi balığında (*Alosa immaculata*) ham örneklerin toplam lipidi % 14, buğulamada % 9, ızgarada % 11'e düşmüştür (Merdzhanova vd., 2016).

Ayrıca araştırmacılar, buharda pişirme ve fırında kızartma sonrası lipid miktarlarındaki değişikliklerin balık türüne, işleme sıcaklığına, numune boyutuna ve ısıtılabilir yüzey alanına bağlı olduğunu varsaymışlardır (Gladyshev vd., 2007).

Ot sazını (*C. idellus*) filetolarıyla; kaynatma, buğulama ve mikrodalgada pişirme işlemlerinin uygulandığı çalışmada, yağ konsantrasyonu buğulama ile pişirmeden sonra azalırken, mikrodalga ile pişirme yöntemlerinde artış göstermiştir (Zhang vd., 2013). Ayrıca araştırmacılar, buharda pişirme ve fırında kızartma sonrası lipid miktarlarındaki değişikliklerin balık türüne, işleme sıcaklığına, numune boyutuna ve ısıtılabilir yüzey alanına bağlı olduğunu varsaymışlardır (Gladyshev vd., 2007).

2.3 Balıkların Yağ Asidi Kompozisyonuna Değişik Pişirme Metotlarının Etkisi

Kızartma, balık lipidlerinin yağ içeriği miktarını, lipit fraksiyonları miktarını ve yağ asidi profillerini değiştirebilir. Bu değişiklikler çoğunlukla kızartma yöntemlerine, çiğ balıktaki yağ miktarına ve kızartma yağının bileşimine bağlıdır (Moradi vd., 2011). Kızartma yağının kompozisyonu, kızartılan balığın yağ miktarını ve yağ asidi değişimini etkiler (Little vd., 2000).

Balıkların derin yağda kızartılması, yüksek miktarda kızartma yağının emilmesi nedeniyle balık lipidlerinde en büyük değişikliği indükler ve böylece balık yağ asidi bileşiminde ciddi bir değişime neden olur. Bununla birlikte, sığ kızartmanın etkileri, balık filetolarında daha az yağ emiliminden kaynaklanmaktadır (Toth-Markus ve Sass-Kiss, 1993). Bu durum, mavi gözlü tervali balığının (*Hyperoglyphr antarctica*) toplam lipit miktarının tavada kızartma sırasında %64 ve derin kızartmada üç kat arttığı Nichols ve arkadaşlarının (2001) raporlarıyla doğrulanmıştır.

Hem sığ hem de derin yağda kızartma, balığın yağ içeriğini değiştirecektir. Yemek pişirme sürecinde meydana gelen değişikliklerin olası mekanizmaları, yemeklik yağın balığa geçmesi, yiyeceğin nem kaybı, yağda çözünen moleküllerin yiyecekten

sızması ve yemeklik yağın kızartılmasıyla oluşan serbest radikallerle oksidasyon reaksiyonlarıdır (Little vd., 2000). Kolakowaka ve arkadaşları (2001), kolza yağında kızartılan ringa balığı yağ asitlerindeki değişikliklerin tavada ve derin kızartma sırasında önemli ölçüde farklı olduğunu bulmuşlardır.

Jayasena ve arkadaşları (2018) tarafından kızartılmış Nil tilapia (*Oreochromis niloticus*) filetolarında ayçiçek yağı yağı kullanılarak yapılan bir çalışmada, ham tilapia filetolarının yağ içeriğinde artışa, amino asit içeriğinde ise azalmaya neden olduğu bulunmuştur.

Zeytinyağında, morina ve somonun tavada kızartılması ile kızartma yağlarındaki yağ asitlerinin kızartılan örneklerle geçişi; ham balığın yağ asidi ile ters orantılı olmuştur. Yani zeytinyağında kızartılan morina ve somonun yağ asidi içerikleri; ham filetolardan farklı bulunmuştur. Zeytinyağı toplam MUFA yüzdesini arttırmıştır (Sioen vd., 2006). Ham balığın yağ içeriği; kızartma işlemiyle kızartma yağı arasındaki yağ değişimlerinin etkileşimleriyle değişebilir (Sánchez-Muniz vd., 1992). Mey ve arkadaşları (1975), tatlı su balıkları üzerinde yaptıkları bir çalışmada, balığın yağ içeriği ne kadar yüksek olursa, kızartma sırasında o kadar az lipid değişimi meydana geldiğini bulmuşlardır. Ancak; yağsız balıklar, daha fazla yağ absorbe ederler.

Ton balığı ve somon gibi yağlı balıkların kızartılması, balığın yağ içeriğinin ve bileşiminin artmasına neden olur. Bu balıkların ayçiçek yağı ve zeytinyağı gibi çoklu doymamış yağ asidi içerikleri yüksek olanlarla kızartılmasının balık kompozisyonu üzerinde olumsuz etkisi olduğu bulunmuştur. Sızma zeytinyağının, ayçiçek yağı kullanımına kıyasla balığın yağ içeriğini arttırdığı bulunmuştur (Ansorena vd., 2010).

Kızartma işlemi, yüksek yağ içeriğine sahip balıkların lipidlerinde daha düşük değişikliklere neden olmuştur. % 0.55 gibi düşük yağ içeriğine sahip morina filetoları yağda kızartılmış, ham filetolara oranla zeytinyağı balığın yağ içeriğini 4 kat arttırmıştır. % 14 yağ içeren somon filetosu kızartma yağıyla kızartıldığında yağ miktarı yaklaşık %2 oranında azaltmıştır (Sioen vd., 2006). Zeytinyağının, ayçiçek yağından daha yüksek yağ asidi içeriğine sahip olması, yağ emilimi nedeniyle kızartma için zeytinyağı kullanıldığında balıklardaki yağ içeriğinin daha yüksek olmasını açıklayabilir (Aşkın ve Kaya, 2020).

Mısırözü yağı ve ayçiçek yağında kızartmanın toplam yağ içeriğini arttırdığı bildirilmiştir (Bakar vd., 2008).

Hamsi balığı (*Engraulis Encrasicolus*) ile yapılan bir çalışmada, mısırözü yağında kızartılan filetoların, çok yüksek düzeyde linoleik asit (% 56) içermesinden dolayı $\Sigma n-6$ PUFA'lar artmış ancak $n-3/n-6$ oranı ise azalmıştır (Turhan vd., 2011).

Balık lipit özellikleri, farklı pişirme işlemleriyle değiştirilir. Yağda kızartma, genellikle diğer pişirme yöntemlerine göre balığın lipit bileşiminde çok önemli değişikliklere neden olup daha yüksek EPA ve DHA kayıpları oluşturur. Ayrıca kızartma sırasında meydana gelen lipit değişiklikleri balığın yağ içeriğine, kızartma yağının bileşimine ve kızartma teknolojisinin çeşidine bağlıdır (Moradi vd., 2011).

Zeytinyağında kızartılan örneklerde (*Epinephelus coioides*) EPA+DHA azalırken, mikrodalgayla ve buğulama ile pişirilen filetolarda bu miktar sabit kalmıştır (Zahra Momenzadeh vd., 2017).

Al-Saghir ve arkadaşları (2004), pişirme yöntemlerinin (tavada yağsız kızartma, zeytinyağı, mısır yağı veya kısmen hidrojenize bitkisel yağ ile) somon (*Salmo salar*) balığı filetolarının yağ asidi içeriği üzerinde çok az etkisi olduğunu söylemiştir.

Bazı araştırmacıların sucul türlerde PUFA'ların; depolama ve pişirme sırasında azalma eğiliminde olduğunu söylemesi, PUFA çalışmasıyla ilgili yapılan araştırmalarda çelişkilere sebep olmuştur (Saldanha ve Bragagnolo, 2008). Benzer şekilde Gladyshev ve arkadaşları, ısıtılmanın EPA, DHA ve EPA + DHA içerikleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını, ancak işlem tipinin özellikle de kızartma ve fırında pişirme işlemlerinin kontrole kıyasla omega-3:omega-6 ilişkisini önemli ölçüde etkilediğini bildirmiştir (Gladyshev vd., 2009). Fakat, sardalya ve uskumru balığıyla yapılan kızartma işleminde EPA ve DHA değerinde üç kat azalma meydana gelirken, somonda aynı kızartma yöntemi altında iki yağ asidinde önemli bir değişiklik meydana gelmemiştir (Candela vd., 1998). Bu nedenle balığın EPA ve DHA'sı farklı pişirme yöntemleriyle değişebilir (Å'gren ve Hänninen, 1993).

Hidrojenize bitkisel yağda kızartılan Gümüş yayın balığının (*Rhamdia quelen*) filetolarındaki DHA ve EPA düzeyleri, kızartmada kullanılan yağların emilimi nedeniyle önemli ölçüde azalmıştır. Kızartma işleminde kullanılan yağlar DHA veya EPA içermezler. Ancak diğer yağ asitleri ile karşılaştırıldığında yağ emilimi bu yağ

asitlerinin içeriğini (EPA ve DHA) azaltacaktır (Weber vd., 2008). Benzer sonuçlar Gall ve arkadaşları (1983) ve Ågren ve Hänninen (1993) tarafından farklı balıkların farklı kızartma yağlarında kızartılması sırasında da gözlemlenmiştir.

Yağ asidi çift bağları oksidasyona daha duyarlı olduğundan, pişirme süreleri ve sıcaklıkları yağ asidi içeriğini etkileyebilecek önemli faktörlerdir (Gladyshev vd., 2009). İnsan sağlığına olan faydaları nedeniyle şu anda en çok ilgi çeken EPA ve DHA, kızartma işleminde kullanılan yüksek sıcaklıkla değiştirilebilir (Burr, 1991). Eikosapentaenoik asit ve DHA gibi yüksek oranda doymamış yağ asitlerinin, linolenik aside kıyasla ortam sıcaklığında bile oksidasyona karşı daha hassas olduğu iyi bilinmektedir (Gladyshev vd., 2014). Birçok çalışma, pişirmenin lipit oksidasyonuna neden olduğunu ve yağ asidi kompozisyonlarını etkilediğini göstermiştir. Ancak besinsel yağlardan oksidasyona en duyarlı olan balık yağlarıdır (Türkkan vd., 2008). Bu modifikasyonların derin yağda kızartmada diğer pişirme yöntemlerine göre daha yüksek olduğu bulunmuştur (Rora vd., 2003).

Pişirme yöntemlerinin balık yağ asidi kompozisyonuna etkisi ile ilgili çalışmalardan elde edilen sonuçların farklı olduğu görülmüştür. Bu durum, hem pişirme yönteminin hem de balık türünün farklı olmasına yorumlanabilir. Çeşitli balık türlerini kapsayan önceki çalışmalar, kızartmadan sonra önemli ölçüde daha düşük EPA ve DHA içeriği bildirmiştir. Balıkların yağ içeriği ve yağ asidi profilleri türe, mevsime ve çevre koşullarına göre değişir (Stephen vd., 2010).

Isıl işlemin farklı balık türlerinin yağ asidi kompozisyonu üzerindeki etkisi, çalışmalar arasında farklılıklar göstermektedir.

Şili uskumrusunda (*Trachurus murphyi*) fırında pişirilen örneklerde 18:2n-6 ve Σ n-6 PUFA artmış n-3/n-6 oranı azalmıştır. Mikrodalga ve buğulamada ortak sonuçlar saptanmıştır. Her iki işlem için kontrole oranla 18:1n-9 ve Σ MUFA da azalma oluşmuştur. Mikrodalga işlemi 22:6n-3, Σ n-3 PUFA ve n-3/n-6 oranında, buğulama işlemi ise EPA, DHA Σ n-3 PUFA ve n-3/n-6 oranında artış sağlamıştır. Sonuç olarak, hem somon balığı hem de Şili uskumru balığının yağ asidi profilinde ciddi bir değişiklik gözlenmemiştir (Bastõas vd., 2017).

Şili uskumrusunda (*T. murphyi*) ısıt işlemler omega-6 PUFA içeriğini etkilemiştir. Çünkü fırında pişirilmiş (%1.95) ve mikrodalga (%1.21) örneklerinde önemli bir

artış kaydedilmiştir; bununla birlikte, buharda pişirilmiş numuneler (%1.01) omega-6 içeriğini kontrole kıyasla önemli ölçüde azaltmıştır. Bu yağ asitlerinin oksidasyona duyarlı olduğu göz önüne alındığında, yüksek pişirme sıcaklıkları ve süreleri oksidasyonu hızlandırır (BastõÂas vd., 2017; Gladyshev vd., 2009).

Bakar ve arkadaşları (2008), mikrodalga fırın, ızgara, buharda pişirme işlemlerinin Hint-Pasifik kral uskumru balıklarının (*Scomberomorous guttatus*) serbest yağ asitleri ve peroksit değerini artırdığını bildirmişlerdir. Tokur; pişirmenin (kızartma, fırında pişirme, mangal yapma, tûtsûleme) gökkuşığı alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*) lipit oksidasyonunu hızlandırdığını bildirmiştir (Tokur, 2007). Weber ve arkadaşları (2008), pişirme işleminin gümüş yayın balığının (*R. quelen*) lipit oksidasyonunu arttırdığını ancak bu artışın insan tüketimi için sınırlayıcı değere ulaşmadığını, oksidatif stabilite ve yağ asidi profili açısından da en uygun yöntemlerin ızgara ile pişirme olduğunu söylemişlerdir.

Siyah baltabaş balığı (*Parastromateus niger*) filetoları fırın, mikrodalga ve kızartma ile pişirilmiş, filetoların yağ içeriğinde ve yağ asidi bileşiminde en az değişikliğin fırında pişirmede olduğu gözlenmiştir (Moradi vd., 2009).

Kuzey Adriyatik Deniz’inde yakalanan balıklarla yapılan fırında pişirmenin yağ asidi profilleri üzerindeki etkisinin, özellikle hamsi (*E. encrasicholus*) ve sardalya (*Sardina pilchardus*) için yakalama mevsimi ile ilişkili olduğu bulunmuştur (Farabegoli vd., 2019).

Fırında pişirme ve ızgara yapma, gümüş yayın (*R. quelen*) balığı filetolarının yağ asidi içeriğini önemli bir şekilde etkilemiştir. Çiğ filetolarda tespit edilemeyen C14:1n-5, C20:0, C22:0 ve C22:1n-9 gibi yağ asitleri; bu ısıtma işlemleri ile düşük düzeyde bulunmuşlardır. Gözlenen minimum değişiklikler, bu işlemler tarafından oluşan su kaybının bir sonucu olmalıdır (Weber vd., 2008).

Türkkan ve arkadaşları (2008), pişirmenin yağ asidi bileşimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu, fırınlama ve mikrodalgada pişirmenin sağlıklı beslenme için en iyi pişirme yöntemleri olduğunu bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada da mikrodalgada pişirme, fırında pişmiş filetolarda gözlemlenenlere benzer değişikliklere neden olmuştur (Weber vd., 2008).

Somon balığı filetolarının ızgarada pişirilmesi sonucu 16:0, 18:0 ve Σ SFA'lar artmıştır. Izgarayla pişirme yöntemi, muhtemelen yıkıcı bir ısıtma işleminden ötürü doymamış yağ asitlerinin kararsızlığını değiştirmiş, çiğ ve mikrodalga yöntemine göre özellikle C16:0 ve C18:0'in somon balığındaki Σ SFA'sında belirgin bir artışa neden olmuştur(Moussa vd., 2014).

Bakar ve arkadaşları (2008) tarafından *S. guttatus* filetolarıyla yapılan ızgarayla pişirme işlemi sırasında toplam yağ içeriğinde önemli bir artış gözlemlenmiştir.

Izgara veya mikrodalga fırın kullanılarak yapılan pişirme işlemleri, tüm balıklarda toplam yağ asidi içeriğinin Σ n-3 PUFA fraksiyonunda bir azalmaya yol açmıştır (Moussa vd., 2014).

Mikrodalga pişirmenin *S. guttatus*'un yağ içeriği ve yağ asidi profili üzerindeki etkileri Bakar vd., (2008) tarafından incelenmiş olup mikrodalgada pişirmenin balık kasındaki toplam yağ içeriğini önemli ölçüde değiştirdiği bildirilmiştir.

Yağsız pişirme metotlarının balıkentinin yağ asidi konsantrasyonları üzerindeki etkileri balık tipine de bağlıdır (Å'gren ve Hänninen, 1993). Mikrodalgada pişirme yönteminde yağsız turna balığındaki bireysel yağ asitleri arasında büyük farklılıklar olmaksızın toplam yağ asidi içeriğinin biraz arttığını bildirmişlerdir. Bununla birlikte, toplam yağ asitleri miktarı fırında pişirilen örneklerde biraz azalmış (%5) ve mikrodalgada pişirilmiş gökkuşağı alabalığı örneklerinde (%32) artmıştır. Mikrodalga fırında daha kısa pişirme süresinin, et dışındaki akışkanlaştırılmış lipid kaybını azaltması mümkündür (Å'gren ve Hänninen, 1993). Bu durum, göl alabalığı için elde edilen sonuçlarla uyumludur (Mey vd., 1975).

Uskumru'da mikrodalga ve ızgara yöntemleri 16:0, 18:0 ve Σ SFA'ları çok daha önemli oranda artırmıştır (Moussa vd., 2014). Mikrodalga işlemi, sardalya ve Tuna balığında 16:0, 18:0 ve toplam SFA'ları çok daha önemli oranda artırmıştır (Moussa vd., 2014). Bu arada, toplam PUFA'lar çiğ sardalya balıklarında %23,7'den mikrodalga işleminde %15,7'ye derin bir düşüş göstermiştir. Ham sardalya da % 23.7 olan toplam PUFA'lar ızgarada % 8.3 e düşmüştür. MUFA lar ise % 26.6 dan (ham) % 43.3 e yükselmiştir. Mikrodalga ve ızgara işlemleri EPA nın, Σ PUFA ve Σ n-3 PUFA'nın azalmasına yol açmıştır (Moussa vd., 2014). Bu durum aynı zamanda (Türkkan vd., 2008) tarafından da kabul edilmektedir.

Fırın, mikrodalgada ve buharda pişirilmiş somon balığı için yağ asidi profiline bakıldığında, azalan sırada ve % yağ olarak ifade edilen yağ asitleri; oleik asit (C18:1 n-9), palmitik asit (C16:0), linoleik asit (C18:2 n-6), DHA (C22: 6 n-3), EPA (C20:5 n-3), palmitoleik asit (C16:1 n-7), stearik asit (C18:0) ve miristik asit (C14:0) olmuştur (BastõÂas vd., 2017).

Somon (*S. salar*) için mikrodalga uygulamasında önemli bir değişiklik olmamıştır. Fırında pişirme işleminde kontrole oranla n-3 yağ asitleri ile Σ n-3 yağ asitlerinde bir miktar artış olmuştur (kontrolde toplam n-3: % 15.9, fırında pişirme % 17.78). Buğulama yönteminde ise kontrole oranla 18:1 ve Σ MUFA da bir miktar azalma olmuştur. Ancak buğulama işlemi EPA, DHA, Σ n-3 PUFA ve n-3/n-6 oranında önemli bir artış sağlamıştır (BastõÂas vd., 2017).

Buğulama, mikrodalgada ve ızgara pişirme yöntemleri ot sazanı filetolarının yağ asidi içeriğini olumsuz olarak etkilemiştir. Buğulama, lipit içeriği ve yağ asitlerinin bileşimi üzerinde en az etkiye sahip olmuştur. Mikrodalgada pişirme ve ızgara, lipit içeriklerini ve SFA'ların ve MUFA'ların yüzdeleri artırmış, ancak PUFA'ların yüzdesini önemli ölçüde azaltırken, n-3/n-6 değeri önemli ölçüde artmıştır. Mikrodalgada ve ızgara edilmiş filetolarda 20:0 ve 18:3n-6 saptanmayıp, 20:5n-3 ve DHA yüzdesi önemli ölçüde azalmıştır (Zhang vd., 2013). Kızarmış sardalyalarda da benzer raporlar kaydedilmiştir (Candela vd., 1998).

Karadeniz tirsi balığının (*A. immaculata*) lipitler, yağ asidi profili, besinsel kalite indeksleri (NQI) ve yağda çözünen vitamin içeriği üzerine pişirmenin (buğulama ve ızgara yapma) etkisi araştırılmıştır. İki pişirme yöntemi de, doymuş yağ asitlerinin (SFA) miktarını arttırırken, ızgara işlemi tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) miktarını azaltmıştır. N-3 PUFA miktarları her iki termal işlemten sonra önemli ölçüde azalmıştır. Buğulama işlemi, omega-6 PUFA'yı etkilemezken, miktarları neredeyse değişmeden kalmıştır. Belirtildiği gibi, MUFA ve PUFA seviyelerindeki maksimum düşüş, daha uzun kalma süresi ile 220°C'lik yüksek pişirme sıcaklığında gözlemlenmiştir. Yağ asitlerinin bu şekilde azalması, incelenen numunelerin genel yağ içeriğindeki azalmadan kaynaklanıyor olabilir. Bu durum, PUFA'nın SFA ve MUFA ile karşılaştırıldığında oksidasyona daha yüksek afinitesi olduğunu göstermiştir. Aynı çalışmada, ızgarada 16:0 ve Σ SFA; buğulamada 18:1 ve toplam MUFA artmıştır. DHA, Σ n-3, Σ PUFA, PUFA/SFA oranı hem buğulama hem de

ızgara işleminde azalmıştır. N-3/n-6 oranı buğulamada azalmıştır. Bu çalışmanın ham örneklerinde en bol bulunan yağ asidi grubunun (%35.70) SFA, bunu MUFA (%32.22) ve PUFA'nın (%32.08) izlediğini bildirmiştir. Benzer örnekler, işlenmiş balık filetolarında da (SFA>MUFA>PUFA) gözlenmiştir (Merdzhanova vd., 2016).

Buğulanmış gökkuşağı alabalığında MUFA ve PUFA konsantrasyonlarında artış tespit edilmiş olup buğulanmış numunelerin etindeki daha düşük yağ asidi içeriğinden kaynaklanıyor olabilir, bu da akışkanlaştırılmış depo lipidlerinin emilimini kolaylaştırıyor gibi görünmektedir (Å'gren ve Hänninen, 1993).

Rapor edilen sonuçlar arasında tutarsızlık ve farklılıkların birkaç olası nedeni vardır, ancak en önemlilerinden biri, herhangi bir pişirme yöntemi için standartlaştırılmış süre ve sıcaklıkların olmamasıdır. Ayrıca, C18:1 n-9 seviyelerinde gözlenen değişiklikler, lipid ekstrakte edilebilirlikteki değişikliklerden kaynaklanabilir (Merdzhanova vd., 2016).

Önceki çalışmalar; pişmiş balıkların, pişirme yöntemine ve balık türlerine bağlı olarak, çiğ filetolardan farklı yağ asidi profillerine sahip olabileceğini göstermiştir.

2.4 Balıkların Fosfolipit ve Triasilgliserol Fraksiyonlarındaki Yağ Asidi Kompozisyonuna Değişik Pişirme Metotlarının Etkisi

Polar lipidler, potansiyel besin değerleri ve benzersiz biyofiziksel özellikleri nedeniyle birçok hastalığının önlenmesi ve tedavisinde umut vaat eden yeni bir diyet yaklaşımını sunmaktadır (Farabegoli vd., 2019).

Yüksek fosfolipit içeriğine sahip balık türleri, yüksek PUFA seviyeleri nedeniyle değerli gıda ürünleri olarak kabul edilir. Önceki çalışmalar, PL bakımından zengin balık unlarının, gıda veya nutrasötiklerin değerli bir fonksiyonel bileşeni olarak kullanılabileceğini öne sürmüştür (Henna Lu vd., 2011).

Polar lipidlerin fırında pişirmede yağ asidi profilleri üzerindeki etkisi türe özgü olup Σ n-3 PUFA'lar arasında DHA, en yüksek ısı direncini sergilemiştir. Fırında pişirmenin yağ asidi profilleri üzerindeki etkisinin, özellikle hamsi ve sardalya için yakalama mevsimi ile ilişkili olduğu, çaça (*Sprattus sprattus*) balığının polar lipidlerinin ise pişirme işlemlerinden etkilenmediği bulunmuştur (Farabegoli vd., 2019).

Pişirmenin, yağ asitlerinin yüzdelerinde mevsime ve türe bağı olarak önemli değişiklikler gösterdiği sıklıkla gözlenmiştir. Hamsi balığında, sonbaharda yakalanan balıkların fırında pişirilmesi ile fosfolipitlerde 16:0 ve Σ SFA artarken, EPA, DHA ve Σ n-3 PUFA azalma göstermiştir. Sardalya balığında, ilkbahar ve sonbaharda yakalananlarda fosfolipit fraksiyonunda fırında pişirme ile 16:0 ve Σ SFA arttı. Σ MUFA, sonbaharda yakalananlarda PL fraksiyonunda fırında pişirme ile önemli oranda azalırken, hem ilkbahar hem de sonbahar mevsiminde yakalanan sardalya filetolarında EPA, DHA, Σ n-3 PUFA ve Σ PUFA azaldı. Çaç balığının PL fraksiyonunda fırında pişirme işlemi ile kış ve ilkbaharda yakalanan balıklarda majör ve diğer bileşenlerinde önemli bir farklılık oluşturmamıştır. İstavrit (sarıkanat) balığının PL fraksiyonunda fırında pişirme işlemi sonbaharda yakalanan balıklarda 16:0 ve Σ SFA, EPA, DHA Σ PUFA ve Σ n-3 PUFA biraz azalmış, 18:1n-9 ve Σ MUFA biraz artmıştır (Farabegoli vd., 2019).

Diğer araştırmacılar tarafından da bildirildiği gibi, fırınlamaya verilen yanıt türe özgüdür (García-Arias vd., 2003; Schneedorferová vd., 2015); örneğin, hamsi ve sardalyada av mevsimi ile ilişkili gibi görünmektedir: sonbaharda yakalanan pişmiş hamside, SFA, MUFA ve n-6 PUFA yüzdelerinde önemli artışlar tespit edilirken, n-3 PUFA'daki önemli azalmalar nedeniyle toplam PUFA yüzdesinde bir azalma olmuş ve dolayısıyla n-6/n-3 oranında bir artış tespit edilmiştir. Fırınlanmış sardalyada, sonbaharda yakalanan deneklerin MUFA ve Σ n-6 PUFA yüzdelerinde önemli artışlar olmuştur (Farabegoli vd., 2019). Bu bulgular, Martelli vd., (2013) yağ asidi profilinin hem av mevsimi hem de pişirme işlemlerinden etkilendiği çalışmasında bildirilenlerle uyumludur.

Ot sazanında (*C. idellus*) mikrodalga ve ızgarada pişirme yöntemleri balığın nötral lipit miktarını azaltmış PL fraksiyonunda da artış sağlamıştır. Bu artış kontrol grubunun neredeyse iki katı kadardı. Ancak, buğulama ile pişirme yöntemi, ot sazanında nötral ve polar lipit arasındaki oran üzerinde bariz bir etkisi yoktur (Zhang vd., 2013). Bakar ve arkadaşları (2008), benzer bir sonucu mikrodalgada pişirme, fırınlama, buharda pişirme ve kızartma yöntemlerinin uskumru balığı etindeki polar yağ asitleri oranını arttırdığı Hint-Pasifik kral uskumru filetolarında bildirmiştir.

Nötral lipitler; esas olarak üreme mevsimi boyunca gametlerin olgunlaşması için enerji amacıyla ve yapısal lipitlere iletilebilen veya belirli metabolik yollara

yönlendirilebilen geçici bir çoklu doymamış yağ asidi deposu olarak kullanılan, triaçilgliserol depolama lipidlerinden oluşur (Varljen vd., 2004).

Nötral lipidlerin yağ asidi profili, esas olarak diyet alımının kalitesine, içeriğine ve deneğin üreme durumuna bağlıyken, polar lipidler için diyet kompozisyonu daha az önem arz eder ancak sıcaklık ve tuzluluk gibi çevresel koşullar polar lipid fraksiyonunu değiştirebilir (Cordier vd., 2002).

Nötral lipidler, analiz edilen her türde Polar lipidlere kıyasla pişirme süreçlerine karşı farklı bir davranış göstermiştir, Nötral lipidlerin; SFA, MUFA ve $\Sigma n-6$ PUFA içerikleri oldukça kararlıdır veya su kaybından dolayı pişmiş fileto da konsantre olarak bile bulunabilirler. Ancak, $\Sigma n-3$ PUFA'nın eğilimi polar lipidlere benzerdir (Farabegoli vd., 2019).

Yağsız balık, yağlı balıklara kıyasla triaçilgliserolden daha yüksek oranda fosfolipit içerir (Moradi vd., 2011).

Yağda kızartma işlemi normal olarak balığın toplam lipid miktarını arttırmaktadır. Ancak bu çalışmalarda yağda kızartma işlemi nötral lipidlerde azalmaya fosfolipit fraksiyonunda ise artışa neden olmuştur. Yani; kızartma ile alınan yağlar nötral lipid fraksiyonunda değil de fosfolipit fraksiyonunda birikmiştir. Yağsız balıklarda fosfolipit, yağlı balıklarda ise triaçilgliserol fazladır.

2.5 N-3/N-6, PUFA/SFA, AI ve TI Düzeyleri Üzerine Değişik Pişirme Metotlarının Etkisi

Balık yağlarının nispi besin değerini karşılaştırmak için n-3/n-6 oranının en iyi indeks olduğu öne sürülmüştür (Simopoulos, 1991). Sağlıklı beslenme için bu indeksin 1:1 veya 1:1.5 olması gerekir (Simopoulos, 2002). Farklı balık türlerinde ise bu oran 0.24- 4.1 arasında tespit edilmiştir (Hosseini vd., 2014).

Budowski ve Crawford (1985), diyetteki n-6/n-3 yağ asidinin arzu edilen oranının yaklaşık 5.0 olduğunu öne sürmüşlerdir. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), toplam insan diyetindeki n-6/n-3'ün günlük oranının 5.0'dan yüksek olmamasını tavsiye etmiştir (Vujkovic vd., 1999).

Deniz balıklarının dokularında ortalama oran, 5 ila 10 arasında ve tatlı su balıklarında 1 ila 4 arasında değişmektedir (Ahlgren vd., 1994; Steffens, 1997).

Türkiye’de; 4 tatlısu ve 11 deniz balığının incelendiği çalışmada, n-3/n-6 oranı tatlısu balıklarında 1.29-2.22; deniz balıklarında ise 0.73-9.78 arasında değişmiştir. Ancak bu oran deniz balıklarında daha fazladır (Diraman ve Dibeklioglu, 2009).

Dengesiz bir diyetin düzeltilmesi için n-3’ün daha yüksek alımı önerilirken n-6 tüketiminin azaltılması şiddetle tavsiye edilir (Fernandes vd., 2014).

Taylor ve arkadaşları (1979), bu yüzyılın başlarında başlayan koroner kalp hastalığındaki artışın ana nedeninin aterosklerozdan ziyade trombojenez olduğunu ve yüksek linoleik asit içeren bitkisel yağların artan tüketimi yoluyla n-6/n-3 oranında 6.0’dan 10’a bir artışla ilişkili olduğunu öne sürmüşlerdir.

Pembe som balığı (*O. gorbusha*) ayçiçek yağında kızartılmış, n-3/n-6 oranı 7 kat azalmıştır. Bu oran çiğ örneklerde 16.2 iken ayçiçek yağında kızartılan balıklarda 2.2 olarak bulunmuştur (Gladyshev vd., 2006).

Ot sazanı filetosunun (*C. idellus*) tavada ve derin yağda kızartılması çoklu doymamış yağ asidi içeriğini artırmış ve özellikle derin yağda kızartma işlemi n-3/n-6 oranını düşürmüştür (Zhang vd., 2013). Bol yağda kızartılan filetolarda; 18:2n-6 ve diğer n-6 yağ asitlerinin emiliminden ötürü n-3/n-6 oranı en az değerde bulunmuştur (Neff vd., 2014). Diğer araştırmacılar ayrıca kızartılmış Hint-Pasifik kral uskumru (*S. guttatus*) (Bakar vd., 2008) ve somon balığında (*O. gorbusha*) (Gladyshev vd., 2006) n-3/n-6 oranında azalma olduğunu bildirmiştir.

Balıkların derin yağda kızartılmasının sadece toplam yağ miktarında bir artışa yol açmayacağı, aynı zamanda çiğ balığın yüksek Σ n-3 PUFA seviyesinin olumlu etkilerini sınırlayan n-6/n-3 oranında bir artışa yol açacağı da bildirilmiştir (Candela vd., 1998).

Kızartılmış filetolardaki n-6/n-3 miktarı, kızartma yağlarındaki C18:2n-6 miktarı ile ilgilidir. Candela ve arkadaşları (1998), balıkların derin yağda kızartılmasının sadece toplam yağ miktarında bir artışa yol açmadığını, aynı zamanda çiğ balığın yüksek n-3 PUFA seviyesinin olumlu etkilerini sınırlayan n-6/n-3 PUFA oranında bir artışa yol açtığını belirtmişlerdir.

Çiğ balıkların polar lipit fraksiyonunda n-6/n-3 oranları hamsi ve sardalyada 0.12, çaça balığında 0.05, istavritte (sarı kanat) 0.17; ham (çiğ) balıkların nötral

fraksiyonunda ise n-6/n-3 oranları hamside 0.15, sardalyada 0.16, çaça balığında 0.13 ve istavritte (sarı kanat) 0.22 olarak bulunmuştur (Farabegoli vd., 2019).

Å' gren ve Hänninen (1993), n-6 PUFA pahasına n-3 PUFA alımında bir artış isteniyorsa, tavada ve derin yağda kızartmada Σ n-6 PUFA açısından zengin bitkisel yağlardan kaçınılması gerektiğini belirtmişlerdir.

Yüksek sıcaklık, lipolitik enzimler vasıtasıyla uzun zincirli yağ asitlerini parçalar. Dolayısıyla, pişirme sıcaklığının ve süresinin artması Σ n-6 PUFA ve Σ n-3 PUFA içeriğinin azalmasına yol açar (Merdzhanova vd., 2016). Benzer şekilde Gladyshev ve arkadaşları, pişirme işleminin EPA, DHA ve EPA + DHA içerikleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını, ancak işlem tipinin özellikle de kızartma ve fırında pişirme işlemlerinin kontrole oranla n-3/n-6 oranını önemli ölçüde etkilediğini bildirmiştir (Gladyshev vd., 2009).

Karadeniz tirsi balığının (*A. immaculata*), buharda ve ızgara ile pişirme, Σ n-3 PUFA düzeylerini her iki termal işlemten sonra önemli ölçüde azalmıştır. Buharda pişirme işlemi, omega-6 PUFA'yı etkilemezken, miktarları neredeyse değişmeden kalmıştır. Yağ asitlerinin bu şekilde azalması, incelenen numunelerin genel yağ içeriğindeki azalmasından kaynaklanıyor olabilir (Merdzhanova vd., 2016).

Mikroalg ve ızgara yöntemiyle pişirilen sardalya ve uskumruda n-3/n-6 oranı azalmış ancak ton balığı ve somon balığında bu oran artmıştır. Izgara ve mikroalg fırın kullanılarak yapılan pişirme işlemleri, tüm balıklarda toplam yağ asidi içeriğinin Σ n-3 PUFA fraksiyonunda azalmasına yol açmıştır (Moussa vd., 2014).

Fırınlama, birçok araştırmacı tarafından PUFA içeriği ve n-3/n-6 oranı dahil olmak üzere balık etinin tüm lipit özelliklerinin korunması açısından en iyi ısı işlemi olarak kabul edilmiştir (García-Arias vd., 2003).

Ot sazani filetolarında (*C. idellus*) buharda, mikrodalgada ve ızgarada pişirme işlemleri çiğ filetolarla karşılaştırıldığında n-3/n-6 oranını değiştirmemiştir (Zhang vd., 2013).

Polar ve nötral lipit fraksiyonunda fırında pişirme işlemi bu oranları çok önemli derecede değiştirmemiştir (Farabegoli vd., 2019).

PUFA/SFA oranı deniz ürünlerinin besinsel kalitesini belirlemede kullanılan bir parametredir (Larsen vd., 2011). İnsan diyetlerindeki PUFA/SFA oranı 0.45'in üzerinde olmalıdır (UK: HMSO, 1994).

Diyetisyenler, ideal diyetin $\frac{1}{3}$ SFA, $\frac{1}{3}$ MUFA ve $\frac{1}{3}$ PUFA'dan oluşmasını söylemişlerdir. Bu hedefe ulaşılmışsa, diyet lipidindeki PUFA/SFA oranı 1 ve PUFA içeriği de enerji alımının %10'u olmalıdır (Zdzislaw vd., 2003).

Ayrıca, bazı araştırmalar, pişirme sonrasında PUFA:SFA oranlarında değişiklikler olduğunu bildirmiştir (Candela vd., 1997, 1998). Buna karşılık, bir dizi çalışma, çeşitli pişirme yöntemlerinin balık yağ asidi bileşimi üzerinde hiçbir etkisi olmadığını (De Castro vd., 2007) veya gözlenen işlemlerin etkilerini, yemeklik yağın katılmasına bağladığını bildirmiştir (Larsen vd., 2010).

Sánchez-Muniz vd., (1992), ham sardalyadaki PUFA/SFA oranının ayçiçek yağı ile kızartıldığında 3.0 kattan fazla arttığını ve domuz yağı ile kızartıldığında % 47 oranında azaldığını belirtmişlerdir. Balıkların farklı yağlarda kızartılmasıyla ilgili diğer araştırmacılar tarafından da benzer sonuçlar bildirilmiştir (Gall vd., 1983).

Candela vd., (1998), kızartma için ayçiçek yağı kullanıldığında PUFA/SFA oranının dilbalığında (*Solea solea*) 1.8 kat, berlam balığında (*Gadus morhua*) 2.6 kat ve morinada (*Merluccius merluccius*) 3.0 kat arttığını belirtmişlerdir.

Diğer bir bulgu ise tavada ve soya yağında kızartılmış ot sazani filetolarının (*C. idellus*) diğer örneklerle göre kıyasla PUFA/SFA oranında artışa sahip olması, kızartma yağındaki yüksek MUFA ve PUFA içeriğine bağlanmaktadır (Zhang vd., 2013).

Besinsel kaliteyi belirleyen bir diğer parametre de, aterojenik ve trombojenik indeks değerleridir. Besinlerde AI değerinin 1.0'den TI değerinin ise 0.5'ten az olması önerilmektedir. (Woloszyn vd., 2020).

Ulbricht ve Southgate (1991), çeşitli yağ asitlerinin düşük ve yüksek yoğunluklu lipoprotein konsantrasyonları olan serum kolesterolü üzerindeki etkisi hakkındaki güncel bilgilere dayanarak bir yağın bileşimi için bir aterojenite indeksi (AI) önerdi. Bu denkleme göre sadece zincir uzunlukları 12-16 olan doymuş yağ asitleri aterojeniktir ve miristik asidin diğer ikisinden dört kat daha fazla aterojenik olarak

kabul edilir. Çift bağ sayıları, konumları veya konfigürasyonları ne olursa olsun tüm doymamış yağ asitlerinin aterositeniteyi azaltmada eşit derecede etkili olduğu kabul edilir.

Sonbahar-kış döneminde yakalanan çiğ hamside AI 0.38, sardalyada 0.47, çaça balığında 0.31 İstavrit (sarıkanat) 0.22 bulunmuştur. TI indeksi çiğ hamside 0.14, sardalyada 0.17, çaça balığında 0.11 İstavrit (sarıkanat) 0.13 bulunmuştur. Bu çalışmanın bulgularına göre, en yüksek indeks değerlerine sahip tür sardalya olmuştur. İlkbaharda ham duruma kıyasla hem AI hem de TI endekslerinde düşüş gösteren fırında pişmiş sardalya ve hamsi hariç, AI ve TI endeksleri mevsimsellikten veya pişirmeden etkilenmemiştir (Farabegoli vd., 2019).

Ocak ayında toplanan hamsi balığında AI 1.52, TI ise 0.36 olarak bulunmuştur (Kaya ve Turan 2008). Doğal gökkuşağı alabalığında AI 0.45, TI ise 0.33 olarak tespit edilmiştir (Fallah vd., 2011).

Somon, Uskumru ve Sardalya balıklarının ızgara ve mikrodalgada pişirme işlemleriyle pişirildiği bir çalışmada, ızgara ile pişirme yöntemi somon balığında; ızgara ve mikrodalgada pişirme teknikleriyle pişirilen uskumru ve sardalya balıklarında AI ve TI düzeylerini arttırmıştır (Moussa vd., 2014).

Atatürk Baraj Gölü'nden toplanan 10 tatlısu balığında AI düzeyleri 0.49 (*Alburnus sellal*) – 0.85 (*C. carpio*); TI değerleri ise 0.332 (*A. sellal*) -0.92 (*C. carpio*) arasında saptanmıştır (Yakar vd., 2023).

3. MATERİYAL VE METOT

3.1 Balıkların Sağlanması ve Farklı Pişirme Yöntemlerinin Uygulanması

Çalışmada, Mersin ili Aydınçık ilçesi Karatepe Koy’unda 2021 yılı Eylül ayında olta ile yakalanan 300-400 gramlık akya (*L. amia*) ve lambuka (*C. hippurus*) deniz balıkları kullanılmıştır. Balıklar soğuk zincirde laboratuvara getirilmiş ve her bir balık dört fileto parçasına ayrılmıştır. Filetolar analiz edilinceye kadar laboratuvarında -25°C’de bekletilmiştir. Pişirilecek filetolar deep-freezden çıkarılıp oda sıcaklığına getirildikten sonra sekiz farklı pişirme tekniği ile pişirilmiş, pişirilmeyen (ham, çiğ) filetolar kontrol grubu olarak kullanılmıştır. Balıkların toplam lipit, toplam nem ve yağ asidi içeriklerinin belirlenmesi ile ilgili analizler üçer kez tekrar edilmiş olup her satırda aynı harflerle belirtilen veriler $p>0.05$ olasılık düzeyinde birbirinden farklı değildir.

Kızartma işlemi için; ayçiçek yağı, zeytinyağı, mısır özü ve fındık yağı gibi bitkisel yağlar kullanılmıştır. Filetolar, kızgın yağda üç dakika kızartılarak pişirilmiştir.

Fırında pişirme metodu için, fileto, 180°C’ye ayarlı mutfak fırınında yarım saat, mikrodalgada, 2450 MHz 500 W’de 6 dakika, ızgara yönteminde filetonun her bir yüzü kömür ateşinde 8 dakika, buğulama tenceresinin kullanıldığı buğulama işleminde, filetolar 45 dakika buğulama suyunda pişirilmiştir. Pişirme tekniklerinin tümünde balık filetosunun iç kısım sıcaklığı 70 – 75°C oluncaya kadar pişirilmiştir.

3.2 Nem (su) İçeriğinin Belirlenmesi

Balıkların nem (su) içeriğinin tespiti için; termogravimetrik yöntem kullanılmış olup yaklaşık 3 g balıketi 105°C’lik bir etüvde 72 saat süre ile sabit ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiştir (AOAC, 2002).

3.3 Lipit Ekstraksiyonu ve Yağ Asidi Metil Esterlerinin Hazırlanması

Kloroform 2, metanol 1 şeklinde homojenize olan karışımda 3 g balık filetosu homojenizasyona tabi tutulmuştur (Folch vd., 1957). Ayırma hunisi eklenen homojenata hacminin ¼ ü kadar % 0.88 KCl ilave edilmiştir. Lipit kısmı alınarak, çözücü evaporatörde buharlaştırılmıştır. Kalan lipit, daha sonra tartılarak toplam lipit belirlenmiştir. Kaptaki bulunan lipide bir miktar kloroform ile 4 ml metanol ve 4-5 damla sülfürik asit eklenerek 2 saat süreyle reflux sisteminde, 85°C’de ısıtılmış ve

böylece yağ asitlerinin metil esterlerine dönüşümü sağlanmıştır. Kaptaki metil esterlerinin alınması için hekzan kullanılmıştır.

3.4 Gaz Kromatografi Koşulları

SHIMADZU GC 2010 PLUS model Gaz Kromatografi cihazında, alev iyonizasyon dedektörü (FID) ve Rtx-2330 (Bonded 90 % bicyanopropyl/ 10% phenylcyanopropyl polysioxane) kapiller kolon (30m x 0.25mm iç çapı x 0.20µm film kalınlığı) kullanılarak, yağ asidi metil esterlerinin analizi yapılmıştır. Dedektör sıcaklığı: 250°C; enjektör sıcaklığı: 250°C; enjeksiyon: Split-model 1/20. Gaz akış hızları: Taşıyıcı gaz: 30 m’lik kolon için helyum 0.5 ml/dk; hidrojen: 30 ml / dk; kuru hava: 400 ml/dk. Kolon (fırın) sıcaklığı: 170 °C da, bekleme süresi, 2 dakika; 210 °C’ye 2 °C/dakika, bekleme süresi 20 dakika; toplam analiz süresi: 42 dakika. Örnek, alete 1 mikrolitre enjekte edilmiştir. Yağ asitlerinin teşhisinde, standart olarak yağ asitlerinin metil esterleri karışımı (Sigma-Aldrich Chemicals) kullanılmıştır. Yağ asitleri metil esterlerinin kromatogramları ve toplam yağ asitleri miktarları bilgisayarda GC Solution (Versiyon 2.4) bilgisayar programı ile elde edilmiştir. Analiz edilen örneklerin kromatogramındaki pikler, standarttaki bütün yağ asitlerinin metil esterlerinin alıkonma zamanları ile karşılaştırılarak teşhis edilmiştir. Sonuçlar kalitatif değer olarak % yağ asidi üzerinden verilmiştir.

3.5 Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi

Elde edilen verilerin istatistiksel analizleri SPSS (22.0) bilgisayar programı ile yapılmış olup tüm numuneler için, analiz üç tekrarlı olarak yapılmıştır. Sonuçlar, ortalama değer ve standart sapma (ortalama±SS) olarak verilmiştir. Yağ asitleri, varyans analizi (ANOVA) ile analiz edilmiş olup ortalamalar arasındaki karşılaştırmalar Tukey testi ile yapılmıştır. Farklı pişirme metotları ile pişirilen filetolar ile ham filetolarının yağ asidi yüzdeleri ile nem ve toplam lipidlerin karşılaştırılmasında, ‘t’ testi, ortalamalar arası farkı saptamak için de Duncan’ın (1955) “Multiple Range” testi kullanılmıştır. Ortalamalar arasındaki farklar, $p < 0.05$ düzeyinde olduğunda anlamlı kabul edilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Değişik Pişirme Yöntemlerinin Akya ve Lambuka Balıklarının Toplam Nem İçeriğine Etkisi

Değişik pişirme yöntemlerinin akya balığının toplam nem ve lipit içeriğine etkisi Tablo 1’de verilmiştir. Ham (çiğ) akyanın nem içeriği % 73.76 olarak belirlenmiştir. Balığa ait değişik besinsel yağlarda kızartılan filetolarda nem içeriği ham filetolara oranla düşmüş ve % 60.69 (findık yağında kızartılan) - % 66.06 (zeytinyağında kızartılan) aralığında belirlenmiştir.

Kızartma dışında pişirilen akya filetolarının nem içeriği % 43.12 (mikrodalgada pişirilen) - % 69.95 (buğulama yöntemi ile pişirilen) arasında tespit edilmiştir. Besinsel yağlarda pişirilen filetolarda olduğu gibi diğer pişirme yöntemleri de, kontrole göre filetoların nem içeriğinin düşmesine neden olmuştur. En çok nem içeriğinde azalma % 43.12 ile mikrodalga ve % 48.26 ile ızgarada pişirilen örneklerde görülmüştür (Tablo 1).

Ham (çiğ) lambuka filetolarında nem içeriği % 74.95 olarak saptanmıştır. Besinsel yağlarda kızartılan örneklerde nem içeriği % 63.86 (ayçiçek yağında kızartılan) - % 67.04 (mısır yağında kızartılan) arasında bulunmuştur (Tablo 2). Görüldüğü gibi besinsel yağlarda pişirme tekniği çiğ filetolara oranla nem içeriğinde azalmaya neden olmuştur.

Kızartma dışında pişirilen lambuka filetolarının nem içeriği % 52.53 (fırında pişirilen) - % 67.79 (buğulama tekniği ile pişirilen) arasında saptanmıştır. Besinsel yağlar dışındaki tekniklerle pişirilen filetolarda da nem içeriğinin azaldığı görülmüştür (Tablo 2).

Akya balığında yağda pişirme yönteminde en çok nem kaybı % 60.69 ile findık yağında kızartılan örneklerde en az % 66.06 ile zeytinyağında kızartılanlar arasında; lambuka balığında besinsel yağlarda kızartılan örneklerde nem içeriği en çok % 63.86 ile ayçiçek yağında kızartılan en az nem kaybı da % 67.04 ile mısır yağında kızartılan numuneler arasında bulunmuştur (Tablo 1 ve 2).

Kızartma dışında pişirilen akya filetolarının nem içeriği en çok % 43.12 mikrodalgada pişirilen yöntemde en az ise % 69.95 buğulama yöntemi ile pişirilen örneklerde; lambuka balığı filetolarında kızartma dışında pişirilen filetoların nem

içeriği en fazla % 52.53 fırında pişirilenlerde en az % 67.79 ile buğulama yöntemiyle pişirilen örnekler arasında bulunmuştur (Tablo 1 ve 2).

Sonuç olarak her iki balık türünde de değişik pişirme yöntemleri; ham filetolara oranla nem içeriğinin azalmasına neden olmuştur.

Balıklardaki nem miktarı türe, cinsiyete ve yaşa göre önemli farklar göstermekte olup bu oranın % 30- % 90 arasında olduğu bildirilmiştir (Rueda vd., 1997). Çalışmamızda ham (çiğ) akyada nem içeriği % 73.76, lambukada % 74.95 olarak saptanmıştır. Daha önce yapılan çalışmalarda nem içeriği ham somonda % 68.05, Şili uskumrularında %75.37 (BastõÂas vd., 2017), gökkuşığı alabalığında % 73.88 (Gokoğlu vd., 2004) olarak bulunmuştur. Balıklardaki nem miktarı türden türe farklılık göstermektedir. Araştırmacılar; su oranı ile yağ oranının ters orantılı olduğunu bildirmişlerdir (Hosseini vd., 2014). Bizim de yaptığımız çalışmanın sonuçları bu bulguyu doğrulamaktadır. Araştırmada kullandığımız balıkların nem içerikleri daha önce yapılan çalışmalarda kullanılan balıkların nem içerikleriyle benzer bulunmuştur.

Çalışmamızdaki tüm pişirme yöntemleri, balık dokularında nem kaybı oluşturmuştur (Tablo 1 ve 2). Akya ve Lambuka balıklarına ait değişik besinsel yağlarda kızartılan filetolarda; akyanın nem içeriği ham filetolara oranla düşmüş ve % 60.69 (fındık yağında kızartılan) - % 66.06 (zeytinyağında kızartılan), lambukanın nem içeriği ise % 63.86 (ayçiçek yağında kızartılan) - % 67.04 (mısır yağında kızartılan) arasında bulunmuştur (Tablo 2). Görüldüğü gibi besinsel yağlarda pişirme tekniği çiğ filetolara oranla nem içeriğinde azalmaya neden olmuştur.

Değişik besinsel yağlarda kızartma işlemi akya ve lambuka balıklarının total nem içeriğinde azalmaya neden olmuştur. Akya balığında azalma derecesi % 10.43 (zeytinyağı) - % 18.53 (fındık yağı); lambukada ise % 10.55 (mısır özü yağı) - % 14.79 (ayçiçek yağı) olarak saptanmıştır. (Tablo 1 ve 2). Görüldüğü gibi en az ve en fazla nem kaybının olduğu besinsel yağlar, akya ve lambuka balıklarında farklı olmuştur. Örneğin, akyada en az nem kaybı zeytinyağında kızartılan filetolarda, lambukada ise mısırözü yağında kızartılan örneklerde görülmüştür. Daha önce yapılan çalışmalarda uskumru balığında (*S. scombrus*) ayçiçek yağında kızartılan filetolarda nem içeriği kontrole kıyasla % 63, zeytinyağında % 37, mısırözü yağında % 55.46 azalma göstermiştir (Başhan, 2019). Ayçiçek yağında kızartılan somonlarda nem içeriği kontrole oranla % 18.75, sardalyada ise % 23.37 olarak azalmıştır

(Candela vd., 1998). Görüldüğü gibi, aynı yağda kızartılan farklı balık türlerinde nem miktarındaki azalma derecesi de farklı olmaktadır. Çalışmamızda incelediğimiz balıklardan akya ile uskumru balığında ortak olarak zeytinyağında kızartılan örneklerde en az yüzde de, lambuka balığı ile uskumruda aynı şekilde ayçiçek yağında kızartılan filetolarda en fazla yüzde de nem kaybı olmuştur. Balık gibi yüksek proteinli gıdalar ısıya karşı hassas olduğundan yağın emilmesi, balıktaki yağ asitlerine katkıda bulunabilir ve suyun balıktan dışarı çıkmasına neden olan hidrofobik etkileşimi artırabilir (NurSyahirah vd., 2022).

Kızartma dışında pişirilen akya filetolarının nem içeriği en çok mikrodalgada (% 43.12) en az buğulamada (% 69.95); lambuka balığı filetolarında ise nem içeriği en çok fırında (% 52.53) en az buğulama (% 67.79) yöntemiyle pişirilenlerde bulunmuştur (Tablo 1 ve 2). Her iki balık türünde de buğulama yönteminde en az nem kaybı olmuştur. Bu yöntemle pişirilen akya balığında nem kaybı % 5.16, lambukada ise % 9.55 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak her iki balık türünde de değişik pişirme yöntemleri; ham filetolara oranla nem içeriğinin azalmasına neden olmuş ancak en az nem kaybı hem akya hem de lambukada buğulama yöntemiyle pişirilen filetolarda olmuştur. Isıl işlemlerden sonra nem içeriğindeki azalma, buharlaşma yoluyla kısmi su kaybından kaynaklanmaktadır (Weber vd., 2008).

Değişik pişirme metotlarının uygulandığı önceki çalışmalarda, somon balığı ve Şili uskumrusunda en az nem kaybı, çalışmamızda da belirlendiği gibi buğulama işleminde saptanmıştır. Örneğin somon balığında bu azalma % 4.57 olarak bildirilmiştir (BastõÂas vd., 2017). Mikrodalga yöntemi ile pişirilen Ot sazanı (*C. idellus*) filetolarında kontrole nazaran nem miktarı azalmıştır. Ancak buğulama yöntemi filetoların nem içeriğinde az da olsa artış oluşturmıştır (Zhang vd., 2013). Fırında pişirilen uskumruda (*S. scombrus*) nem içeriği kontrole kıyasla % 50.59, mikrodalgada % 27.85, ızgarada % 60.40, buğulamada % 22.85 azalmıştır (Başhan, 2019). Görüldüğü gibi hem bizim çalışmada hem de yapılan diğer çalışmalarda, kızartma dışında pişirilen yöntemler arasında en az nem kaybına neden olan yöntemin buğulama ile pişirilen filetolarda olduğu belirlenmiştir. Bunun nedeni buğulama işleminin “ıslak işleme yöntemleri” olmasından kaynaklanmaktadır (Zhang vd., 2013).

4.2 Değişik Pişirme Yöntemlerinin Akya ve Lambuka Balıklarının Toplam Lipit Miktarına Etkisi

Ham (çiğ) akya filetolarında toplam lipit miktarı % 1.89 olarak bulunmuştur. Değişik besinsel yağlarda kızartılan akya filetolarında ise % 4.11 (zeytinyağında kızartılan) - % 8.14 (ayçiçek yağında kızartılan) aralığında saptanmıştır (Tablo 1). Görüldüğü gibi denenen tüm değişik besinsel yağlarda kızartma işlemi çiğ filetolara oranla balıkların toplam lipit miktarının artmasına neden olmuştur. Toplam lipit miktarını en çok arttıran % 330.68 ile ayçiçek yağı en az ise % 117.46 ile zeytinyağı olmuştur. Besinsel yağlarda kızartma dışındaki diğer pişirme yöntemlerinde toplam lipit miktarı % 1.09 (buğulama yöntemi) - % 1.96 (fırında pişirme) arasında tespit edilmiştir. Yağda kızartma dışındaki pişirme yöntemlerinden fırında pişirme kontrole oranla toplam lipit miktarını çok az düzeyde (% 3.7) arttırmış, buğulama yöntemi ise % 42.32 oranında azaltmıştır (Tablo 1).

Ham (çiğ) lambuka örneklerinde toplam lipit miktarı % 1.58 olarak saptanmıştır. Değişik besinsel yağlarda kızartılan lambuka filetolarında ise % 4.48 (zeytinyağında kızartılan) - % 6.39 (findık yağında kızartılan) aralığında saptanmıştır (Tablo 2).

Toplam lipit miktarını akya filetolarında en çok arttıran % 330.68 ile ayçiçek yağı en az ise % 117.46 ile zeytinyağı olmuştur (Tablo 1).

Görüldüğü gibi tüm besinsel yağlarda kızartma işlemi her iki balıkta da önemli derecede toplam lipit miktarının artmasını sağlamıştır. Her iki balık türünde de en az artış zeytinyağında kızartılan örneklerde belirlenmiştir.

Lambuka balığında besinsel yağlarda kızartma dışındaki diğer pişirme yöntemlerinde toplam lipit miktarı % 1.03 (ızgara yöntemi) - % 1.92 (mikroalgada pişirme) arasında tespit edilmiştir. Bu verilerden mikroalgada pişirme yönteminin lambukada toplam lipit miktarını % 21.5 arttırdığını, ızgara yönteminin ise % 34.8 azalttığını söyleyebiliriz (Tablo 2).

Lambuka filetolarında toplam lipit miktarını en az arttıran % 183.54 zeytinyağında en fazla arttıran ise % 304.43 findık yağında olmuştur (Tablo 2).

Sonuçlardan, her iki balık türünde toplam lipit miktarını arttıran ve azaltan teknikler farklı bulunmuştur. Buğulama yöntemi akya balığında, ızgara ise lambuka balığında toplam lipit miktarında azalmaya; fırında pişirme akya, mikroalgada pişirme lambukada toplam lipit miktarını arttırmıştır (Tablo 1 ve 2).

Balıkların yenilebilen kısımlarında toplam lipit miktarı; % 0.5 ila % 25 arasında değişip türler arasında, hatta aynı balığın vücut kısımlarında bile farklı olabilir (Rueda vd., 1997). Balıklarda toplam lipit miktarına; balığın büyüklüğü, doğal veya kültür olması gibi faktörler etkindir. Balık lipit özellikleri, farklı pişirme işlemleriyle değiştirilir. Kızartma, balık yağlarında diğer pişirme yöntemlerine göre daha yüksek değişikliklere neden olur. Kızartma sırasındaki değişiklikler balığın yağ içeriğine, kızartma yağının bileşimine ve kızartma teknolojisinin türüne bağlıdır (Moradi vd., 2011).Pişirme; gıdada su kaybını uyarır ve çoğu durumda yağ içeriğini arttırır ancak daha yağlı balıklarda sadece çok az yağ kaybedilir, bu da yöntem ve pişirme süresine bağlıdır (Weber vd., 2008).

Akya balığında buğulamanın dışında, lambukada ise fırın, ızgara ve buğulama hariç uygulanan pişirme yöntemlerinin tümünde toplam lipit miktarı artmıştır. Akyada kızartma yağlarında toplam lipit artışı fazladan aza doğru ayçiçeği yağı > fındık yağı > mısır özü yağı > zeytinyağı; lambukada ise fındık>ayçiçek>mısırözü>zeytinyağı şeklinde olmuştur. Her iki balık türünde de toplam lipit artışı en az zeytinyağında olmuştur (Tablo 1 ve 2). Zeytinyağı; besini yağların emilimine karşı koruyan bir tabaka oluşturduğu için kızartma işleminden sonra besinler daha fazla yağ içerirler (Varela, 1988).

Daha önce yapılan bir çalışmada, derin yağda kızartmadan sonra çiğ sardalyaların yağ içeriğinin önemli ölçüde arttığı, ancak domuz yağında kızartılmış örneklerdeki artışın ayçiçeği ve zeytinyağına göre önemli ölçüde daha yüksek olduğu saptanmıştır (Sánchez-Muniz vd., 1992). Ayçiçek yağı ile kızartılan somon balığında toplam lipit miktarı % 23.33, sardalyada % 232.50 artmış ancak uskumruda ise % 54.68 azalmıştır. İlginç olan toplam lipit düzeyi fazla olan çiğ uskumruda (%16) yağda pişirme ile toplam lipit miktarı artmamış aksine azalma göstermiştir (Candela vd., 1998). Zeytinyağı, ayçiçek yağı ve mısır özü yağında ayrı ayrı kızartılan uskumruda toplam lipit miktarındaki en fazla artış; % 136.30 ile ayçiçek yağında, % 36.61 ile zeytinyağında kızartılan filetolarda bulunmuştur (Başhan, 2019). Sonuçlardan, kızartma işleminin balıkların toplam lipit miktarına etkisinin kızartılan yağın cinsine, miktarına ve ham balığın toplam lipit miktarına bağlı olduğu sonucu çıkarılabilir.

Araştırmamızda, kızartma dışında kullanılan diğer pişirme teknikleri, akya ve lambuka balıklarında benzer ve farklı etkiler oluşturmuştur. Örneğin, fırında pişirilen akya filetolarında toplam lipit % 3.7, mikrodalgada % 1.58, ızgarada % 34.39

artarken, buğulamada % 42.32 azalmıştır. Lambukada ise mikrodalgada pişirilen örneklerde toplam lipit miktarı kontrole nazaran % 21.51 artmış, diğer yöntemlerde ise azalmıştır. Her iki balıkta mikrodalga ile pişirme toplam lipit miktarını arttırmış, buğulama işlemi ise azaltmıştır. Diğer yöntemler her iki balıkta farklı etkiler oluşturmuştur (Tablo 1 ve 2).

Çalışmamızda da belirlendiği gibi kızartma dışında denenen diğer pişirme yöntemleri balıkların toplam lipit miktarında farklı etkiler oluşturmuştur. Örneğin, fırında pişirilen Gümüş yayın balığı (Weber vd., 2008) ile ızgarada pişirilen Mavi Göz balığında toplam lipit miktarı kontrole oranla arttarken (Nichols vd., 2001), fırında pişirilen somon balıkları ile mikrodalga yönteminde uskumru balığında azalma kaydedilmiştir. (BastõÂas vd., 2017). Buğulama ve ızgarada pişirilen Tirsi balığında (*A. immaculata*) toplam lipit miktarı düşmüştür (Merdzhanova vd., 2016). Genellikle buğulama yönteminin balıklarda total lipit miktarında azalma oluşturduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar, buharda pişirme ve fırında kızartma sonrası lipit miktarlarındaki değişikliklerin balık türüne, işleme sıcaklığına, numune boyutuna ve ısıtılabilir yüzey alanına bağlı olduğunu varsaymışlardır (Gladyshev vd., 2007). Lipit içeriği, farklı pişirme yöntemlerine tabi tutulduktan sonra önemli ölçüde azalmış; bu azalma, pişirme süresi ve sıcaklığı ile ilişkilendirilmiştir, yani pişirme süresi uzadıkça ve sıcaklık arttıkça lipit oksidasyonu daha fazla olmuştur (DomõÂnguez vd., 2014).

Tablo 4.1 Farklı yöntemlerle pişirilen akya balığının nem ve yağ içeriği (% olarak)

	Nem ($\bar{X} \pm S.H.$)*	Yağ ($\bar{X} \pm S.H.$)*
Ayçiçek yağında kızartılmış balık	60.70 $\pm$ 0.66a	8.14 $\pm$ 0.82x
Çiğ balık	73.76 $\pm$ 0.86b	1.89 $\pm$ 0.27y
Zeytinyağında kızartılmış balık	66.06 $\pm$ 0.63a	4.11 $\pm$ 0.59x
Çiğ balık	73.76 $\pm$ 0.86b	1.89 $\pm$ 0.27y
Fındık yağında kızartılmış balık	60.09 $\pm$ 0.58a	7.20 $\pm$ 1.14x
Çiğ balık	73.76 $\pm$ 0.86b	1.89 $\pm$ 0.27y
Mısır yağında kızartılmış balık	61.69 $\pm$ 0.53a	5.93 $\pm$ 0.56x
Çiğ balık	73.76 $\pm$ 0.86b	1.89 $\pm$ 0.27y
Fırında pişirilmiş balık	53.29 $\pm$ 0.51a	1.96 $\pm$ 0.69x
Çiğ balık	73.76 $\pm$ 0.86b	1.89 $\pm$ 0.27y
Mikrodalgayla pişirilmiş	43.12 $\pm$ 0.44a	1.92 $\pm$ 0.47x
Çiğ balık	73.76 $\pm$ 0.86b	1.89 $\pm$ 0.27y
Izgarada pişirilmiş balık	48.26 $\pm$ 0.32a	2.54 $\pm$ 0.93x
Çiğ balık	73.76 $\pm$ 0.86b	1.89 $\pm$ 0.27y
Buğulama yapılmış balık	69.95 $\pm$ 0.55a	1.09 $\pm$ 0.32x
Çiğ balık	73.76 $\pm$ 0.86b	1.89 $\pm$ 0.27y

Değişik pişirme yöntemlerinden elde edilen verilerin her biri çiğ balıktan elde edilenlerle karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.2 Farklı yöntemlerle pişirilen lambuka balığının nem ve yağ içeriği (% olarak)

	Nem ($\bar{X} \pm S.H.$) *	Yağ ($\bar{X} \pm S.H.$) *
Ayçiçek yağında kızartılmış balık	63.86 $\pm$ 0.56a	4.84 $\pm$ 0.58x
Çiğ balık	74.95 $\pm$ 0.76b	1.58 $\pm$ 0.27y
Zeytinyağında kızartılmış balık	64.18 $\pm$ 0.63a	4.48 $\pm$ 0.59x
Çiğ balık	74.95 $\pm$ 0.76b	1.58 $\pm$ 0.27y
Fındık yağında kızartılmış balık	64.85 $\pm$ 0.58a	6.39 $\pm$ 0.74x
Çiğ balık	74.95 $\pm$ 0.77b	1.58 $\pm$ 0.27y
Mısır yağında kızartılmış balık	67.04 $\pm$ 0.43a	4.54 $\pm$ 0.56x
Çiğ balık	74.95 $\pm$ 0.76b	1.58 $\pm$ 0.27y
Fırında pişirilmiş balık	52.53 $\pm$ 0.51a	1.45 $\pm$ 0.39x
Çiğ balık	74.95 $\pm$ 0.76b	1.58 $\pm$ 0.27y
Mikrodalgayla pişirilmiş	59.62 $\pm$ 0.44a	1.92 $\pm$ 0.47x
Çiğ balık	74.95 $\pm$ 0.76b	1.58 $\pm$ 0.27y
Izgarada pişirilmiş balık	57.73 $\pm$ 0.82a	1.03 $\pm$ 0.23x
Çiğ balık	74.95 $\pm$ 0.76b	1.58 $\pm$ 0.27y
Buğulama yapılmış balık	67.79 $\pm$ 0.55a	1.29 $\pm$ 0.42x
Çiğ balık	74.95 $\pm$ 0.76b	1.58 $\pm$ 0.27y

Değişik pişirme yöntemlerinden elde edilen verilerin her biri çiğ balıktan elde edilenlerle karşılaştırılmıştır.

4.3 Akya ve Lambuka Balıklarının Toplam Lipitteki Yağ Asidi Kompozisyonuna Değişik Pişirme Tekniklerinin Etkisi

4.3.1 Çiğ (ham) Akya balığı filetolarının toplam lipitteki yağ asidi içeriği

Akya balığının ham ve değişik pişirme yöntemleriyle pişirilen filetolarında doymuş yağ asitlerinden altı, MUFA'lerden üç, çoklu doymamış yağ asitlerinden dokuz olmak üzere toplamda 18 farklı yağ asidi belirlenmiştir.

Farklı bitkisel yağlarda kızartma ile kızartma dışındaki pişirme yöntemleri için olmak üzere iki fileto kontrol grubu için kullanılmıştır. Kontrol olarak kullanılan örnekteki toplam lipitteki yağ asidi kompozisyonu oldukça birbirine yakın değerlerde bulunmuştur (Tablo 4 ve 5). Burada verilen değerler farklı bitkisel yağlarda kızartılan örnekler için kullandığımız kontrol grubudur.

Ham balığın kantitatif yağ asidi dağılımında yüzde olarak SFA'lerden 16:0 %28 ile 18:0 %11.2; MUFA'lerden 18:1n-9 %14.07; PUFA'lerden 22:6n-3 %34.33 dominant yağ asitleri olarak saptanmıştır. Yağ asidi gruplarından Σ SFA %40.38, Σ MUFA %15.57, Σ PUFA %44.05 olarak bulunmuştur. Bu verilere göre, PUFA>SFA>MUFA şeklinde sıralama oluşmuştur.

Besinlerin lipit kalitesinin belirlenmesinde kullanılan n-3/n-6 oranı (5.95), PUFA/SFA (1.09), AI (0.53) ve TI (0.30) olarak tespit edilmiştir.

4.3.2 Çiğ (ham) Lambuka balığı filetolarının toplam lipitteki yağ asidi içeriği

Lambuka filetolarının çiğ (ham) ve değişik pişirme yöntemleriyle pişirilen filetolarında da on sekiz farklı yağ asidi elde edilmiştir.

Akyada olduğu gibi lambuka balığında da toplam lipitteki yağ asidi kompozisyonu için iki kontrol grubu kullanılmıştır (Tablo 6 ve 7). Tablolarda görüldüğü gibi her iki kontrol grubunun bireysel yağ asidi yüzdelerinin birbirine yakın oldukları görülmüştür. SFA'lerden; 16:0 %24.15 ile 18:0 %11.83; MUFA'lerden 18:1n-9 %12.39; PUFA'lerden 22:6n-3 %37.61 majör yağ asitleri olarak belirlenmiştir. Yağ asidi gruplarından Σ SFA %37.27, Σ MUFA %13.47, Σ PUFA %49.16 olarak bulunmuştur. Bu verilere istinaden sıralama, PUFA>SFA>MUFA şeklinde olmuştur. Besinlerin lipit kalitesinin belirlenmesinde kullanılan n-3/n-6 oranı 7.47, PUFA/SFA (1.31), AI (0.43) ve TI (0.24) olarak tespit edilmiştir.

Araştırmamızda çiğ filetolarda SFA'lerden 12:0, (0.00-1.51); 14:0, (0.28- 1.90); 15:0, (0.20- 0.70); 16:0, (26.67 – 33.65); 17:0, (0.00 – 0.26); 18:0, (10.39 -11.81);

MUFA'lardan 16:1n-7, (0.61 – 2.96); 18:1n-9, (11.10 – 23.49); 20:1n-9, (0.06 – 0.34); PUFA'lardan 18:2n-6, (1.31- 4.60); 18:3n-6, (0.13 – 0.44); 18:3n-3, (0.18 – 0.45); 20:2n-6, (0.16 – 0.26); 20:3n-6, (0.04 – 0.24); 20:4n-6, (2.29 – 4.43); EPA, (2.07 – 3.65); 22:5n-3, (0.81 – 1.72); DHA, (13.82 – 38.11); Σ SFA, (38.54 – 48.33); Σ MUFA, (11.77 – 26.79); PUFA, (24.38 – 49.58); Σ n-6 PUFA, (6.10 – 7.96); Σ n-3 PUFA, (17.29 – 43.36); ω -3/ ω -6 oranı, (2.43 – 6.75); PUFA/SFA oranı, (0.49 - 1.28); AI, (0.46 – 0.83); TI, (0.26 – 0.65) aralığında bulunmuştur (Tablo 4-11).

Sekiz deniz balığı ile yapılan bir araştırmada; 16:0 (% 19.30 - 27.89), 18:1n-9, (% 14.87 – 31.28); EPA, (% 3.24 – 12.59); DHA, (% 9.30 – 29.63); Σ SFA, (31.10 – 46.95); Σ MUFA, (19.38 – 38.52); PUFA, (25.42 – 49.01); Σ n-6 PUFA, (4.57 – 25.13); Σ n-3 PUFA, (18.63 – 38.92); n-3/ n-6 oranı, (0.95 – 6.22); PUFA/SFA oranı (0.60 – 1.55) arasında belirlenmiştir (Akgül, 2019). Bu veriler, balıklarda baskın olan yağ asitlerinin (16:0, 18:1n-9, EPA ve DHA) benzer olduğunu fakat yüzde içeriklerinin türler arasında farklı olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla yağ asidi içeriği, balık türüne, mevsime, besine, yaşa, üreme durumuna ve farklı pişirme yöntemlerine bağlı olarak değişiklik gösterebilir (Ackman, 1989; Little vd., 2000; Moussa vd., 2014). Kızartma, balık yağlarında diğer pişirme yöntemlerine göre daha yüksek değişikliklere neden olur. Kızartma sırasındaki değişiklikler balığın yağ içeriğine, kızartma yağının bileşimine ve kızartma teknolojisinin türüne bağlıdır. Kızartma, DHA ve EPA'da diğer pişirme yöntemlerine göre daha yüksek bir kayıpla sonuçlanır (Little vd., 2000; Moussa vd., 2014).

4.4 Akya ve Lambukanın Kızartılmasında Kullanılan Besinsel Yağların Yağ Asidi Kompozisyonu

Çalışmada yağda kızartma yöntemi için; ayçiçek yağı, zeytinyağı, mısırözü yağı, fındık yağı gibi bitkisel gibi yağlar kullanılıp yağların yağ asidi bileşimi Tablo 3'te verilmiştir. Denenen yağlarda doymuş yağ asitlerinden (SFA) dominant olarak palmitik asit (16:0) bulunmuştur. Bu bileşenin yüzdesi ayçiçek ve fındık yağında yakın değerlerde bulunmuştur. Zeytinyağı ve mısır özü yağında ise 16:0 yüzdesi diğer iki yağın iki katı oranında saptanmıştır. Araştırmada kullanılan besinsel yağlarda Σ SFA yüzdesi % 8.83- % 16.85 arasında tespit edilmiştir. Kızartma yağlarında MUFA'lardan oleik asit (18:1n-9) majör yağ asidi olarak belirlenmiştir. Fındık yağı ve zeytinyağının adeta 18:1n-9 un deposu olduğu görülmüştür. Zira bu bileşen fındık yağında % 76.25, zeytinyağında ise % 71.04 olarak saptanmıştır. Oleik

asit, ayçiçek yağında % 37, mısırözü yağında % 30 olarak saptanmıştır. Oleik asitten dolayı en yüksek Σ MUFA yüzdesi fındık yağı ve zeytinyağında tespit edilmiştir. Besinsel yağlarda PUFA'lardan en yüksek dağılıma sahip yağ asidinin 18:2n-6 olduğu görülmüştür. Bu bileşeni en fazla içeren yağların %54.8 ile mısır özü yağı, % 52.5 ile ayçiçek yağı olduğu belirlenmiştir. Hayvanlar için temel olan bu yağ asidi; fındık yağında % 14.53, zeytinyağında % 9.95 olarak saptanmıştır. Sonuçlardan da görüldüğü gibi fındık yağı ve zeytinyağının 18:1n-9 ve buna bağlı olarak Σ MUFA bakımından, mısır özü yağı ile ayçiçek yağının ise 18:2n-6 ve buna bağlı olarak Σ PUFA ve Σ n-6 PUFA bakımından zengin olduğu görülmüştür (Tablo 3). AI indeksi en az %0.07 ile fındık yağında en çok %0.17 zeytinyağında bulunmuştur (Tablo 3). Yağda kızartma yöntemi için kullanılan yağların, aterojenik indeks (AI) ve trombojenik indeks (TI) değerleri, beslenme uzmanlarının önerdiği değer olan 1.0 in altında bulunmuştur (Tablo 3). Σ PUFA/ Σ SFA oranları %0.64-5.22 (Zeytinyağı – Ayçiçek yağı) arasında bulunmuştur. Σ PUFA/ Σ SFA oranının zeytinyağında düşük bulunmasının nedeni 16.0 ın ve dolayısıyla Σ SFA nın yüksek olmasından; ayçiçek yağında ise Σ PUFA/ Σ SFA oranının fazla olması 18:2n-6 nın ve Σ PUFA nın fazla olmasından kaynaklanmaktadır (Tablo 3). N-3/n-6 oranları %0.00-0.07 (Ayçiçek – Zeytinyağı) arasında tespit edilmiştir. Σ PUFA/ Σ SFA, n-3/n-6, AI ve TI değerleri baz alınarak yapılan lipid kalite indekslerine göre en sağlıklı yağların zeytinyağı ve fındık yağı olduğunu söyleyebiliriz (Tablo 3).

Tablo 4.3 Kızartmada kullanılan yağların yağ asidi kompozisyonu

Yağ Asidi	Zeytin Yağı (ORT±SH) *	Ayçiçek Yağı (ORT±SH) *	Mısır Özü Yağı (ORT±SH) *	Fındık Yağı (ORT±SH) *
12:0	-	0.03±0.004	0.04±0.006	0.04±0.003
14:0	-	0.04±0.005	0.18±0.01	0.03±0.005
16:0	14.22±1.13	6.78±0.54	12.45±0.99	6.31±0.50
17:0	-	-	1.56±0.12	-
18:0	2.62±0.21	3.24±0.26	0.01±0.00	2.45±0.20
ΣSFA	16.85±1.34	10.10±0.81	14.26±1.14	8.83±0.70
16:1n-7	1.15±0.09	0.15±0.01	0.08±0.01	0.20±0.02
18:1n-9	71.04±5.67	36.97±2.95	30.12±2.40	76.25±6.08
ΣMUFA	72.20±5.76	37.11±2.96	30.20±2.41	76.45±6.10
18:2n-6	9.95±0.79	52.51±4.19	54.80±4.37	14.53±1.16
18:3n-6	0.28±0.02	0.23±0.02	-	0.10±0.01
18:3n-3	0.73±0.06	0.04±0.00	0.74±0.06	0.09±0.01
ΣPUFA	10.95±0.87	52.79±4.21	55.54±4.43	14.72±1.17
Σn-3 PUFA	0.73±0.06	0.04±0.00	0.74±0.06	0.09±0.01
Σn-6 PUFA	10.23±0.82	52.74±4.21	54.80±4.37	14.62±1.17
n-3/n-6	0.07±0.00	0.00±0.00	0.01±0.00	0.01±0.00
ΣPUFA/ΣSFA	0.64±0.05	5.22±0.41	3.89±0.31	1.66±0.13
AI	0.17±0.01	0.08±0.00	0.15±0.01	0.07±0.00
TI	0.39±0.03	0.22±0.01	0.28±0.02	0.19±0.01

4.5 Değişik Besinsel Yağlarla Kızartılan Akyanın Toplam Lipitteki Yağ Asidi Kompozisyonu

Ayçiçek yağı, zeytinyağı, mısır özü yağı ve fındık yağı gibi bitkisel yağlarla pişirilen filetolarla çiğ (ham) filetonun toplam yağ asidi kompozisyonu Tablo 4'te verilmiştir. Ayçiçek yağı ve mısır özü yağında kızartılan filetolarda PUFA'lar içinde en yüksek düzeye sahip yağ asidinin 18:2n-6 olduğu görülmüştür. Çiğ (ham) balık filetosundaki, 16:0 ve Σ SFA ile dokosaheksaenoik asit (22.6 n-3) ve Σ PUFA yüzdesinin değişik bitkisel yağlarla pişirilen filetoya oranla daha fazla, 18:1n-9 ve Σ MUFA içeriğinin ise daha düşük olduğu görülmüştür (Tablo 4).

Ayçiçek yağı ve mısırözü yağında pişirilen filetoların 18:2n-6; fındık yağı ve zeytinyağı ile pişirilen filetoların ise oleik asit bakımından zengin oldukları saptanmıştır.

Fındık yağı ile zeytinyağında oldukça yüksek oranda bulunan 18:1n-9 un kızartma işlemi ile filetolara geçtiği ve bu filetoların 18:1n-9 yüzdelerinin yüksek olmasını sağladığı görülmüştür.

Ham akyanın n-3/n-6 oranı 5.95 iken çeşitli yağlarda kızartılan filetolarda bu oran 0.07 (mısır özü yağında kızartılan) -0.35 (zeytinyağında kızartılan) aralığında belirlenmiştir (Tablo 4) Yine 18:2n-6 dan dolayı ayçiçek ve mısır özünde kızartılan balık örneklerinde PUFA/SFA oranı kontrolden oldukça yüksek bulunmuştur (Tablo 4, Şekil 1).

Kızartma işlemlerinde kullanılan ayçiçek yağı, zeytinyağı, mısırözü yağı ve fındık yağı gibi bitkisel yağların akya balığının toplam yağ asidi kompozisyonunu önemli oranda değiştirdiğini söyleyebiliriz.

Son yıllarda lipidlerin besin kalitesinin belirlenmesinde kullanılan diğer parametrelerden AI değeri değişik besinsel yağlarda kızartılan filetolarda kontrole oranla daha düşük bulunmuştur. Diğer bir parametre olan TI değeri –fındık yağında kızartılan örnekler hariç- kontrol ve farklı yağlarda kızartılan balıklarda yakın değerlerde bulunmuştur (Tablo 4).

Tablo 4.4 Farklı bitkisel yağlarda kızartılan akya ile ham (çiğ) akyanın yağ asidi kompozisyonu

Yağ Asidi	Çiğ (HAM) (ORT±SH) *	Ayçiçek Yağı (ORT±SH) *	Zeytin Yağı (ORT±SH) *	Mısır Özü Yağı (ORT±SH) *	Fındık Yağı (ORT±SH) *
12:0§	-	0.14±0.01a	-	-	0.05±0.001b
14:0	0.96±0.08a	0.17±0.01b	0.06±0.00c	0.09±0.01c	0.07±0.01c
15:0	0.20±0.02a	0.03±0.004b	0.01±0.002c	0.02±0.003bc	0.03±0.003b
16:0	27.99±2.23a	9.30±0.74b	14.53±1.16c	12.76±1.02c	7.39±0.59b
17:0	-	-	0.19±0.02	-	-
18:0	11.21±0.89a	4.62±0.37b	3.79±0.30b	2.02±0.16c	3.00±0.24b
Σ SFA	40.38±3.22a	14.28±1.14b	18.59±1.48c	14.91±1.19b	10.54±0.84d
16:1n-7	1.36±0.11a	0.32±0.03b	0.73±0.06c	0.11±0.01d	0.19±0.02e
18:1n-9	14.07±1.92a	35.91±2.87b	68.23±5.44c	30.67±2.45d	72.55±5.79e
20:1n-9	0.14±0.01a	0.15±0.01a	0.12±0.01a	0.09±0.01b	0.11±0.01a
Σ MUFA	15.57±2.04a	36.38±2.90b	69.08±5.51c	30.88±2.46d	72.86±5.81e
18:2n-6	3.34±0.27a	43.85±3.50b	8.34±0.67c	50.30±4.01d	13.54±1.08e
18:3n-6	0.25±0.02a	0.15±0.01b	0.40±0.03c	0.15±0.01b	0.12±0.01b
18:3n-3	0.27±0.02a	0.27±0.02a	0.54±0.04b	0.65±0.05b	0.16±0.01c
20:2n-6	0.25±0.02a	0.16±0.01b	0.04±0.006c	0.02±0.003d	0.05±0.007c
20:3n-6	0.19±0.02a	0.01±0.001b	0.07±0.01c	0.05±0.00d	0.04±0.006d
20:4n-6	2.29±0.18a	0.64±0.05b	0.25±0.02c	0.24±0.02c	0.23±0.02c
20:5n-3	2.20±0.18a	0.31±0.03b	0.21±0.02c	0.19±0.02c	0.18±0.01c
22:5n-3	0.93±0.07a	0.14±0.01b	0.08±0.01c	0.09±0.01c	0.06±0.01c
22:6n-3	34.33±1.94a	3.81±0.30b	2.40±0.19c	2.51±0.20c	2.21±0.18c
Σ PUFA	44.05±2.72a	49.34±3.94b	12.33±0.98c	54.21±4.32d	16.60±1.32e
Σ n-3 PUFA	37.72±2.21a	4.54±0.36b	3.23±0.26c	3.44±0.27c	2.62±0.21d
Σ n-6 PUFA	6.33±0.50a	44.81±3.57b	9.10±0.73c	50.77±4.05d	13.99±1.12e
n-3/n-6	5.95±0.62a	0.10±0.08b	0.35±0.052c	0.07±0.006d	0.19±0.02e
Σ PUFA/ Σ SFA	1.09±0.12a	3.45±0.42b	0.66±0.074c	3.63±0.28b	1.57±0.16d
AI	0.53±0.045a	0.12±0.03b	0.18±0.07c	0.15±0.02bc	0.09±0.01b
TI	0.30±0.05a	0.26±0.032b	0.37±0.04c	0.29±0.04a	0.20±0.03d

4.6 Değişik Besinsel Yağlarla Kızartılan Lambukanın Toplam Lipitteki Yağ Asidi Kompozisyonu

Zeytinyağı, ayçiçek yağı, mısır özü yağı ve fındık yağı gibi bitkisel yağlarla pişirilen filetolarla kontrol filetolarının toplam yağ asidi bileşimi Tablo 5'te verilmiştir. Palmitik asidin SFA' lar arasında, 18:1n-9 un MUFA'lar arasında 18:2n-6 nın ise PUFA'lar arasında yüksek yüzdeye sahip yağ asitleri olduğu görülmüştür. Diğer yağlarla kızartılan filetolarla karşılaştırıldığında; 16:0, Σ SFA, 18:1n-9 ve Σ MUFA düzeylerinin en fazla zeytinyağında kızartılanlarda, en yüksek 18:2n-6, Σ PUFA ve Σ n-6PUFA yüzdelerinin ise mısırózü yağı ve ayçiçek yağında kızartılanlarda belirlenmiştir (Tablo 5, Şekil 2).

Kontrol (ham) filetolar ile değişik bitkisel yağlarda kızartılan örneklerin toplam lipitteki yağ asidi kompozisyonları karşılaştırıldığında; kontrol filetolarında 16:0, 18:0, Σ SFA ile 20:5n-3, 22:5n-3, 22:6n-3 ve Σ n-3 PUFA yüzdeleri ile n-3/n-6 oranı önemli düzeyde daha yüksek olarak saptanmıştır (Tablo 5).

Lipit bakımından besinsel kaliteyi belirleyen en önemli parametreler Σ n-3 PUFA yüzdeleri ile n-3/n-6 oranıdır. Bu parametrelerin yüksek olması arzu edilmektedir. Yukarda da belirtildiği gibi, besinsel yağlarda kızartılan filetolarda çiğ örneklerle oranla her iki önemli parametrenin de oldukça azaldığı görülmüştür. Örneğin çiğ örneklerde % 43.36 oranında bulunan Σ n-3 PUFA, yağlarda kızartılan balıklarda % 4.10- % 4.93; ayrıca kontrol filetolarında 7.47 olarak tespit edilen n-3/n-6 düzeyi değişik yağlarda kızartılan balıklarda (0.08- 0.49) arasında bulunmuştur (Tablo 5, Şekil 2).

Sonuç olarak kızartma işlemlerinde kullanılan ayçiçek yağı, zeytinyağı, mısırózü yağı ve fındık gibi bitkisel yağların lambuka balığının toplam lipitteki yağ asidi kompozisyonunu önemli oranda değiştirdiğini söyleyebiliriz.

Zeytinyağında kızartılan örneklerde Σ PUFA/ Σ SFA oranı, diğer yağlarla kızartılanlara oranla oldukça düşük bulunmuştur. Besinsel kaliteyi belirleyen parametrelerden olan AI ve TI oranları sırasıyla ham lambukada (0.43-0.24) iken farklı bitkisel yağlarla kızartılan filetolarda da AI düzeyi (0.10-0.18) arasında; TI düzeyi ise (0.22-0.36) arasında saptanmıştır(Tablo 5).

Tablo 4.5 Farklı bitkisel yağlarda kızartılan lambuka ile ham (çiğ) lambukanın yağ asidi kompozisyonu

	Çiğ (HAM)	Ayçiçek Yağı	Zeytin Yağı	Mısır Özü Yağı	Fındık Yağı
Yağ Asidi	(ORT±SH) *	(ORT±SH) *	(ORT±SH) *	(ORT±SH) *	(ORT±SH) *
12:0§	0.10±0.01a	0.02±0.003b	0.02±0.002b	0.03±0.004c	0.01±0.001d
14:0	0.76±0.09a	0.14±0.02b	0.08±0.007c	0.59±0.07d	0.14±0.02b
15:0	0.25±0.03a	0.05±0.007b	0.04±0.006b	0.03±0.005b	0.03±0.004b
16:0	24.15±1.73a	8.21±0.74b	14.70±1.16c	12.69±1.02c	8.08±0.69b
17:0	0.18±0.002a	0.02±0.004b	0.18±0.015a	0.02±0.003b	0.06±0.007c
18:0	11.83±0.87a	4.41±0.37b	4.19±0.30b	3.10±0.26b	4.29±0.34b
ΣSFA	37.27±2.52a	12.85±1.14b	19.21±1.48c	16.46±1.19c	12.61±0.84b
16:1n-7	0.88±0.13a	0.19±0.03b	0.84±0.06a	0.07±0.005c	0.19±0.02b
18:1n-9	12.39±1.54a	35.98±2.87b	67.08±3.44c	31.16±2.45d	36.44±2.79b
20:1n-9	0.20±0.02a	0.06±0.007b	0.07±0.005b	0.16±0.01c	0.16±0.03c
ΣMUFA	13.47±1.68a	36.23±2.90b	67.99±4.51c	31.39±2.46d	36.79±3.81b
18:2n-6	1.76±0.91a	44.92±3.50b	7.71±0.67c	47.40±3.01b	44.95±2.08b
18:3n-6	0.17±0.02a	0.23±0.02a	0.35±0.03b	0.38±0.04b	0.13±0.01a
18:3n-3	0.18±0.02a	0.11±0.02a	0.53±0.04b	0.67±0.05c	0.05±0.007d
20:2n-6	0.02±0.002a	0.04±0.005b	0.04±0.006b	0.02±0.003a	0.05±0.004b
20:3n-6	0.11±0.02a	0.09±0.008a	0.12±0.01a	0.02±0.003b	0.04±0.006c
20:4n-6	3.74±0.23a	0.76±0.05b	0.29±0.03c	0.15±0.02d	0.48±0.06e
20:5n-3	4.30±0.35a	0.41±0.03b	0.27±0.02c	0.24±0.02c	0.40±0.07b
22:5n-3	1.27±0.09a	0.08±0.01b	0.08±0.01b	0.08±0.01b	0.22±0.02c
22:6n-3	37.61±1.42a	4.29±0.30b	3.32±0.19b	3.11±0.20b	4.26±0.28b
ΣPUFA	49.16±2.78a	50.93±3.94a	12.71±0.98b	52.07±3.32a	50.58±2.32a
Σn-3 PUFA	43.36±2.67a	4.89±0.36b	4.20±0.26b	4.10±0.27b	4.93±0.41b
Σn-6 PUFA	5.80±0.61a	46.04±3.57b	8.51±0.73c	47.97±3.05b	45.65±3.12b
n-3/n-6	7.47±0.78a	0.10±0.01b	0.49±0.05c	0.08±0.01b	0.10±0.01b
ΣPUFA/ΣSFA	1.31±0.13a	3.96±0.41b	0.66±0.06c	3.16±0.33b	4.01±0.42b
AI	0.43±0.04a	0.10±0.01b	0.18±0.01c	0.18±0.01c	0.09±0.01b
TI	0.24±0.02a	0.22±0.02a	0.36±0.03b	0.31±0.03b	0.22±0.02a

Çalışmamızda; ayçiçek yağı, zeytinyağı, mısır özü yağı ve fındık yağında ayrı ayrı kızartılan akya ve lambuka filetolarında ortak olarak kontrole nazaran 16:0, 18:0 ve Σ SFA yüzdeleri önemli oranda azalmış, 18:1n-9, Σ MUFA, 18:2n-6 ve Σ n-6 PUFA yüzdeleri ile PUFA/SFA oranları önemli derecede artmıştır. (Tablo 4 ve 6). Çiğ (kontrol) akya ve lambuka filetolarında 20:4n-6, 20:5n-3, 22:5n-3, 22:6n-3, Σ n-3 PUFA düzeyleri ile n-3/n-6 oranının, değişik besinsel yağlarla kızartılan filetolardan önemli derecede daha fazla oldukları görülmüştür (Tablo 4 ve 6). Verilerimizden, yağlarda pişirme tekniğinin akya ve lambuka total lipit kompozisyonunu önemli ölçüde değiştirdiğini söyleyebiliriz. Bunun nedeni, kimi yağlarda yüksek yüzdede bulunan bazı yağ asitlerinin kızartma işlemi ile balık filetolarına geçmeleri ve filetolarda yağ asidi kompozisyonunda değişmelere neden olmalarıdır. Bir diğer neden, kızartmada kullanılan yağlarda 20:4n-6, 20:5n-3, 22:5n-3 ve 22:6n-3 gibi yağ asitlerinin olmamasıdır. Bu etkenler aynı zamanda her iki balık türünün kontrol örneklerinde n-3/n-6 oranının da kızartılan balıklardan daha fazla olmasına neden olmuştur. Kızartma yağları içerisinde en yüksek n-3/n-6 oranına sahip olan zeytinyağının kızartma işlemi için en uygun yağ olduğunu söyleyebiliriz.

Önceki çalışmalarda da benzer sonuçlar bulunmuş ve ayçiçeği yağında kızartılan balıklardan; levrek (Türkkan vd., 2008), sardalya (Sa'nchez-Muniz vd., 1992), Pembe som balığı (Gladyshev vd., 2006) ve uskumru balığında (Başhan, 2019) EPA ve DHA düzeylerinde ve n-3/n-6 oranında azalma, 18:2n-6 ile Σ n-6 PUFA'larda artış belirlenmiştir. Linoleik asitteki artış; Pembe som balığında 10 (Gladyshev vd., 2006), uskumruda (Başhan, 2019) 9 kat olmuştur.

Zeytinyağında kızartılan sardalyada (Sa'nchez-Muniz vd.,1992; Garcí'a-Arias, 2003), sarı benekli lagosta (Zahra Momenzadeh vd., 2017) ve uskumruda (Başhan, 2019) 16:0, Σ SFA, EPA, DHA, Σ n-3 PUFA miktarları azalmış; 18:1n-9, Σ MUFA ile 18:2n-6 yüzdeleri artış göstermiştir.

Mısırözü yağı ile kızartılan Gümüş Sazanı (Naseri vd., 2013), Barbunya (Koubaa vd., 2012), hamsi (Turhan vd., 2011), ve uskumruda (Başhan, 2019) ortak olarak, kontrol filetolarına nazaran 16:0, 18:0 ve Σ SFA ile EPA ve DHA düzeyleri ile n-3/n-6 oranları azalmış; 18:2n-6 ve Σ n-6 PUFA ile Σ PUFA yüzdeleri artmıştır. Mısır özüde kızartılan barbunyada 18:2n-6 yağ asidi 27 kat, Σ n-6 PUFA 12 kat yüksek bulunmuştur (Koubaa vd., 2012). Lambuka ve akyadan elde ettiğimiz verilerin bu çalışmalarla uyum içinde oldukları görülmüştür. Bunun nedeni yukarıda da

belirtildiği gibi ayçiçek yağı ve mısır özü yağında yüksek yüzdede bulunan linoleik asidin, zeytinyağında da 18:1n-9'un kızartma işlemi esnasında balıklara geçmesi ve kızartılan balıkların toplam lipitlerinde bu yağ asitleri ile bu yağ asitlerine bağlı yağ asidi gruplarının (Σ MUFA, Σ n-6 PUFA) daha fazla, EPA, DHA gibi önemli yirmi karbonlu n-3 PUFA'ların ise daha düşük yüzdede olmasını sağlamıştır. Bu arada EPA ve DHA'nın kızartma yağlarında olmadıklarını da hatırlatmakta yarar vardır.

Genellikle diyetteki yağların besinsel kalitesini belirlemek için n-3/n-6, PUFA/SFA oranları ile Aterojenik indeks (AI), Trombojenik indeks (TI) gibi indeksler kullanılmaktadır (Merdzhanova vd., 2016).

Farklı balık türlerinin total lipitlerinde n-3/n-6 oranı (0.24- 4.1) arasındadır (Hosseini vd., 2014). Dünya Sağlık Örgütü (WHO), toplam insan diyetindeki n-3/n-6'nın günlük oranının 0.2'den yüksek olmasını tavsiye etmiştir (Vujkoric vd., 1999). Çalışmamızda ham aky ve lambuka filetolarında n-3/n-6 oranı, (2.43 – 8.20) arasında bulunmuş olup (Tablo 3-11) beslenme uzmanlarının önerdiği aralığın çok üstündedir. Araştırmamızda bu oran akyada (4.88- 5.95), lambukada (7.47-8.20) olarak belirlenmiştir. Bu oranın, beslenme uzmanlarının önerdiği aralığın çok üstünde olması çalışma materyallerimizi oluşturan bu iki balık türünün besin değerinin yüksek olduğunu gösterir.

Besinsel yağlarda kızartılan aky ve lambuka filetolarında n-3/n-6 oranı çok önemli derecede azalma göstermiştir (Tablo 4-7). Bunun nedeni ayçiçek ve mısırözü yağlarında kızartılan örneklerde 18:2n-6 ile bu yağ asidine bağlı Σ n-6 PUFA'nın kontrole nazaran önemli derecede yüksek; 20:5n-3, 22:5n-3 ve 22:6n-3 gibi n-3 yağ asitlerinin de düşük olmasıdır. Kullanılan besinsel yağlar arasında, zeytinyağında kızartılan her iki balık türünde diğer yağlara oranla n-3/n-6 oranı en yüksek olarak belirlendiği için kızartma işleminde en sağlıklı yağ olduğunu söyleyebiliriz. Zeytinyağının, n-6 yağ asitleri değil, 18:1n-9 gibi tekli doymamış yağ asidi bakımından zengin olması bu sonucu doğurmuştur. Å'gren ve Hänninen (1993), n-3 PUFA alımında bir artış isteniyorsa, n-6 PUFA açısından zengin bitkisel yağlardan kaçınılması gerektiğini belirlemişlerdir. Taylor ve arkadaşları (1979), bu yüzyılın başlarında başlayan koroner kalp hastalığındaki artışın ana nedeninin ateroskleroza ziyade trombojenez olduğunu ve yüksek linoleik asit içeren bitkisel yağların artan tüketimi yoluyla n-6/n-3 oranında 6,0'dan 10'a bir artışla ilişkili olduğunu öne sürmüşlerdir.

Ham sardalya balığında 0.4 olan n-6/n-3 oranı, zeytinyağında kızartılan örneklerde 3.6'ya, ayçiçek yağında kızartılanlarda ise 27.3'e yükselmiştir (Sa'nchez-Muniz vd., 1992). Bol yağda kızartılan Sarı Benekli Lagos filetolarında; 18:2n-6 gibi yağ asitlerinin emiliminden ötürü n-3/n-6 oranı en az değerde bulunmuştur (Zahra Momenzadeh vd., 2017). Mısır yağında kızartılan Barbunya balığında, n-6/ ω -3 oranı 18:2n-6'dan dolayı 37.8 kat artmıştır (Koubaa vd., 2012). Ayçiçek yağı, zeytinyağı ve mısırözü yağında ayrı ayrı kızartılan uskumru filetolarında n-3/n-6 oranı önemli derecede çok düşük bulunmuştur. Çalışmamızda da saptandığı gibi, kızartma için en uygun yağın zeytinyağı olduğu bildirilmiştir (Başhan, 2019).

PUFA/SFA oranı deniz mahsullerinin lipit kalitesini belirlemede kullanılan bir diğer parametredir (Larsen vd., 2011). Beslenme uzmanlarına göre diyet lipitlerindeki PUFA/SFA oranı en az 1 olmalıdır. (Zdzislaw vd., 2003). Dünya Sağlık Örgütü, bu oranın, sağlıklı bir diyet için 0.4'ten fazla olmasını önermektedir (WHO, 2003). Araştırmamızda PUFA/SFA değeri çiğ (ham) akyada (1.09-1.21), lambukada ise (1.31-1.35) arasında bulunmuştur (Tablo 4-7). Bu çalışmada; ayçiçek yağı, mısır özü yağı ve fındık yağında kızartılan akya ve lambuka filetolarında PUFA/SFA oranı kontrole kıyasla önemli derecede artmış; zeytinyağında kızartılanlarda ise azalmıştır. En fazla artış oranı ayçiçek ve mısırözü yağında kızartılanlarda belirlenmiştir. Bunun nedeni bu yağlarda kızartılan balıklarda PUFA'lardan 18:2n-6'nın çok yüksek düzeyde olmasından kaynaklanmaktadır. Besinsel lipit kalite indekslerinden n-3/n-6 oranı ile PUFA/SFA oranı paralel gitmemektedir. Örneğin, bir n-6 yağ asidi olan linoleik asit artışı PUFA/SFA oranını arttırırken, n-3/n-6 oranını ise azaltmaktadır. Bu nedenle besinsel lipit kalitesini belirleyen indekslerden n-3/n-6 oranının, daha geçerli bir indeks olduğunu düşünüyoruz.

Önceki çalışmalarda, Candela vd., (1998), kızartma için ayçiçek yağı kullanıldığında PUFA/SFA oranının dilbalığında (*S. solea*) 1.8 kat, berlam balığında (*G. morhua*) 2.6 kat ve morinada (*M. merluccius*) 3.0 kat arttığını belirtmişlerdir. Ayçiçek yağı ile kızartılan sardalyada PUFA/SFA oranı kontrole oranla üç kattan fazla artmıştır (Sánchez-Muniz vd., 1992). Başka bir çalışmada, mısır özü yağında kızartılan uskumruda PUFA/SFA oranı 1.18, Ayçiçek yağında kızartılanlarda 6.43 kat yüksek bulunmuştur (Başhan, 2019).

Diyetteki lipitlerin kalitesini belirleyen diğer parametrelerden AI ve TI indeksleri; lipitlerin, koroner hastalık gelişimi ve besin kalitesi üzerine potansiyel etkilerinin

göstergeleridir. Bu indeksler, belirli yağ asidi gruplarının göreceli içeriğine bağlı olan lipit kalitesinin de ölçütleridirler (Ulbricht ve Southgate, 1991). Aterojenik indeks ve TI'nin, koroner hastalık indeksleri olması nedeniyle düşük değerlere sahip olması istenir. AI değeri düşük gıdalar; plak oluşumunu inhibe edip, kolesterol ve fosfolipit seviyelerini azaltıcı etki göstererek koroner hastalıkları engellerler (Ulbricht ve Southgate, 1991). TI düzeyi düşüklüğü ise kan damarlarında pıhtı oluşturma eğilimini engeller (Buşov vd., 2020).

Araştırmamızda ham akya balığının toplam lipitlerinde AI, (0.50–0.53); TI, (0.29–0.30) (Tablo 4-11); lambuka balığında ise AI, 0.43; TI, 0.24 olarak tespit edilmiştir (Tablo 5-12). Besinlerde AI değerinin 1.0'den TI değerinin ise 0.5'ten az olması önerilmektedir. (Woloszyn vd., 2020). Verilerimizin, sağlıklı bir diyet için önerilen değerler arasında olduğu görülmektedir. Daha önce yapılan çalışmalarda, sonbahar/kış döneminde yakalanan çiğ hamside AI 0,38, sardalyada 0,47, aa balığında 0,31 İstavrit (sarıkanat) 0,22 bulunmuştur. TI indeksi çiğ hamside ,14, sardalyada 0,17, aa balığında 0,11 İstavrit (sarı kanat) 0,13 bulunmuştur (Farabegoli vd., 2019). Atatürk Baraj Gölü'nden toplanan 10 tatlısu balığında AI düzeyleri 0.49 (*A. sellal*) – 0.85 (*C. carpio*); TI değerleri ise 0.33 (*A. sellal*) -0.92 (*C. carpio*) arasında saptanmıştır (Yakar vd., 2023). Ocak ayında toplanan hamsi balığında AI 1.52, TI ise 0.36 olarak bulunmuştur (Kaya ve Turan 2008). Doğal gökkuşağı alabalığında AI 0.45, TI ise 0.33 olarak tespit edilmiştir (Fallah vd., 2011). Formüllerde de görüldüğü gibi, doymuş yağ asitleri yzdelерinin artması, AI ve TI indekslerini arttırır, tekli doymamış ve çoklu doymamış yağ asitlerini arttışı ise bu indeksleri düşürmektedir.

Farklı bitkisel yağlarla kızartılan akya filetolarında AI düzeyi (0.09-0.18) arasında; TI düzeyi (0.20-0.37); lambuka filetolarında ise AI düzeyi (0.09-0.18), TI düzeyi ise (0.22- 0.36) olarak saptanmıştır (Tablo 4 ve 5). Görüldüğü gibi hem kontrol (iğ) hem de değişik bitkisel yağlarla kızartılan akya ve lambuka filetolarının AI ve TI indeks düzeyleri, beslenme uzmanlarının önerdiği aralağın çok altında bulunmuştur (Tablo 4 ve 5). Bu oranlar, aterojenite ve trombojenisite açısından risk oluşturmadığı için kardiyο koruyuculuk bakımından önemlidir.

4.7 Kızartma Dışındaki Yöntemlerle Pişirilen Akyanın Toplam Lipitteki Yağ Asidi Kompozisyonu

Kızartma dışındaki teknikler olan fırında, mikrodalga fırında pişirme, ızgara ve buğulama yöntemi ile pişirilen akya filetolarında da çiğ örneklerdeki gibi SFA'lar içinde 16:0, MUFA'lardan 18:1n-9 ve PUFA'lardan 22:6n-3 dominant yağ asitleri olarak tespit edilmiştir (Tablo 6, Şekil 1).

Bazı bireysel yağ asitleri dışında, belirtilen pişirme yöntemlerinin akya balığının yağ asidi kompozisyonunu çok önemli düzeyde değiştirmedeği görülmüştür.

Kontrol ve diğer pişirme teknikleri ile karşılaştırıldığında; fırında pişirmede 18:1n-9 ve $\sum$ MUFA; buğulamada ise 22:6n-3, $\sum$ PUFA, $\sum$ n-3 PUFA yüzdeleri ile n-3/n-6 oranında bir miktar azalma kaydedilmiştir (Şekil 1). Palmitik asit, 18:0 ve $\sum$ SFA düzeyleri birbirlerine yakın bulunmuştur Bir diğer bulgu da buğulama yönteminde AI indeksinin kontrol ve diğer yöntemlere oranla önemli düzeyde yüksek bulunmasıdır (Tablo 6).

Tablo 4.6 Değişik pişirme yöntemleri ile pişirilen akya filetoları ile çiğ filetoların yağ asidi kompozisyonu

Yağ Asidi	Çiğ (HAM)	Fırın	Izgara	Mikrodalga	Buğulama
	(ORT±SH)*	(ORT±SH)*	(ORT±SH)*	(ORT±SH)*	(ORT±SH)*
12:0§	-	0.13±0.01a	0.09±0.01b	0.18±0.01c	0.20±0.02c
14:0	1.13±0.09a	0.46±0.04b	0.62±0.05c	0.78±0.06d	6.43±0.51e
15:0	0.32±0.03a	0.10±0.01b	0.36±0.03a	0.47±0.04c	0.20±0.02d
16:0	26.67±1.73a	28.02±2.24a	28.24±2.25a	28.01±2.23a	24.60±1.96b
17:0	0.02±0.00a	0.08±0.01b	0.04±0.00c	0.27±0.02d	0.26±0.02d
18:0	10.39±0.67a	11.21±0.89a	12.37±0.99b	13.90±1.11b	10.06±0.80a
ΣSFA	38.54±2.52a	40.00±3.19a	41.73±3.33b	43.61±3.48c	41.76±3.33b
16:1n-7	1.67±0.13a	1.02±0.08a	1.17±0.09b	1.08±0.09a	0.95±0.08c
18:1n-9	13.84±2.54a	11.24±0.90b	14.02±1.12a	12.92±1.03a	15.58±1.24c
20:1n-9	0.11±0.01a	0.20±0.02b	0.04±0.00c	0.08±0.01d	0.22±0.02b
ΣMUFA	15.62±2.68a	12.46±0.99b	15.23±1.22a	14.08±1.12c	16.75±1.34d
18:2n-6	3.45±0.91a	2.19±0.17b	4.63±0.37a	2.12±0.17b	4.67±0.37a
18:3n-6	0.41±0.03a	0.34±0.03a	0.35±0.03a	0.30±0.02a	0.16±0.01b
18:3n-3	0.36±0.03a	0.35±0.03a	0.48±0.04b	0.31±0.02a	0.22±0.02c
20:2n-6	0.19±0.02a	0.31±0.02b	0.27±0.02b	0.27±0.02b	0.18±0.01a
20:3n-6	0.24±0.02a	0.17±0.01a	0.10±0.01b	0.11±0.01b	0.05±0.00c
20:4n-6	3.67±0.13a	5.04±0.40b	3.00±0.24a	3.71±0.30a	3.18±0.25a
20:5n-3	2.88±0.15a	3.22±0.26a	2.83±0.23a	2.51±0.20a	2.70±0.22a
22:5n-3	0.81±0.06a	0.87±0.07a	0.92±0.07a	1.22±0.10b	0.64±0.05c
22:6n-3	33.83±1.42a	35.04±2.80b	30.47±2.43c	31.75±2.53d	29.69±2.37e
ΣPUFA	46.85±2.78a	47.55±3.79a	43.04±3.43b	42.31±3.38c	41.49±3.31c
Σn-3 PUFA	38.89±1.67a	39.50±3.15a	34.70±2.77b	35.79±2.86b	33.24±2.65c
Σn-6 PUFA	7.96±1.11a	8.05±0.64a	8.34±0.67a	6.52±0.52b	8.25±0.66a
n-3/n-6	4.88±0.65a	4.91±0.65a	4.16±0.55a	5.49±0.73a	4.03±0.53a
ΣPUFA/ΣSFA	1.21±0.16a	1.18±0.15a	1.03±0.13a	0.97±0.12a	0.99±0.13a
AI	0.50±0.06a	0.50±0.06a	0.52±0.06a	0.55±0.07a	0.90±0.12b
TI	0.29±0.03a	0.30±0.03a	0.34±0.04a	0.34±0.04a	0.35±0.04a

4.8 Kızartma Dışındaki Yöntemlerle Pişirilen Lambukanın Toplam Lipitteki Yağ Asidi Kompozisyonu

Kızartma dışındaki teknikler olan fırında, mikrodalga fırında pişirme, ızgara ve buğulama yöntemi gibi pişirme teknikleri ile pişirilen balığın toplam lipitteki yağ asidi kompozisyonu Tablo 7’de verilmiştir. Tabloda da görüleceği gibi çiğ örnek ile kızartma dışındaki yöntemlerle pişirilen filetolarda doymuş yağ asitleri içerisinde 16:0, tekli doymamışlar içerisinde 18:1n-9, çoklu doymamışlar içerisinde ise 22:6n-3 yağ asitlerinin dominant olduğu görülmüştür. Buğulama yöntemi ile pişirilen lambuka filetolarında çiğ (kontrol) ve diğer yöntemlerle pişirilen örneklerle oranla 16:0 ve Σ SFA yüzdesi azalmış; fırında pişirmede 18:1n-9, 18:2n-6 ve Σ MUFA düzeyleri önemli oranda artmış; fırında ve ızgarada pişirme yöntemlerinde ortak olarak EPA, DPA, DHA ve bu n-3 yağ asitlerine bağlı olarak Σ n-3 PUFA yüzdeleri ile n-3/n-6 oranı önemli düzeyde azalmış, Σ n-6 PUFA ise artmıştır. Izgara yöntemi ile pişirilen örneklerde 20:4n-6 düzeyi (% 15.58), kontrol ve diğer pişirme yöntemlerinden 3 kat fazla bulunmuştur.

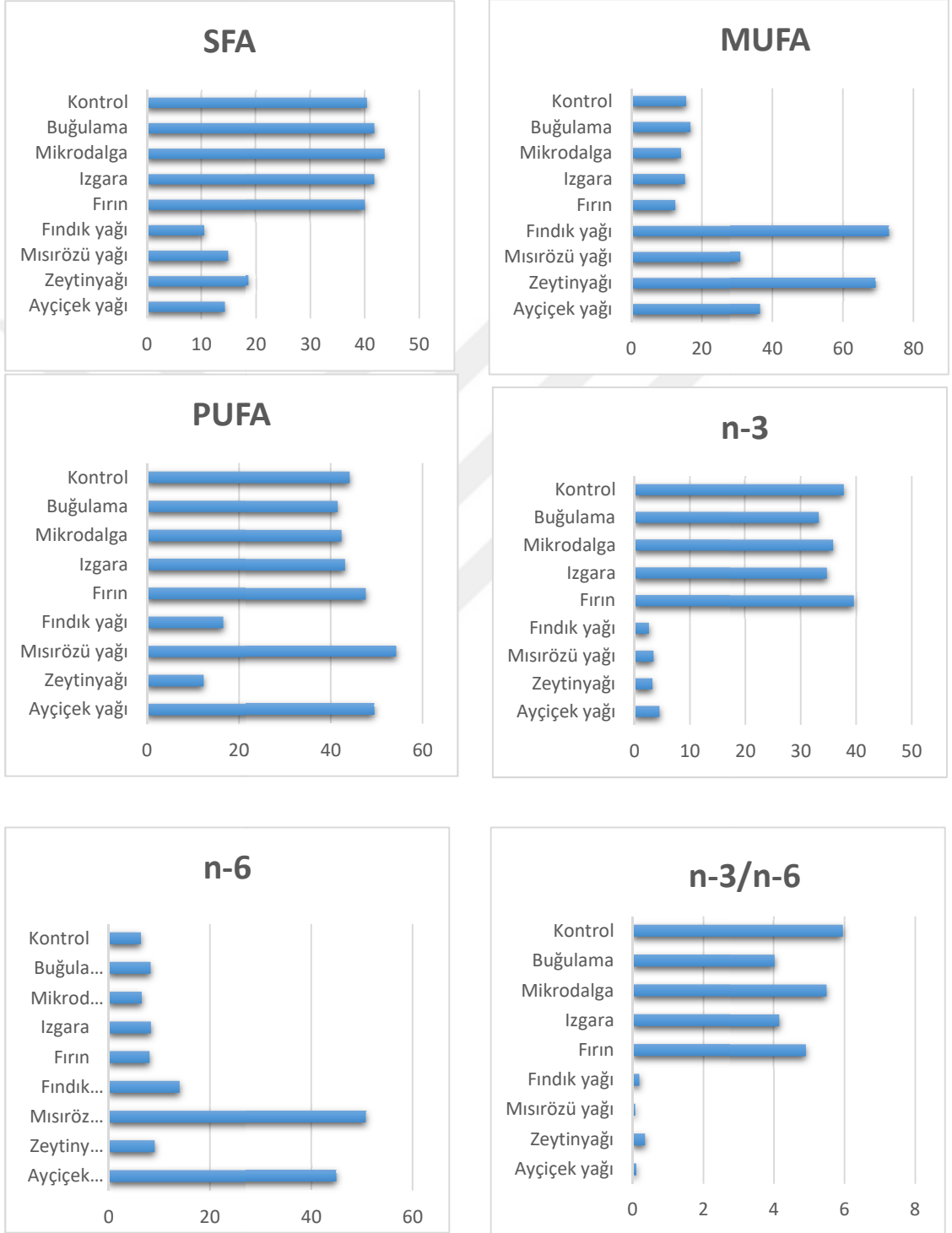
Tablo 7’de de görüldüğü gibi çiğ (ham) filetolarda 8.20 olan n-3/n-6 oranı ızgara yöntemi ile pişirilen örneklerde 1.20, fırınla pişirilenlerde 2.21 olarak bulunmuştur (Şekil 2).

Kontrole göre en düşük AI (0.31) ve TI (0.21) değeri buğulamada belirlenmiştir.

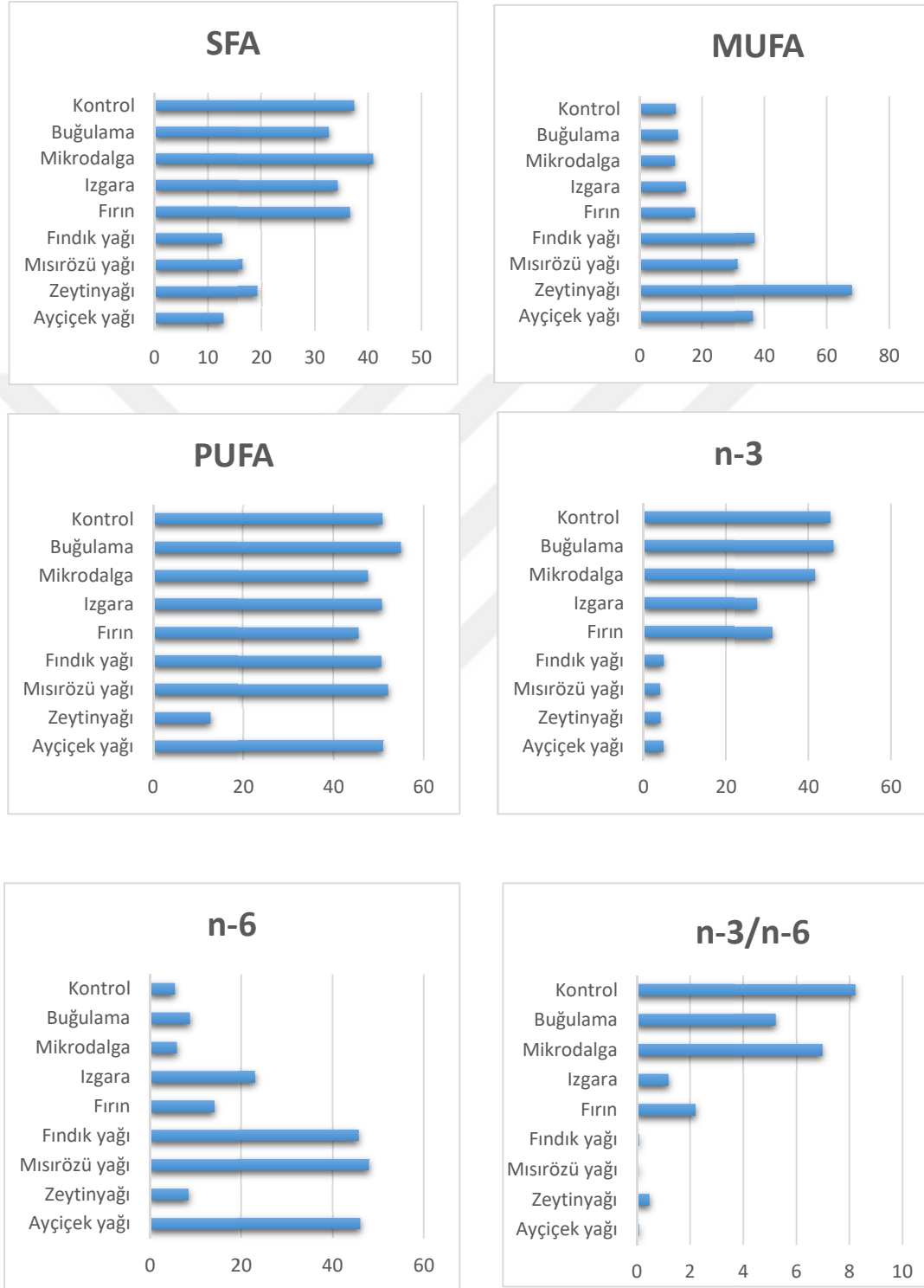
Tablo 4.7 Değişik pişirme yöntemleri ile pişirilen lambuka filetoları ile çiğ filetoların yağ asidi kompozisyonu

	Çiğ (HAM)	Fırın	Izgara	Mikrodalga	Buğulama
Yağ Asidi	(ORT±SH)*	(ORT±SH)*	(ORT±SH)*	(ORT±SH)*	(ORT±SH)*
12:0§	0.01±0.002a	0.09±0.01b	0.10±0.01b	0.18±0.02c	0.23±0.02d
14:0	0.79±0.09a	0.42±0.04b	0.39±0.05b	0.92±0.06a	0.54±0.05c
15:0	0.43±0.03a	0.28±0.03b	0.26±0.03b	0.43±0.04a	0.29±0.04b
16:0	24.07±1.73a	23.23±1.24a	20.91±1.25a	24.71±1.63a	18.63±1.06b
17:0	0.13±0.002a	0.08±0.01b	0.07±0.001b	0.76±0.08c	0.09±0.02b
18:0	11.94±0.67a	12.49±0.89a	12.58±0.99a	13.92±1.11a	12.87±0.80a
ΣSFA	37.37±2.52a	36.59±2.19a	34.31±2.33a	40.92±2.48b	32.65±2.33c
16:1n-7	0.66±0.07a	0.60±0.08a	0.54±0.06a	1.12±0.09b	0.44±0.06a
18:1n-9	10.96±1.54a	17.08±0.90b	14.34±1.12b	10.18±1.03a	11.86±1.24a
20:1n-9	0.12±0.01a	0.12±0.02a	0.02±0.003b	0.10±0.01a	0.08±0.02a
ΣMUFA	11.74±1.68a	17.80±0.99b	14.9±1.22b	11.40±1.12a	12.38±1.34a
18:2n-6	1.17±0.91a	11.24±1.17b	6.52±0.67c	1.51±0.17a	4.70±0.37d
18:3n-6	0.08±0.03a	0.14±0.03b	0.51±0.03c	0.23±0.02d	0.04±0.01e
18:3n-3	0.08±0.01a	0.22±0.03b	0.12±0.04c	0.15±0.02c	0.21±0.02b
20:2n-6	0.21±0.02a	0.18±0.02a	0.19±0.02a	0.26±0.02b	0.21±0.01a
20:3n-6	0.05±0.02a	0.11±0.01b	0.18±0.02c	0.21±0.02c	0.08±0.007ab
20:4n-6	4.01±0.33a	2.48±0.30b	15.58±1.24c	3.77±0.30a	3.80±0.25a
20:5n-3	3.66±0.45a	2.22±0.26b	1.97±0.23b	3.57±0.20a	3.30±0.22a
22:5n-3	1.06±0.16a	0.84±0.07b	0.76±0.07b	1.08±0.10a	1.60±0.15c
22:6n-3	40.50±2.42a	28.10±1.80b	24.87±1.43c	36.83±2.53d	40.96±2.37a
ΣPUFA	50.82±2.78a	45.53±2.79b	50.70±3.43a	47.61±3.38ab	54.90±3.31c
Σn-3 PUFA	45.30±3.67a	31.38±2.15b	27.72±2.77c	41.63±3.86a	46.07±3.65a
Σn-6 PUFA	5.52±0.67a	14.15±1.64b	22.98±2.67c	5.98±0.52a	8.83±0.66d
n-3/n-6	8.20±0.95a	2.21±0.25b	1.20±0.13c	6.96±0.80a	5.21±0.60d
ΣPUFA/ΣSFA	1.35±0.15a	1.24±0.14a	1.47±0.17a	1.16±0.13a	1.68±0.19b
AI	0.43±0.05a	0.39±0.04a	0.34±0.03a	0.48±0.05a	0.31±0.03a
TI	0.24±0.02a	0.32±0.03b	0.32±0.03b	0.28±0.03a	0.21±0.02a

Şekil 4.1 Farklı bitkisel yağlarda kızartılan ve değişik pişirme yöntemleri ile pişirilen akyanın total lipitteki yağ asidi değerleri (%)



Şekil 4.2 Farklı bitkisel yağlarda kızartılan ve değişik pişirme yöntemleri ile pişirilen lambukanın total lipitteki yağ asidi değerleri (%)



Çalışmamızda kızartma dışında; fırın, ızgara, mikrodalga ve buğulama gibi pişirme yöntemleri de denenmiştir. Çok fazla çift bağ içermelerinden ötürü PUFA'lar, pişirme işlemi sırasında doymuş olanlara kıyasla oksidasyona daha yatkındırlar (Hosseini vd., 2014). Yağ asidi çift bağları oksidasyona daha duyarlı olduğundan, pişirme süreleri ve sıcaklıkları yağ asidi içeriğini etkileyebilecek önemli faktörlerdir (Gladyshev vd., 2009). Bazı bireysel yağ asitleri dışında, belirtilen pişirme yöntemlerinin akyu balığının yağ asidi kompozisyonunu çok önemli düzeyde değiştirmedeği görülmüştür. Kontrol ve diğer pişirme teknikleri ile karşılaştırıldığında; fırında pişirmede 18:1n-9 ve Σ MUFA; buğulamada ise 16:0, 22:6n-3, Σ PUFA, Σ n-3 PUFA yüzdeleri ile n-3/n-6 oranında bir miktar azalma kaydedilmiştir. Palmitik asit düzeyleri; fırın, ızgara ve mikrodalgada pişirme yöntemlerinde birbirlerine yakın bulunmuştur. Kontrol (çiğ) ve fırında pişirilenlerde ise 22:6n-3 ve Σ PUFA ve Σ n-3 PUFA'nın ise diğer pişirme yöntemlerine göre daha fazla yüzdede oldukları belirlenmiştir. Pişirme yöntemleri arasında hem bireysel yağ asitleri hem de yağ asidi gruplarının yüzde değerleri bakımından ham (çiğ) filetolarına en yakın pişirme tekniğinin fırında pişirme olduğunu söyleyebiliriz. Bu bulgu daha önce yapılan çalışmalarda da ortaya konmuştur. Fırınlama işleminin; PUFA içeriği ve n-3/n-6 oranı gibi parametreler dahil olmak üzere balık etinin tüm lipid özelliklerinin korunması açısından en iyi ısı işlem olduğu birçok araştırmacı (García-Arias vd., 2003; Türkkan vd., 2008; Neff vd., 2014; Başhan, 2019) tarafından kabul edilmiştir.

Ham örnek ile kızartma dışındaki yöntemlerle pişirilen lambuka filetolarında ise akyada belirlendiği gibi, SFA'lerden palmitik asit, tekli doymamışlar içerisinde oleik asit, çoklu doymamışlar içerisinde ise DHA'nın baskın olduğu görülmüştür. Buğulama yönteminde 16:0 ve Σ SFA yüzdesi, çiğ (ham) filetolar ile diğer yöntemlerle pişirilen örnekler nazaran bir miktar azalmıştır. Fırınla pişirme yöntemlerinde; kontrol, mikrodalga ve buğulamada pişirme yöntemlerine nazaran 18:1n-9, 18:2n-6, Σ MUFA, Σ n-6 PUFA artmış, DHA, Σ PUFA, Σ n-3 PUFA yüzdeleri önemli oranda düşük bulunmuştur. Izgarada pişirme yönteminde ise kontrol ve diğer yöntemlere göre 20:4n-6 ile Σ n-6 PUFA artmış, Σ n-3 PUFA ve DHA azalmıştır (Tablo 5, Şekil 2). Elde edilen bulgulara göre buğulama ile pişirilen akyu ve lambuka filetolarında ortak olarak 16:0 azalma göstermiştir. Ancak fırında pişirmede farklı etkiler saptanmıştır. Fırında pişirilen akyada, diğer pişirme

yöntemlerine nazaran 22:6n-3, Σ PUFA, Σ n-3 PUFA artarken, lambukada bu bileşenler azalma göstermiştir. Bu bulgu aynı pişirme yöntemlerinin farklı balık türlerinin total lipitlerindeki yağ asidi kompozisyonu üzerinde değişik etkiler yapabileceğini göstermektedir. Isıl işlemin farklı balık türlerinin yağ asidi kompozisyonu üzerindeki etkisi farklılık göstermektedir. Bu durum, hem pişirme yönteminin hem de balık türünün farklı olmasına yorumlanabilir. Ayrıca, herhangi bir pişirme yöntemi için standartlaştırılmış süre ve sıcaklıkların olmaması da bu farklılıkların sebebidir (Merdzhanova vd., 2016).

Kızartma dışında denenen çeşitli pişirme teknikleri uskumru (Başhan, 2019), Ringa (Ilow ve Ilow, 2002) ve Deniz Levreğinin (Yanar vd., 2007) bireysel yağ asitleri ile yağ asitleri grubu kompozisyonu üzerinde önemli bir etki oluşturmamıştır. Buğulama işlemi, Çipura balığında 18:1n-9 ve çalışmamızda akyu filetolarında da belirlendiği gibi Σ n-3 PUFA yüzdesinde azalmaya neden olmuş, Sarı Benekli Lagos balığında ise n-3 PUFA'lerden EPA ve DHA düzeylerini değiştirmemiştir (Zahra Momenzadeh vd., 2017). Fırında ve ızgarada pişirilen Hamsi balığı (*E. encrasicholus*) filetolarında yağ asidi gruplarından Σ SFA, Σ MUFA ve Σ PUFA'lar ile 16:0, 18:0, 18:1n-9, 22:5n-3 ve 22:6n-3 düzeyleri benzer bulunmuştur (Turhan vd., 2011). Türkkan ve arkadaşları (2008), pişirmenin yağ asidi bileşimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu, fırınlama ve mikrodalgada pişirmenin sağlıklı beslenme için en iyi pişirme yöntemleri olduğunu bildirmişlerdir. Weber ve arkadaşları (2008), pişirme işleminin gümüş yayın balığının (*R. quelen*) lipit oksidasyonunu arttırdığını ancak bu artışın insan tüketimi için sınırlayıcı değere ulaşmadığını, oksidatif stabilite ve yağ asidi profili açısından da en uygun yöntemlerin ızgara ve kanola yağında kızartma olduğunu söylemişlerdir. Gladyshev ve arkadaşları (2009), ısıtıl işlemin EPA, DHA ve EPA + DHA içerikleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Siyah baltabaş balığı (*P. niger*) filetoları fırın, mikrodalga ve kızartma ile pişirilmiş, filetoların yağ içeriğinde ve yağ asidi bileşiminde en az değişikliğin fırında pişirmede olduğu gözlenmiştir (Moradi vd., 2009).

Değişik pişirme yöntemlerinin balık filetolarındaki toplam lipitteki yağ asidi kompozisyonu üzerindeki etkileri ile ilgili yapılan derlemede; ızgara ve mikrodalgada pişirme yöntemlerinin, araştırmamızda lambuka ve akyu balıklarında da belirlendiği gibi, denenen balıklarda Σ n-3 PUFA fraksiyonunda bir azalmaya yol açtıkları, uskumru'da bu iki pişirme yönteminin çalışmamızda akyu da saptandığı

gibi 16:0, 18:0 ve Σ SFA'ları önemli oranda arttırdığı, mikrodalga işleminin, sardalya ve Tuna balığında 16:0, ve toplam SFA'ları çok daha önemli oranda arttırdığı, mikrodalga ve ızgarada pişirilen sardalyada EPA, Σ PUFA ve Σ n-3 PUFA'lar azalmış, Σ MUFA'lar artmıştır (Moussa vd., 2014).

Kızartma dışındaki pişirme yöntemleri akyaya ve lambuka filetolarının toplam lipitteki n-3/n-6 oranlarını farklı şekilde etkilemiştir. Tablo 5'te görüldüğü gibi, çiğ (kontrol) akyaya balığının n-3/n-6 oranı, diğer pişirme yöntemlerinden çok önemli derecede değişiklik oluşturmamıştır. Kontrolde 4.88 olarak bulunan bu oran diğer pişirme yöntemlerinde 4.03 (buğulama) – 5.49 (mikrodalga) arasında bulunmuştur. Özellikle fırın ve ızgara yöntemleri akyanın n-3/n-6 oranını çok fazla değiştirmiştir (Tablo 5, Şekil 2). Uygulanan yöntemlerle pişirilen akyadaki n-3/n-6 oranının değişmemesinin sebebi, ısı işleminin, özellikle EPA ve DHA gibi uzun zincirli ve doymamışlık derecesi çok yüksek olan yağ asitlerinde oksidasyona neden olmaması veya balıktaki antioksidanların bunu engellemesi olabilir. Kızartma dışında denenen tekniklerin, n-3/n-6 oranını değiştirmemesi, bu yöntemlerin akyaya balığının tüketimi için sağlıklı olduğu ileri sürülebilir.

Lambukada ise mikrodalga dışında diğer pişirme yöntemleri özellikle fırın ve ızgarada pişirme yöntemleri n-3/n-6 oranını çok önemli düzeyde azaltmıştır (Tablo 7). Bunun nedeni, fırın ile pişirilen lambuka filetolarında n-6 yağ asitlerinden 18:2n-6'nın, ızgara ile pişirilenlerde ise 20:4n-6'nın çiğ filetolara oranla oldukça yüksek yüzde de bulunmasıdır. Tüm bu veriler, özellikle ısı işlemleri uygulanan fırında ve ızgarada pişirme yöntemlerinin lambuka total lipitlerindeki yağ asidi kompozisyonunu olumsuz bir şekilde değiştirdiğini göstermiştir. Denenen pişirme yöntemleri arasında her iki balık türünde de ortak olarak mikrodalgada pişirilenlerde en yüksek n-3/n-6 oranı elde edilmiştir (Tablo 5 ve 7).

N-3/n-6 oranı fırında pişirilen Şili uskumrusunda (*T. murphyi*) azalmış, mikrodalga ve buğulama işlemlerinde ise artmıştır (BastõÂas vd., 2017). Mikrodalgayla pişirilen ve buğulaması yapılan Barbunya balığında, n-6/ n-3 oranı, ham balıklara yakın değerlerde çıkmıştır (Koubaa vd., 2012). Fırın ve ızgarada pişirilen dört tatlısu balığında ise n-3/n-6 oranı azalmıştır (Neff vd., 2014). Mikrodalga, Sarı Benekli Lagos balığının yağ asitlerinde özellikle, n-6 ve n-3 bileşenlerinde önemli bir değişiklik saptanmamıştır (Zahra Momenzadeh vd., 2017). Buğulamayla pişirilen alabalıkta (*O. gorbusha*) (Gladyshev vd., 2006), ve Sarı Benekli Lagos balığında

(Zahra Momenzadeh vd., 2017), n-3/n-6 oranı ham'a yakın değerde bulunmuştur. Mikrodalgayla pişirilen ve buğulama yapılan dört tatlı su balığında (Neff vd., 2014), fırında ve mikrodalga fırınında pişirilen, buğulama, tütüleme ve ızgara yapılan uskumruda n-3/n-6 ile PUFA/SFA oranı değişmemiştir (Başhan, 2019). Bu sonuçlardan, özellikle mikrodalgada pişirilen balıklarda, diğer pişirme yöntemlerine göre n-3/n-6 oranının çok fazla değişmediği ve kontrole yakın olduğu görülmüştür.

Akyanın kontrol örneklerinin toplam lipitlerindeki yağ asidi kompozisyonunda 1.21 olarak belirlenen PUFA/SFA oranı, diğer pişirme yöntemlerinde 0.97 (mikrodalga) – 1.18 (fırında pişirme); çiğ lambukada 1.35 olarak saptanan bu oran ise 1.16 (mikrodalga) – 1.68 (buğulama) olarak tespit edilmiştir. Diğer pişirme yöntemleriyle pişirilen her iki balık filetolarında PUFA/SFA oranı, beslenme uzmanlarının önerdiği gibi bir'in üzerinde bulunmuştur. Aky ve lambukada bu oran ortak olarak mikrodalga ile pişirilen örneklerde, diğer yöntemlere ve kontrole oranla en düşük olarak tespit edilmiştir. Bunun nedeni mikrodalgada pişirilen balıklarda $\sum$ SFA'nın daha yüksek yüzdede olmasıdır.

Önceki çalışmalarda, mikrodalgayla pişirilen ve buğulama yapılan dört tatlı su balığında (Neff vd., 2014), fırında ve mikrodalgada pişirilen, buğulama, tütüleme ve ızgara yapılan uskumruda PUFA/SFA oranı değişmemiştir (Başhan, 2019).

Çiğ akyanın toplam lipitlerinin yağ asidi içeriğinde 0.50 olarak belirlenen AI, diğer pişirme yöntemlerinde 0.50 (fırın) – 0.90 (buğulama); kontrolde 0.29 olan TI, pişirilenlerde 0.30 (fırın) – 0.35 (buğulama) (Tablo 5); çiğ lambukada 0,43 olan AI, pişirme metotlarında 0.31 (buğulama) – 0.48 (mikrodalga), kontrol filetolarında 0.24 olan TI, 0.21 (buğulama) – 0.32 (fırın ve ızgara) arasında belirlenmiştir (Tablo 7). Akyada en düşük AI ve TI değerleri ortak olarak fırında pişirilen en yüksek değerler ise buğulamada pişirilenlerde görülmüştür. Bunun nedeni buğulama ile pişirilen örneklerde kontrol ve diğer yöntemlere nazaran $\sum$ n-3 PUFA, $\sum$ PUFA yüzdeleri ile n-3/n-6 oranının daha düşük olmasıdır. Aynı şekilde bu bileşenler, fırın ve ızgara ile pişirilen lambuka filetolarında da düşük oldukları için TI değerleri kontrol ve diğer yöntemlerine oranla daha yüksek bulunmuştur. Besinlerde AI değerinin 1.0 den IT değerinin ise 0.5 ten az olması önerilmektedir. (Woloszyn vd., 2020). Çalışmamızda denediğimiz her iki balığın filetolarında hem kontrol hem de değişik pişirme metotlarından saptadığımız AI ve TI değerleri diyet uzmanlarının tavsiye ettiği aralıklarda bulunmuştur.

Daha önce yapılan bir çalışmada, buğulama yöntemiyle pişirilen tirsı balığında (*A. immaculata*) AI düzeyi önemsiz istatistiksel farklılıklar gösterirken, ızgara yöntemi AI seviyesini arttırmıştır. Trombojenik indeks, her iki pişirme yönteminde artmıştır (Merdzhanova vd., 2016).

Sonbahar-kış döneminde yakalanan çiğ hamside AI 0.38, sardalyada 0.47, çaça balığında 0.31 İstavrit (sarıkanat) 0.22 bulunmuştur. TI indeksi çiğ hamside 0.14, sardalyada 0.17, çaça balığında 0.11 İstavrit (sarıkanat) 0.13 bulunmuştur. Bu çalışmanın bulgularına göre, en yüksek indeks değerlerine sahip tür sardalya olmuştur. İlkbaharda yakalanıp fırında pişirilen çaça ve istavrit balıklarında kontrole oranla AI ve TI endekslerinde azalma belirlenmiştir (Farabegoli vd., 2019).

Atatürk Baraj Gölü'nden toplanan 10 tatlı su balığında AI düzeyleri 0.49 (*Al. sellal*) – 0.85 (*C. carpio*); TI değerleri ise 0.332 (*A. sellal*) -0.92 (*C. carpio*) arasında saptanmıştır (Yakar vd., 2023). Ocak ayında toplanan hamsi balığında AI 1.52, TI ise 0.36 olarak bulunmuştur (Kaya ve Turan 2008). Doğal gökkuşağı alabalığında AI 0.45, TI ise 0.33 olarak tespit edilmiştir (Fallah vd., 2011). Izgara ile pişirme yöntemi somon balığında; ızgara ve mikrodalgada pişirme uskumru ve sardalya balıklarında AI ve TI düzeylerini arttırmıştır (Moussa vd., 2014). Çalışmamızda lambuka balığı ve diğer balık türlerinde ızgara işleminin bu indeksleri bir miktar arttırdığı görülmüştür.

4.9 Değişik Besinsel Yağlarla Kızartılan Akyanın Fosfolipit Fraksiyonlarındaki Yağ Asidi Kompozisyonu

Ayçiçek yağı, zeytinyağı, mısır özü yağı ve fındık yağı gibi bitkisel yağlarla pişirilen filetolarla çiğ (ham) filetonun fosfolipit fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonu Tablo 8'de verilmiştir. Analizlerde SFA' lardan altı, MUFA' lardan 3 ve PUFA' lardan 9 olmak üzere toplam 18 çeşit yağ asidi belirlenmiştir.

Mısır özü yağı ve fındık yağında kızartılan filetolarda; kontrol ve diğer yağlarda kızartılanlara oranla 18:1n-9, $\sum$ MUFA yüzdeleri önemli derecede artmış; $\sum$ SFA 22:6n-3, $\sum$ PUFA, $\sum$ n-3 PUFA düzeyleri ile n-3/n-6 oranı azalmıştır. Ayrıca kontrol (çiğ) örneklerde, farklı yağlarda kızartılanlara oranla 20:5n-3 ve 22:6n-3 düzeyi ile n-3/n-6 oranı artmış, 18:2n-6 ile $\sum$ n-6 PUFA azalmıştır (Şekil 3). Tüm bu veriler değerlendirildiğinde, mısır özü yağı ve fındık yağında kızartılan filetolarda fosfolipit fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonunun çiğ balıktan farklı olduğu, bu

yağlarda kızzartılan örneklerde yağ asidi kompozisyonunun önemli derecede değıştiğı görölmüşür.

Lipit bakımından besinsel kaliteyi belirleyen en önemli parametreler $\sum n-3$ PUFA yüzdeleri ile $n-3/n-6$ oranıdır. Bu parametrelerin yüksek olması arzu edilmektedir. Besinsel yağlarda kızzartılan filetolarda çığ(ham) örneklere oranla her iki önemli parametrenin de oldukça azaldığı görölmüşür. Ham örneklere 6.34 olarak tespit edilen $n-3/n-6$ düzeyi değışik yağlarda kızzartılan balıklarda 2.42 (Fındık yağında kızzartılan) - 4.25 (zeytinyağında kızzartılan) arasında bulunmuştur. Çığ örneklere, kızzartılan balıklara oranla $\sum n-3$ PUFA yüzdesi ile $n-3/n-6$ oranının fazla olmasının nedeni ham örneklere yüksek düzeyde (% 38.11) 22:6n-3 ün olmasıdır (Tablo 8, Şekil 3).

Hem çığ hem de diğör yağlarda kızzartılan filetolarda PUFA/SFA oranının 1'den yüksek olduğı görölmüşür. $\sum \text{PUFA} / \sum \text{SFA}$ oranı kontrole göre en yüksek ayçiçek yağı (1.45) ve zeytinyağında (1.29) tespit edilmiştir. Ham örneklere kıyasla en düşük AI ve TI değeri sırasıyla fındık yağı (0.28) ile zeytinyağında (0.01) bulunmuştur (Tablo 8).

Hayvanlarda değışen çevre koşullarının membran lipit yağ asidi kompozisyonu üzerine etkisini belirlemek için toplam lipitlerin fosfolipit ve triaçilgliserol fraksiyonlarındaki yağ asidi içeriğini incelemek gerekir. Çünkü yapısal lipitler olan fosfolipitler, toplam lipitlerin % 5'ini oluşturur ve eğer hayvanın toplam lipitlerinde yağ asidi analizi yapılırsa, fosfolipit yağ asitlerinde görölebilecek değışiklikler fark edilemeyebilir. Biz de çalışmamızda ayrıca her iki balık türünün fosfolipit ve triaçilgliserol fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonları üzerine değışik pişirme yöntemlerini de inceledik. Polar Lipitler olan fosfolipidler, hücre zarlarının önemli yapısal bileşenlerini ve eikosanoid öncülerini içerirler (De Leonardis ve Macciola, 2004; Fanni vd., 2004). Balık etinde bulunan ana lipit sınıflarından fosfolipitlerin miktarı yağlı balıklara nazaran yağsız balıklarda daha fazladır (Ackman, 1994). Yüksek fosfolipit içeriğine sahip balık türleri, yüksek PUFA seviyeleri nedeniyle değerli gıda ürünleri olarak kabul edilir. Önceki çalışmalar, PL bakımından zengin balık unlarının, gıda veya nutrasötiklerin değerli bir fonksiyonel bileşeni olarak kullanılabileceğini öne sürmüştür (Henna Lu vd., 2011). Son yıllarda yapılan çalışmalar, polar lipitlerin yalnızca üstün bir $n-3$ PUFA kaynağı olarak değil, aynı

zamanda farmasötik, kozmetik ve fonksiyonel gıda endüstrilerinde kullanım için yeni fırsatlar doğurmuştur (Burri vd., 2012).

Mısırözü yağı ve findık yağında kızartılan akya filetolarında; kontrol ve diğer yağlarda kızartılanlara oranla 18:1n-9, Σ MUFA yüzdeleri önemli derecede artmış; Σ SFA 22:6n-3, Σ PUFA, Σ n-3 PUFA düzeyleri ile n-3/n-6 oranı azalmıştır. Ayrıca kontrol (çiğ) örneklerde, farklı yağlarda kızartılanlara oranla 20:5n-3 ve 22:6n-3 düzeyi ile n-3/n-6 oranı artmış, 18:2n-6 ile Σ n-6 PUFA azalmıştır. Tüm bu veriler değerlendirildiğinde, mısır özü yağı ve findık yağında kızartılan filetolarda fosfolipit fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonunun çiğ balıktan farklı olduğu, bu yağlarda kızartılan örneklerde yağ asidi kompozisyonunun önemli derecede değiştiği görülmüştür. 6.34 olarak belirlenen n-3/n-6 oranı bitkisel yağlarda kızartılanlarda 2.42 (findık yağında kızartılan) – 4.25 (zeytinyağında kızartılan) arasında saptanmıştır (Tablo 8, Şekil 3).

Tablo 4.8 Farklı bitkisel yağlarda kızartılan akya ile ham (çiğ) akyanın fosfolipit fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonu

Yağ Asidi	Çiğ (HAM)	Ayçiçek Yağı	Zeytin Yağı	Mısır Özü Yağı	Fındık Yağı
	(ORT±SH)*	(ORT±SH)*	(ORT±SH)*	(ORT±SH)*	(ORT±SH)*
12:0§	0.38±0.03a	0.04±0.00b	0.07±0.00c	0.27±0.02a	0.06±0.00c
14:0	0.28±0.02a	0.28±0.02a	0.31±0.02a	0.23±0.01a	0.20±0.01a
15:0	0.20±0.01a	0.22±0.01a	0.19±0.01a	0.12±0.009b	0.13±0.01b
16:0	26.79±2.14a	23.86±1.90b	24.48±1.95b	22.12±1.76b	19.52±1.56c
17:0	0.06±0.00a	0.08±0.00a	0.08±0.00a	0.07±0.00a	0.06±0.00a
18:0	10.94±0.87a	10.96±0.87a	11.35±0.90a	8.83±0.70b	7.90±0.63b
ΣSFA	38.65±3.09a	35.44±2.83b	36.48±2.91b	31.64±2.53c	27.87±2.22d
16:1n-7	0.61±0.04a	0.37±0.02b	0.72±0.05a	0.66±0.05a	0.37±0.02b
18:1n-9	11.10±0.88a	12.66±1.01a	14.83±1.18b	29.24±2.33c	36.55±2.92d
20:1n-9	0.06±0.00a	0.06±0.00a	0.07±0.00a	0.19±0.01b	0.03±0.00c
ΣMUFA	11.77±0.94a	13.09±1.04a	15.62±1.24b	30.09±2.40c	36.95±2.95d
18:2n-6	1.82±0.14a	5.95±0.47b	4.41±0.35b	7.21±0.57c	7.57±0.60c
18:3n-6	0.28±0.02a	0.09±0.00b	0.24±0.01a	0.22±0.01a	0.15±0.01c
18:3n-3	0.18±0.01a	0.19±0.01a	0.43±0.03b	0.15±0.01a	0.20±0.01a
20:2n-6	0.16±0.01a	0.22±0.01a	0.29±0.02b	0.12±0.00a	0.15±0.01a
20:3n-6	0.06±0.00a	0.10±0.00b	0.14±0.01c	0.13±0.01c	0.08±0.00a
20:4n-6	4.43±0.35a	4.21±0.33a	4.03±0.32a	2.70±0.21b	2.31±0.18b
20:5n-3	3.65±0.29a	3.13±0.25a	2.30±0.18b	2.15±0.17b	1.73±0.13c
22:5n-3	0.91±0.07a	1.26±0.1a	2.66±0.21b	0.70±0.05a	0.70±0.05a
22:6n-3	38.11±3.04a	36.35±2.90a	33.40±2.67b	24.89±1.99c	22.29±1.78c
ΣPUFA	49.58±3.96a	51.47±4.11a	47.20±3.77b	38.27±3.06c	35.18±2.81d
Σn-3 PUFA	42.83±3.42a	40.90±3.27a	38.79±3.10b	27.89±2.23c	24.92±1.99d
Σn-6 PUFA	6.75±0.54a	10.57±0.84b	9.11±0.72b	10.38±0.83b	10.26±0.82b
n-3/n-6	6.34±0.50a	3.86±0.30b	4.25±0.34b	2.68±0.21c	2.42±0.19c
ΣPUFA/ΣSFA	1.28±0.10a	1.45±0.11a	1.29±0.10a	1.20±0.10a	1.26±0.10a
AI	0.46±0.03a	0.38±0.02a	0.41±0.03a	0.34±0.02b	0.28±0.02c
TI	0.26±0.02a	0.25±0.01a	0.00±0.00b	0.29±0.02a	0.27±0.02a

4.10 Kızartma Dışındaki Yöntemlerle Pişirilen Akyanın Fosfolipit Fraksiyonlarındaki Yağ Asidi Kompozisyonu

Kızartma dışındaki teknikler olan fırında, mikrodalgada fırında pişirme, ızgara ve buğulama yöntemi gibi pişirme teknikleri ile pişirilen balığın fosfolipit fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonu Tablo 9’da verilmiştir. Tabloda da görüleceği gibi çiğ örnek ile kızartma dışındaki yöntemlerle pişirilen filetolarda doymuş yağ asitleri içerisinde 16:0, tekli doymamışlar içerisinde 18:1n-9, çoklu doymamışlar içerisinde ise 22:6n-3 yağ asitlerinin dominant olduğu görülmüştür.

Fırında ve mikrodalgada pişirme, ızgara ve buğulama yöntemleri ile pişirilen filetoların fosfolipit yağ asidi kompozisyonlarının değiştiği görülmüştür. Örneğin; buğulama yöntemi ile pişirilen örneklerde, hem diğer yöntemlerle hem de kontrollere oranla 16:0, Σ SFA, 18:1n-9 ve Σ MUFA yüzdeleri artmış, 22:6n-3, Σ PUFA, Σ n-3 PUFA azalmıştır. Fırın ve ızgarada pişirilen örneklerde; çiğ ile buğulama ve mikrodalgada pişirilenlere oranla 22:6n-3, Σ PUFA ve Σ n-3 PUFA önemli derecede artış göstermiştir. Ham filetolar ile fırın ve ızgarada pişirilen balıklarda 16:0, Σ SFA, 18:2n-6, 20:4n-6, 20:5n-3 ve Σ n-6 PUFA düzeylerinin birbirine yakın oldukları görülmüştür (Tablo 9, Şekil 3).

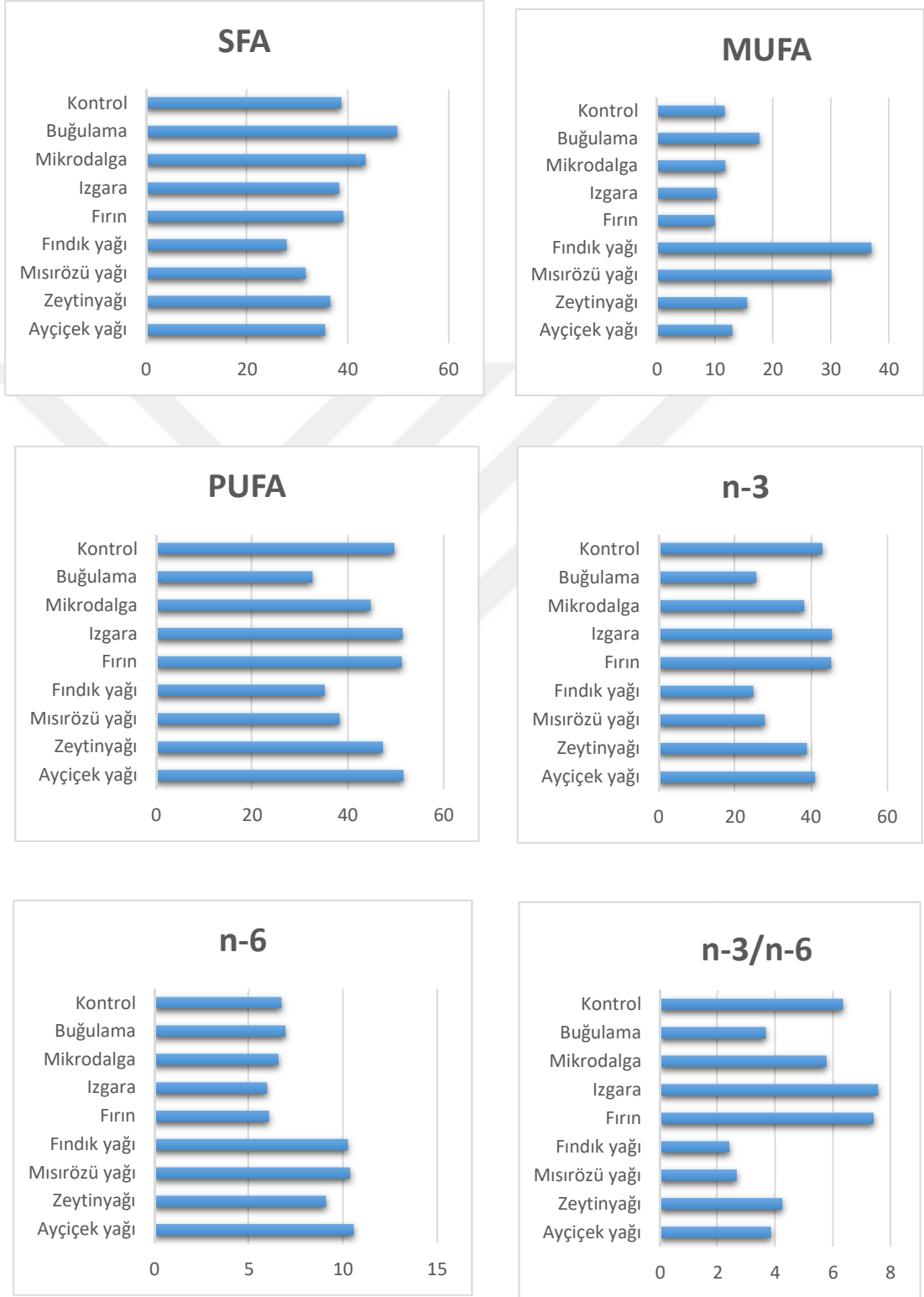
N-3/n-6 oranı kontrol filetolarında 6.75, fırında pişirilenlerde 7.40, ızgarada pişirilenlerde 7.56, mikrodalgada pişirilenlerde 5.77 ve buğulama yöntemi ile pişirilenlerde 3.68 olarak bulunmuştur. Bu verilerden, en düşük n-3/n-6 oranının buğulama ile pişirilen örneklerde görüldüğü belirlenmiştir (Tablo 9, Şekil 3).

Kızartma dışındaki tekniklerin uygulandığı akyaya filetolarının fosfolipit fraksiyonundaki yağ asidi kompozisyonunu değiştirmiştir. Örneğin, buğulama ile pişirilen akyada, kontrol ve diğer pişirme metotlarına kıyasla 16:0, Σ SFA, 18:1n-9 ve Σ MUFA yüzdeleri artmış, 22:6n-3, Σ PUFA, Σ n-3 PUFA azalmıştır (Şekil 3). Fırın ve ızgarada pişirilen örneklerde; çiğ ile buğulama ve mikrodalgada pişirilenlere nazaran 22:6n-3, Σ PUFA ve Σ n-3 PUFA yüzdeleri önemli derecede artış göstermiştir (Şekil 3). Ham filetolar ile fırın ve ızgarada pişirilen balıklarda 16:0, Σ SFA, 18:2n-6, 20:4n-6, 20:5n-3 ve Σ n-6 PUFA düzeylerinin birbirine yakın oldukları görülmüştür.

Tablo 4.9 Değişik pişirme yöntemleri ile pişirilen akya filetoları ile çiğ filetoların fosfolipit fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonu

Yağ Asidi	Çiğ (HAM) (ORT±SH)*	Fırın (ORT±SH)*	Izgara (ORT±SH)*	Mikrodalga (ORT±SH)*	Buğulama (ORT±SH)*
12:0§	0.53±0.04a	0.33±0.02a	0.04±0.00b	0.14±0.01c	0.43±0.03a
14:0	0.53±0.04a	0.37±0.02a	0.18±0.01b	0.40±0.03a	0.35±0.02a
15:0	0.32±0.02a	0.35±0.02a	0.21±0.01b	0.40±0.03a	0.46±0.03b
16:0	27.51±2.20a	27.19±2.17a	27.29±2.18a	29.11±2.32b	34.22±2.73c
17:0	0.06±0.00a	0.01±0.001b	0.33±0.02b	0.07±0.00a	0.33±0.02b
18:0	11.81±0.94a	10.77±0.86a	10.17±0.81b	13.20±1.05c	13.86±1.10c
ΣSFA	40.76±3.26a	39.02±3.12a	38.22±3.05a	43.38±3.47b	49.65±3.97c
16:1n-7	0.74±0.05a	0.55±0.04a	0.64±0.04a	1.54±0.12b	1.15±0.09b
18:1n-9	11.69±0.93a	9.15±0.73b	9.79±0.78b	10.23±0.81b	16.27±1.30c
20:1n-9	0.12±0.00a	0.18±0.01a	0.04±0.00b	0.12±0.00a	0.31±0.02c
ΣMUFA	12.55±1.00a	9.88±0.79b	10.47±0.83b	11.89±0.95ab	17.73±1.41c
18:2n-6	1.31±0.10a	1.40±0.10a	1.46±0.10a	1.90±0.15b	3.33±0.26c
18:3n-6	0.13±0.01a	0.21±0.01b	0.15±0.01a	0.12±0.01a	0.18±0.01b
18:3n-3	0.20±0.01a	0.18±0.01a	0.24±0.01a	0.33±0.02b	0.59±0.04c
20:2n-6	0.18±0.01a	0.23±0.01a	0.26±0.01a	0.18±0.01a	0.20±0.01a
20:3n-6	0.12±0.00a	0.32±0.02b	0.07±0.00c	0.08±0.00c	0.06±0.00c
20:4n-6	4.36±0.34a	3.93±0.31a	4.05±0.32a	4.32±0.34a	3.19±0.25b
20:5n-3	3.45±0.27a	3.64±0.29a	3.78±0.30a	2.65±0.21b	2.66±0.21b
22:5n-3	1.72±0.13a	1.73±0.13a	1.32±0.10a	0.97±0.07b	0.50±0.04c
22:6n-3	35.86±2.86a	39.45±3.15b	39.98±3.19b	34.14±2.73a	21.91±1.75c
ΣPUFA	47.33±2.78a	51.16±3.09b	51.31±3.10b	44.69±2.57c	32.62±2.60d
Σn-3 PUFA	41.23±3.29a	45.07±3.60b	45.32±3.62b	38.09±3.04c	25.66±2.05d
Σn-6 PUFA	6.10±0.48a	6.09±0.48a	5.99±0.47a	6.60±0.52a	6.96±0.55a
n-3/n-6	6.75±0.54a	7.40±0.59a	7.56±0.60a	5.77±0.46b	3.68±0.29c
ΣPUFA/ΣSFA	1.16±0.09a	1.31±0.10a	1.34±0.10a	1.03±0.08a	0.65±0.05b
AI	0.50±0.03a	0.47±0.03a	0.45±0.03a	0.54±0.04a	0.71±0.05b
TI	0.28±0.02a	0.25±0.01a	0.24±0.01a	0.33±0.02b	0.53±0.04c

Şekil 4.3 Farklı bitkisel yağlarda kızartılan ve değişik pişirme yöntemleri ile pişirilen akyanın fosfolipit fraksiyonlarındaki yağ asidi değerleri (%)



4.11 Değişik Besinsel Yağlarla Kızartılan Akyanın Triaçilgliserol Fraksiyonlarındaki Yağ Asidi Kompozisyonu

Ayçiçek yağı, zeytinyağı, mısır özü yağı ve fındık yağı gibi bitkisel yağlarla pişirilen filetolarla çiğ (ham) filetonun triaçilgliserol yağ asidi kompozisyonu Tablo 10'da verilmiştir. Analizlerde toplamda 18 çeşit yağ asidi belirlenmiştir.

Değişik besinsel yağlarda kızartılan filetoların triaçilgliserol fraksiyonunda kızartma işleminde kullanılan yağın çeşidine bağlı olarak kimi yağ asitleri ile yağ asidi gruplarının daha baskın oldukları görülmüştür. Örneğin zeytinyağında kızartılan örneklerde 16:0 ve $\sum$ SFA'nın, zeytinyağı ve fındık yağında kızartılanlarda 18:1n-9 ve $\sum$ MUFA'nın, ayçiçek yağı ve mısırózü yağında kızartılanlarda ise 18:2n-6, $\sum$ PUFA, $\sum$ n-6 PUFA'nın diğer yağlarda kızartılanlardan daha yüksek düzeyde oldukları belirlenmiştir. Ayrıca çiğ (ham) filetolarda 16:0, 18:0, $\sum$ SFA, 20:4n-6, 20:5n-3, 22:5n-3, 22:6n-3 ve $\sum$ n-3 PUFA yüzdelerinin, diğer tüm yağlarda kızartılan filetolardan önemli derecede daha yüksek olduğu saptanmıştır. Yağlarda kızartılan örneklerde 0.01-0.17 arasında olan n-3/n-6 oranı kontrol balıklarında oldukça artarak 2.43 olarak tespit edilmiştir (Tablo 10, Şekil 4). PUFA/SFA oranının ise Ayçiçek yağı ve mısır özü yağında kızartılan örneklerde arttığı görülmüştür.

Verilerimizden elde edilen sonuçlara göre kızartma işlemlerinde kullanılan ayçiçek yağı, zeytinyağı, mısırózü yağı ve fındık yağı gibi bitkisel yağların akya balığının triaçilgliserol fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonunu önemli oranda değiştirdiğini söyleyebiliriz.

Tablo 4.10 Farklı bitkisel yağlarda kızartılan akya ile ham (çiğ) akyanın triaçilgliserol fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonu

Yağ Asidi	Çiğ (HAM)	Ayçiçek Yağı	Zeytin Yağı	Mısır Özü Yağı	Fındık Yağı
	(ORT±SH) *	(ORT±SH) *	(ORT±SH) *	(ORT±SH) *	(ORT±SH) *
12:0§	1.51±0.12a	0.01±0.00b	0.15±0.01c	0.10±0.01c	0.01±0.00b
14:0	1.90±0.15a	0.14±0.01b	0.09±0.00c	0.13±0.01b	0.16±0.01b
15:0	0.70±0.05a	0.00±0.00b	0.04±0.00b	0.05±0.00b	0.07±0.00a
16:0	33.65±2.69a	7.74±0.61b	15.05±1.20c	11.41±0.91d	10.42±0.83d
17:0	0.26±0.02a	0.02±0.02b	0.24±0.02a	0.06±0.00c	0.05±0.00c
18:0	10.81±0.86a	1.98±0.15b	3.24±0.25c	2.05±0.16b	3.36±0.26c
ΣSFA	48.83±3.90a	9.89±0.79b	18.81±1.50c	13.80±1.10d	14.07±1.12d
16:1n-7	2.96±0.23a	0.22±0.01b	1.24±0.09c	0.23±0.01b	0.24±0.01b
18:1n-9	23.49±1.87a	35.15±2.81b	66.10±5.28c	24.18±1.93a	58.37±4.66d
20:1n-9	0.34±0.02a	0.01±0.00b	0.02±0.00c	0.06±0.00d	0.09±0.00e
ΣMUFA	26.79±2.14a	35.38±2.81b	67.36±5.38c	24.47±1.95a	58.70±4.69d
18:2n-6	4.60±0.36a	53.79±4.30b	11.33±0.90c	58.69±4.69d	24.73±1.97e
18:3n-6	0.44±0.03a	0.12±0.00b	0.25±0.02c	1.37±0.10d	0.44±0.03a
18:3n-3	0.45±0.03a	0.11±0.00b	0.62±0.04a	0.12±0.00b	0.22±0.01c
20:2n-6	0.26±0.02a	0.00±0.00b	0.01±0.00b	0.05±0.00c	0.03±0.00bc
20:3n-6	0.04±0.00a	0.00±0.00a	0.01±0.00b	0.01±0.00b	0.05±0.00a
20:4n-6	1.75±0.14a	0.31±0.02b	0.14±0.01c	0.17±0.01c	0.20±0.01c
20:5n-3	2.07±0.16a	0.06±0.00b	0.17±0.01c	0.20±0.01c	0.25±0.02c
22:5n-3	0.95±0.07a	0.02±0.00b	0.07±0.00c	0.10±0.00d	0.08±0.00d
22:6n-3	13.82±1.10a	0.33±0.02b	1.23±0.09c	1.02±0.08c	1.23±0.09c
ΣPUFA	24.38±1.95a	54.73±4.37b	13.83±1.10c	61.73±4.93d	27.23±2.17a
Σn-3 PUFA	17.29±1.38a	0.51±0.04b	2.09±0.16c	1.44±0.11c	1.78±0.14c
Σn-6 PUFA	7.09±0.56a	54.22±4.33b	11.74±0.93c	60.29±4.82d	25.45±2.03e
n-3/n-6	2.43±0.19a	0.00±0.00b	0.17±0.01c	0.02±0.00b	0.06±0.00d
ΣPUFA/ΣSFA	0.49±0.03a	5.53±0.44b	0.73±0.05a	4.47±0.35b	1.93±0.15c
AI	0.83±0.06a	0.09±0.00b	0.19±0.01c	0.13±0.01d	0.12±0.01d
TI	0.65±0.05a	0.21±0.01b	0.39±0.03c	0.29±0.02d	0.29±0.02d

4.12 Kızartma Dışındaki Yöntemlerle Pişirilen Akyanın Triaçilgliserol Fraksiyonlarındaki Yağ Asidi Kompozisyonu

Kızartma dışındaki teknikler olan fırında, mikrodalga fırında pişirme, ızgara ve buğulama yöntemi gibi pişirme teknikleri ile pişirilen balığın triaçilgliserol fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonu Tablo 11’de verilmiştir. Tablodan da anlaşılacağı gibi ham örnek ile kızartma dışındaki yöntemlerle pişirilen filetolarda doymuş yağ asitleri içerisinde 16:0 ve 18:0, tekli doymamışlar içerisinde oleik asit, çoklu doymamışlar içerisinde ise dokosahekzaenoik yağ asitlerinin majör olduğu görülür.

Farklı bitkisel yağlarda kızartılan filetolarının triaçilgliserol fraksiyonunda da saptandığı gibi fırın ve mikrodalga fırında pişirme, ızgara ve buğulama yöntemlerinde de kullanılan pişirme şekline bağlı olarak bazı yağ asidi ve yağ asidi gruplarının daha yüksek yüzde de belirlendiği görülmüştür. Örneğin, hem diğer pişirme yöntemlerine hem de çiğ (ham) olanlara oranla ızgarada pişirilen örneklerde 16:0 ve $\sum$ SFA’nın, buğulamada pişirilenlerde 18:1n-9 ve $\sum$ MUFA’nın, mikrodalgada pişirilenlerde 18:2n-6, $\sum$ PUFA ve $\sum$ n-6 PUFA’nın, fırın ve mikrodalgada pişirilenlerde ise 22:6n-3 ve $\sum$ n-3 PUFA’nın önemli olacak şekilde çok daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Çiğ örneklerle ve diğer pişirme yöntemlerine oranla buğulama ile pişirilen örneklerde önemli n-3 PUFA’lardan 20:5n-3 ile 22:6n-3 yüzdesinin de oldukça düşük olduğu saptanmış ve dolayısıyla bu yağ asitlerine bağlı olarak $\sum$ n-3 PUFA’ların da buğulama işlemi ile pişirilen filetolarda düzeyi önemli ölçüde azalmıştır (Tablo 11, Şekil 4).

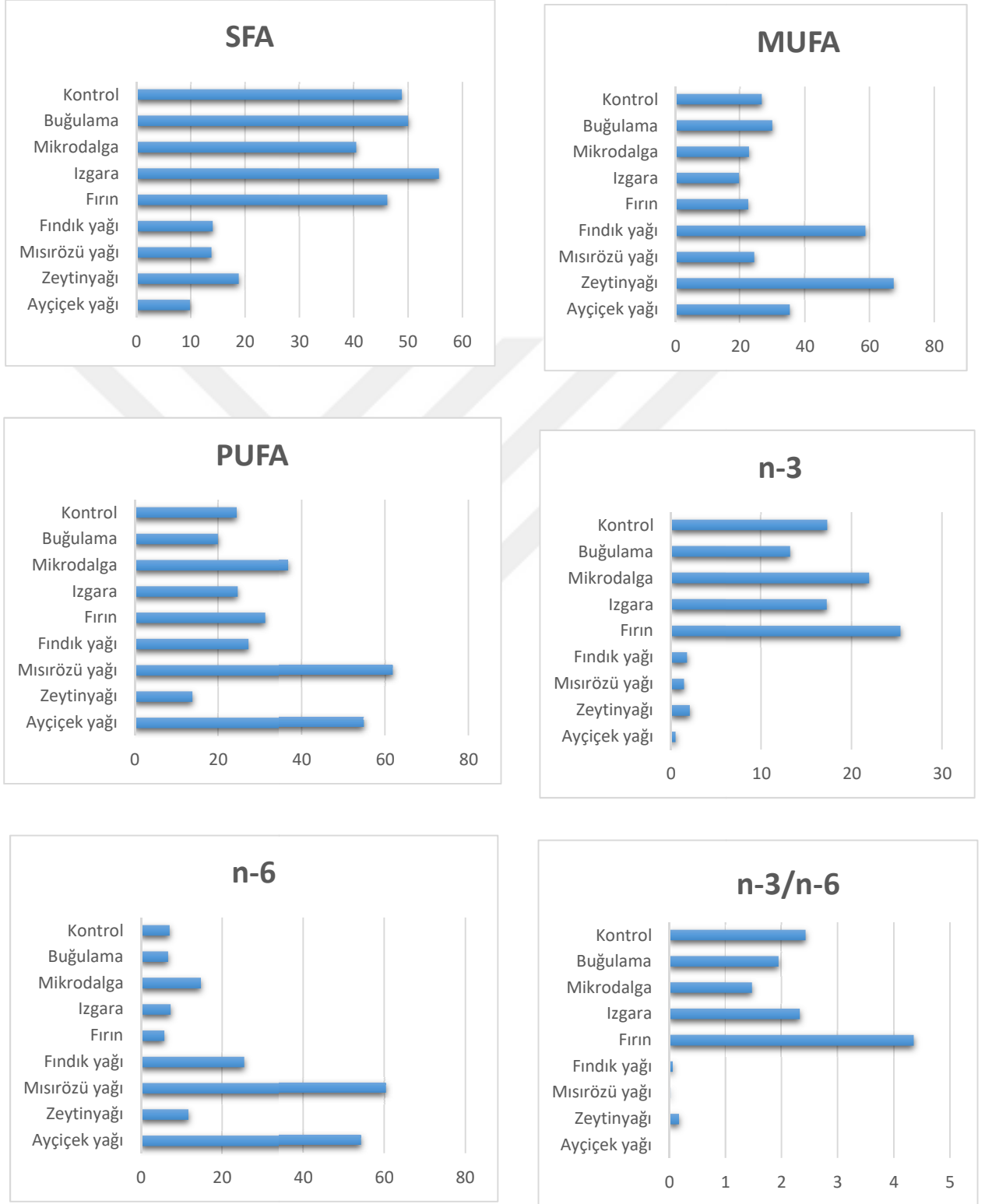
Fırında pişirilen balıklarda n-3/n-6 oranının (Tablo 11, Şekil 4), mikrodalgada pişirilenlerde ise PUFA/SFA oranının hem kontrolden hem de diğer pişirme yöntemlerinden fazla oldukları saptanmıştır. Mikrodalga ve buğulama işlemleri n-3/n-6 oranının azalmasına neden olmuştur (Tablo 11, Şekil 4). Bulgularımızdan, kızartma dışındaki pişirme yöntemlerinin akya balığının triaçilgliserol fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonunu değiştirdiği tespit edilmiştir.

AI ve TI değerleri kontrole oranla ızgara ve buğulamada yüksek, fırın ve mikrodalgada ise düşük çıkmıştır. Özellikle ızgara yönteminde AI (1.02) ve TI (0.79) düzeylerinin yüksek çıkması arzu edilen bir durum değildir (Tablo 11).

Tablo 4.11 Değişik pişirme yöntemleri ile pişirilen akya filetoları ile çiğ filetoların triaçilgliserol fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonu

Yağ Asidi	Çiğ (HAM)	Fırın	Izgara	Mikrodalga	Buğulama
	(ORT±SH)*	(ORT±SH)*	(ORT±SH)*	(ORT±SH)*	(ORT±SH)*
12:0§	1.51±0.12a	1.77±0.14a	1.48±0.11a	1.81±0.14a	5.92±0.47b
14:0	1.90±0.15a	1.92±0.15a	0.90±0.07b	0.72±0.05b	2.12±0.16a
15:0	0.70±0.05a	0.57±0.04a	0.38±0.03b	0.45±0.03b	0.29±0.02b
16:0	33.65±2.69a	30.05±2.40b	40.50±3.24c	26.66±2.13d	30.06±2.40b
17:0	0.26±0.02a	0.14±0.01b	0.21±0.01a	0.48±0.03c	0.68±0.05d
18:0	10.81±0.86a	11.73±0.93a	12.16±0.97a	10.39±0.83a	10.93±0.87a
ΣSFA	48.83±3.90a	46.18±3.69a	55.63±4.45b	40.51±3.24c	50.00±4.00a
16:1n-7	2.96±0.23a	1.99±0.15a	0.65±0.05b	1.17±0.09c	2.29±0.18a
18:1n-9	23.49±1.87a	20.16±1.61a	18.97±1.51b	21.52±1.72a	27.65±2.12c
20:1n-9	0.34±0.02a	0.46±0.03a	0.12±0.00b	0.13±0.00b	0.11±0.00b
ΣMUFA	26.79±2.14a	22.61±1.80b	19.74±1.57b	22.82±1.82b	30.05±2.40c
18:2n-6	4.60±0.36a	2.91±0.23b	4.34±0.34a	11.86±0.94c	4.85±0.38a
18:3n-6	0.44±0.03a	0.44±0.03a	0.36±0.02a	0.23±0.01b	0.39±0.03a
18:3n-3	0.45±0.03a	0.52±0.04a	0.39±0.03a	0.23±0.01b	0.57±0.04a
20:2n-6	0.26±0.02a	0.29±0.02a	0.33±0.02a	0.10±0.00b	0.21±0.01a
20:3n-6	0.04±0.00a	0.07±0.00a	0.03±0.00a	0.13±0.01b	0.10±0.01b
20:4n-6	1.75±0.14a	2.11±0.16a	2.32±0.18a	2.46±0.19b	1.19±0.09b
20:5n-3	2.07±0.16a	2.32±0.18a	3.50±0.28b	1.96±0.15a	1.42±0.11b
22:5n-3	0.95±0.07a	1.48±0.11b	0.74±0.05a	0.63±0.05a	0.74±0.05a
22:6n-3	13.82±1.10a	21.07±1.68b	12.62±1.00a	19.07±1.52b	10.48±0.83c
ΣPUFA	24.38±1.95a	31.21±2.49b	24.63±1.97a	36.67±2.93c	19.95±1.59d
Σn-3 PUFA	17.29±1.38a	25.35±2.02b	17.25±1.38a	21.89±1.75c	13.21±1.05d
Σn-6 PUFA	7.09±0.56a	5.82±0.46a	7.38±0.59a	14.78±1.18b	6.74±0.53a
n-3/n-6	2.43±0.19a	4.35±0.34b	2.33±0.18a	1.48±0.11c	1.95±0.15c
ΣPUFA/ΣSFA	0.49±0.03a	0.67±0.05b	0.44±0.03a	0.90±0.07c	0.39±0.04a
AI	0.83±0.06a	0.73±0.05b	1.02±0.07c	0.52±0.04d	0.88±0.06a
TI	0.65±0.05a	0.46±0.03b	0.79±0.06c	0.43±0.03b	0.71±0.05ac

Şekil 4.4 Farklı bitkisel yağlarda kızartılan ve değişik pişirme yöntemleri ile pişirilen akyanın triaçilgliserol fraksiyonlarındaki yağ asidi değerleri (%)



4.13 Değişik Besinsel Yağlarla Kızartılan Lambukanın Fosfolipit Fraksiyonlarındaki Yağ Asidi Kompozisyonu

Ayçiçek yağı, zeytinyağı, mısır özü yağı ve fındık yağı gibi bitkisel yağlarla pişirilen filetolarla, çiğ (ham) filetonun fosfolipit fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonu Tablo 12’de verilmiştir. Analizlerde SFA’lardan altı, MUFA’lardan 3 ve PUFA’lardan 9 olmak üzere toplam 18 çeşit yağ asidi belirlenmiştir. Değişik bitkisel yağlarda kızartılan filetoların fosfolipit yağ asidi içeriklerinin değiştiği görülmüştür. Örneğin, fındık yağında kızartılan filetolarda hem kontrol (çiğ) hem de diğer yağlarda kızartılanlara oranla 18:1n-9 ve Σ MUFA, ayçiçek ve mısırözü yağlarında kızartılanlarda 18:2n-6, Σ PUFA ve Σ n-6 PUFAyüzdeleri artmış, mısır özü yağı ve ayçiçek yağlarında kızartılan örneklerde ise 16:0 ve Σ SFA düzeyleri önemli derecede azalmıştır (Tablo 12, Şekil 5). Kontrol filetoları, yağlarda kızartılanlarla karşılaştırıldığında; 20:5n-3, 22:5n-3, 22:6n-3 yüzdeleri ile n-3/n-6 oranının önemli derecede daha yüksek, 18:1n-9, Σ MUFA ve 18:2n-6 düzeylerinin ise daha düşük olduğu görülmüştür. Yukarda da belirtildiği gibi, çiğ örneklerdeki n-3/n-6 oranı, kızartılan balıklardan daha yüksek olarak bulunmuştur. Kontrolde 7.96 olarak bulunan bu oran, ayçiçek yağında kızartılanlarda 1.03, zeytinyağında kızartılanlarda 4.99, mısırözü yağında kızartılanlarda 1.87 ve fındık yağında kızartılanlarda 1.15 olarak bulunmuştur (Tablo 12, Şekil 5). Görüldüğü gibi n-3/n-6 oranı besinsel yağlar içinde en yüksek olarak zeytinyağında en düşük ayçiçek yağında kızartılan lambuka filetolarında belirlenmiştir (Tablo 12, Şekil 5).

Hem çiğ hem de diğer yağlarda kızartılan filetolarda PUFA/SFA oranlarının 1’den yüksek olduğu görülmüştür. Besinlerde AI değerinin 1.0’den TI değerinin ise 0.5’ten az olması önerilmektedir. AI ve TI indeks verileri uzmanların önerdiği değer in altında tespit edilmiştir. Bu da sağlık açısından arzu edilen bir durumdur.

Tüm bu veriler değerlendirildiğinde besinsel yağlarda kızartılan filetolardaki fosfolipit fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonunun çiğ balıktan farklı olduğu ve bu yağlarda kızartılan örneklerde yağ asidi kompozisyonunun değiştiği görülmüştür.

Değişik bitkisel yağlarda kızartılan lambuka filetolarının fosfolipit yağ asidi içeriklerinin değiştiği görülmüştür. Örneğin, fındık yağında kızartılan filetolarda hem kontrol (çiğ) hem de diğer yağlarda kızartılanlara oranla 18:1n-9 ve Σ MUFA, ayçiçek ve mısırözü yağlarında kızartılanlarda 18:2n-6, Σ PUFA ve Σ n-6

PUFA yüzdeleri artmış, mısır özü yağı ve ayçiçek yağlarında kızartılan örneklerde ise 16:0 ve bu yağ asidine bağlı olarak Σ SFA düzeyleri önemli derecede azalmıştır (Şekil 5). Kontrol filetoları, yağlarda kızartılanlarla karşılaştırıldığında; 20:5n-3, 22:5n-3, 22:6n-3 yüzdeleri ile n-3/n-6 oranının önemli derecede daha yüksek, 18:1n-9, Σ MUFA ve 18:2n-6 düzeylerinin ise daha düşük olduğu görülmüştür (Şekil 5). Yukarda da belirtildiği gibi, çiğ örneklerdeki n-3/n-6 oranı, kızartılan balıklardan daha yüksek olarak bulunmuştur. Kontrolde 7.96 olarak bulunan bu oran, ayçiçek yağında kızartılanlarda 1.03, zeytinyağında kızartılanlarda 4.99, mısırözü yağında kızartılanlarda 1.87 ve fındık yağında kızartılanlarda 1.15 olarak bulunmuştur. Görüldüğü gibi n-3/n-6 oranı besinsel yağlar içinde en yüksek olarak zeytinyağında en düşük ayçiçek yağında kızartılan lambuka filetolarında belirlenmiştir (Tablo 12, Şekil 5).

Tablo 4.12 Farklı bitkisel yağlarda kızartılan lambuka ile ham (çiğ) lambukanın fosfolipit fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonu

Yağ Asidi	Çiğ (HAM)	Ayçiçek Yağı	Zeytin Yağı	Mısır Özü Yağı	Fındık Yağı
	(ORT±SH)*	(ORT±SH)*	(ORT±SH)*	(ORT±SH)*	(ORT±SH)*
12:0§	0.29±0.02a	0.00±0.00b	0.13±0.01c	0.35±0.02a	0.43±0.03d
14:0	1.05±0.08a	0.45±0.03b	0.47±0.03b	0.29±0.02c	0.88±0.06d
15:0	0.66±0.05a	0.25±0.02b	0.38±0.03c	0.18±0.01d	0.37±0.03c
16:0	22.03±1.75a	16.41±1.30b	19.77±1.57b	15.98±1.27b	21.52±1.71a
17:0	1.32±0.10a	0.63±0.05b	1.58±0.12a	1.02±0.08a	0.64±0.05b
18:0	12.45±0.98a	10.96±0.87a	14.68±1.16a	8.88±0.70b	6.94±0.55c
ΣSFA	37.80±3.00a	28.70±2.28b	37.01±2.94a	26.70±2.12b	30.78±2.44c
16:1n-7	0.56±0.04a	0.86±0.06b	1.34±0.10c	1.40±0.11c	0.66±0.05a
18:1n-9	13.49±1.07a	23.22±1.84b	17.30±1.37a	21.60±1.71b	32.67±2.59c
20:1n-9	0.11±0.01a	0.11±0.01a	0.23±0.02b	0.22±0.02b	0.13±0.01a
ΣMUFA	14.16±1.12a	24.19±1.92b	18.87±1.50c	23.22±1.84b	33.46±2.65d
18:2n-6	1.07±0.08a	19.98±1.59b	2.75±0.21c	13.61±1.08d	7.00±0.55e
18:3n-6	0.07±0.01a	0.17±0.02b	0.15±0.02b	0.13±0.02b	0.20±0.02b
18:3n-3	0.05±0.01a	0.19±0.02b	0.25±0.02c	0.42±0.03d	0.12±0.01e
20:2n-6	0.26±0.02a	0.10±0.01b	0.33±0.03c	0.31±0.03c	0.06±0.01d
20:3n-6	0.05±0.01a	0.12±0.01b	0.14±0.01b	0.10±0.01b	0.05±0.01a
20:4n-6	3.97±0.31a	2.70±0.21b	3.98±0.31a	3.24±0.25a	2.50±0.18b
20:5n-3	3.16±0.24a	1.92±0.15b	2.95±0.22a	2.29±0.18c	1.96±0.16b
22:5n-3	1.74±0.15a	0.53±0.04b	0.74±0.06c	0.77±0.05c	0.78±0.06c
22:6n-3	37.59±2.98a	21.34±1.69b	32.76±2.60c	29.19±2.32d	23.00±1.79b
ΣPUFA	47.96±3.62a	47.05±3.58a	44.05±3.42b	50.06±3.91c	35.67±2.81d
Σn-3 PUFA	42.61±3.28a	23.98±1.81b	36.70±2.72c	32.67±2.34d	25.86±1.76b
Σn-6 PUFA	5.35±0.41a	23.07±1.79b	7.35±0.72a	17.39±1.26c	9.81±0.89d
n-3/n-6	7.96±0.61a	1.03±0.07b	4.99±0.34c	1.87±0.14d	2.63±0.19e
ΣPUFA/ΣSFA	1.26±0.10a	1.63±0.12b	1.19±0.10a	1.87±0.12b	1.15±0.10a
AI	0.42±0.03a	0.25±0.02b	0.34±0.03a	0.23±0.02b	0.33±0.03a
TI	0.24±0.02a	0.28±0.02a	0.27±0.02a	0.20±0.02a	0.28±0.02a

Değişik besinsel yağlarda kızartma tekniklerinin aky ve lambuka filetolarının fosfolipit yağ asidi kompozisyonuna etkileri ile ilgili olarak bazı ortak bulgular saptanmıştır. Örneğin, fındık yağında kızartılan her iki balığın filetolarında kontrol ve diğer pişirme yöntemlerine nazaran 18:1n-9 ve $\sum$ MUFA artmış, mısır yağında kızartılanlarda $\sum$ SFA azalmıştır. Ayrıca aky ve lambukanın çiğ örneklerindeki EPA, DHA yüzdeleri ile n-3/n-6 oranları yağlarda kızartılanlardan daha yüksek bulunmuştur. Zeytinyağında kızartılan her iki balık türünün filetolarındaki n-3/n-6 oranı, diğer bitkisel yağlarda kızartılanlardan yüksek bulunmuştur.

4.14 Kızartma Dışındaki Yöntemlerle Pişirilen Lambukanın Fosfolipit Fraksiyonlarındaki Yağ Asidi Kompozisyonu

Kızartma dışındaki teknikler olan fırında, mikrodalga fırında pişirme, ızgara ve buğulama yöntemi gibi pişirme teknikleri ile pişirilen balığın fosfolipit fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonu Tablo 13'te verilmiştir. Tabloda da görüleceği gibi çiğ örnek ile kızartma dışındaki yöntemlerle pişirilen filetolarda doymuş yağ asitleri içerisinde 16:0 ve 18:0, tekli doymamışlar içerisinde 18:1n-9, çoklu doymamışlar içerisinde ise 22:6n-3 yağ asitlerinin baskın olduğu görülmüştür. Ancak kızartma dışındaki pişirme yöntemleri, lambuka balığı fosfolipit fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonunu değiştirmiştir.

Fırın, mikodalga ve buğulama yöntemleriyle kızartılan örneklerde 16:0 ve $\sum$ SFA; 18:1n-9 ve buna bağlı olarak $\sum$ MUFA ile 22:6n-3 $\sum$ PUFA, $\sum$ n-3 PUFA, $\sum$ n-6 PUFA yüzdeleri ve n-3/n-6 oranı ile PUFA/SFA oranları birbirine oldukça benzer olduğu görülmüştür (Şekil 5). Izgara ile pişirilen filetolardaki 16:0, $\sum$ SFA ile 18:1n-9 ve $\sum$ MUFA düzeylerinin fırın, mikrodalgada ve buğulama ile pişirme yöntemleriyle pişirilenlere oranla daha yüksek; ancak 22:6n-3, $\sum$ PUFA, $\sum$ n-3 PUFA yüzdeleri ile PUFA/SFA oranlarının daha düşük olduğu belirlenmiştir (Tablo 13, Şekil 5).

Kontrol (çiğ) filetoları diğer pişirme yöntemleri ile karşılaştırıldığında; kontrol ve ızgara yöntemleri ile pişirilen örneklerde 16:0, $\sum$ SFA, 22:6n-3, $\sum$ PUFA, $\sum$ n-3 PUFA yüzdeleri ile PUFA/SFA oranının birbirlerine yakın oldukları görülmüştür (Şekil 5). Ancak fırın ve mikrodalgada pişirme ve buğulama yöntemleri ile pişirilen balıklarda ortak olarak 16:0 ve $\sum$ SFA düzeylerinin çiğ ve ızgara ile pişirilenlere oranla daha az; 22:6n-3, $\sum$ PUFA, $\sum$ n-3 PUFA yüzdeleri ile PUFA/SFA oranının ise önemli derecede daha fazla oldukları saptanmıştır (Tablo 13, Şekil 5).

AI ve TI değerleri hemen hemen tüm pişirme yöntemlerinde kontrolden düşük bulunmuştur. Bu durum sağlık açısından istenilen bir durumdur. Kontrol örneklerinde 8.00 olarak bulunan n-3/n-6 oranı, ızgara (7.43) , mikrodalga (7.44) ve buğulamada (7.73) yöntemlerinde birbirilerine yakın değerlerde bulunmuştur. Bu oranın fınla pişirme yönteminde (9.73) ise bir miktar arttığı belirlenmiştir (Tablo 13, şekil 5).

Tüm bu veriler, özellikle ısıl işlemler uygulanan ızgara dışındaki fırın ve mikrodalgada pişirme ile buğulama yöntemlerinin lambukanın fosfolipit kompozisyonunu değiştirdiğini göstermiştir.

Kızartma dışındaki teknikler olan fırın, ızgara, mikrodalga ve buğulama ile pişirme yöntemleri lambukanın fosfolipit fraksiyonundaki yağ asidi kompozisyonunu değiştirmiştir. Fırın, mikrodalga ve buğulama yöntemleriyle pişirilen lambuka filetolarının fosfolipit yağ asidi içeriğinin ise yakın olduğu grlmştur. Örneğin bu yöntemle pişirilen filetolarda da 16:0 ve $\sum$ SFA; 18:1n-9 ve buna bağlı olarak $\sum$ MUFA ile 22:6n-3 $\sum$ PUFA, $\sum$ n-3 PUFA, $\sum$ n-6 PUFA düzeylerinin yakın olduğu saptanmıştır. Izgara ile pişirilen filetolardaki 16:0, $\sum$ SFA ile 18:1n-9 ve $\sum$ MUFA düzeylerinin fırın, mikrodalgada ve buğulama ile pişirme yöntemleriyle pişirilenlere oranla daha yüksek; ancak 22:6n-3, $\sum$ PUFA, $\sum$ n-3 PUFA yüzdeleri ile PUFA/SFA oranlarının daha düşük olduğu belirlenmiştir (şekil 5). Ayrıca iğ örneklerdeki 16:0, $\sum$ SFA yüzdeleri; fırın, mikrodalga ve buğulama ile pişirilenlere oranla önemli derecede daha yüksek; 22:6n-3, $\sum$ PUFA, $\sum$ n-3 PUFA düzeylerinin ise daha düşük olduğu belirlenmiştir (şekil 5).

Her iki balık türünde ortak bulgu; fırında pişirilenlerde kontrol filetolarına oranla 22:6n-3, $\sum$ PUFA, $\sum$ n-3 PUFA düzeylerinin daha yüksek olarak saptanmasıdır. Bu veriler, ısıl bir işlem olan fırında pişirme ile ızgarada pişirme yöntemlerinin akya ve lambuka filetolarının hücre ve organel zarlarındaki fosfolipit yağ asidi kompozisyonunu olumsuz bir şekilde değiştirmediğini göstermektedir. Balıklardaki hücre membranları, uygulanan ısıl işlemlere direnç göstermektedir. Daha önce yapılan çalışmada da benzer sonuçlar belirlenmiştir. Fırında pişirilen balıklarda özellikle n-3 PUFA'lar arasında DHA, en yüksek ısı direncini sergilemiştir. Bu yöntemle pişirilen hamsi, sardalya ve aa balıklarında fosfolipit yağ asidi profili etkilenmemiştir (Farabegoli vd., 2019). Adkins ve Kelley (2010) tarafından da

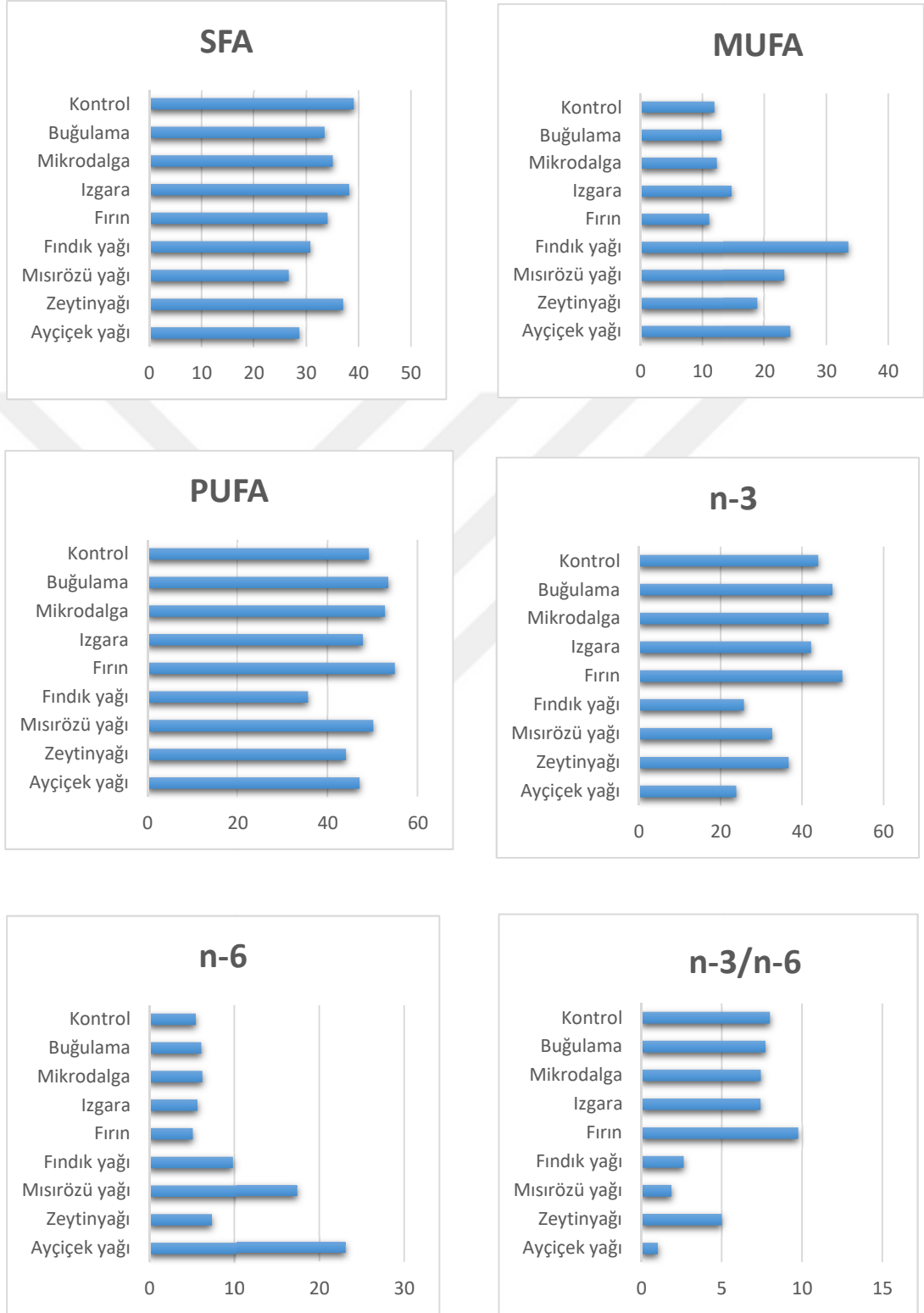
belirtildiği gibi, fosfolipitler ayrıca aynı kaynaktan triaçilgliserollere kıyasla oksidasyona karşı daha iyi direnç gösterirler.



Tablo 4.13 Değişik pişirme yöntemleri ile pişirilen lambuka filetoları ile çiğ filetoların fosfolipit fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonu

Yağ Asidi	Çiğ (HAM)	Fırın	Izgara	Mikrodalga	Buğulama
	(ORT±SH)*	(ORT±SH)*	(ORT±SH)*	(ORT±SH)*	(ORT±SH)*
12:0§	0.23±0.01a	0.00±0.00b	0.00±0.00b	0.26±0.01a	0.00±0.00b
14:0	0.44±0.02a	0.40±0.02a	0.36±0.01a	0.52±0.03a	0.43±0.02a
15:0	0.39±0.02a	0.24±0.01b	0.34±0.02a	0.34±0.02a	0.23±0.01b
16:0	22.87±1.81a	19.45±1.67a	20.95±1.74a	19.53±1.68a	17.40±1.38b
17:0	1.93±0.15a	1.55±0.12a	1.38±0.09a	1.62±0.13a	0.31±0.02b
18:0	13.20±1.04a	12.41±0.86a	15.13±1.15b	12.77±0.92a	15.13±1.15b
ΣSFA	39.06±3.10a	34.05±2.77b	38.16±3.03a	35.04±2.86b	33.50±2.79b
16:1n-7	0.68±0.05a	0.99±0.07a	0.85±0.06a	1.18±0.12b	1.55±0.15c
18:1n-9	10.92±0.93a	9.95±0.73a	13.65±1.07b	10.95±0.93a	11.40±0.90a
20:1n-9	0.26±0.02a	0.10±0.01b	0.14±0.01b	0.13±0.01b	0.05±0.00c
ΣMUFA	11.86±0.87a	11.04±0.79a	14.64±1.14a	12.26±0.97a	13.00±1.03a
18:2n-6	1.22±0.09a	1.08±0.08a	1.67±0.14b	1.44±0.11a	1.58±0.12b
18:3n-6	0.09±0.01a	0.10±0.01a	0.14±0.01a	0.16±0.01b	0.06±0.01c
18:3n-3	0.14±0.01a	0.15±0.01a	0.10±0.01b	0.12±0.01ab	0.10±0.01b
20:2n-6	0.26±0.01a	0.25±0.01a	0.21±0.01a	0.24±0.01a	0.05±0.00b
20:3n-6	0.03±0.00a	0.10±0.01b	0.12±0.01b	0.22±0.01c	0.28±0.01d
20:4n-6	3.86±0.30a	3.58±0.26a	3.53±0.25a	4.18±0.33a	4.15±0.32a
20:5n-3	2.91±0.23a	3.02±0.23a	2.70±0.19a	3.07±0.21a	2.90±0.21a
22:5n-3	1.09±0.13a	2.09±0.16b	0.83±0.06a	1.13±0.11a	1.82±0.14c
22:6n-3	39.54±3.12a	44.47±3.53b	38.51±3.05a	42.12±3.28ab	42.49±3.29ab
ΣPUFA	49.14±3.76a	54.84±3.85b	47.81±3.46a	52.68±3.21b	53.43±3.36b
Σn-3 PUFA	43.68±3.29a	49.73±3.60b	42.14±3.14a	46.44±3.62c	47.32±3.98b
Σn-6 PUFA	5.46±0.41a	5.11±0.39a	5.67±0.43a	6.24±0.52a	6.12±0.47a
n-3/n-6	8.00±0.63a	9.73±0.73b	7.43±0.52a	7.44±0.52a	7.73±0.53a
ΣPUFA/ΣSFA	1.25±0.09a	1.61±0.10b	1.25±0.10a	1.50±0.08b	1.59±0.05b
AI	0.40±0.09a	0.31±0.08a	0.35±0.06a	0.33±0.06a	0.30±0.05a
TI	0.24±0.02a	0.19±0.01a	0.25±0.02a	0.21±0.02a	0.20±0.02a

Şekil 4.5 Farklı bitkisel yağlarda kızartılan ve değişik pişirme yöntemleri ile pişirilen lambukanın fosfolipit fraksiyonlarındaki yağ asidi değerleri (%)



4.15 Değişik Besinsel Yağlarla Kızartılan Lambukanın Triaçilgliserol Fraksiyonlarındaki Yağ Asidi Kompozisyonu

Ayçiçek yağı, zeytinyağı, mısır özü yağı ve fındık yağı gibi bitkisel yağlarla pişirilen filetolarla çiğ (ham) filetonun triaçilgliserol yağ asidi kompozisyonu Tablo 14'te verilmiştir.

Farklı bitkisel yağlarla kızartılan lambuka filetolarının triaçilgliserol yağ asidi kompozisyonları karşılaştırıldığında; ayçiçek yağında kızartılan balıklarda 16:0 ve Σ SFA yüzdesinin daha az; ayçiçek ve mısırözü yağı ile kızartılan filetolarda 18:1n-9 ve Σ MUFA'nın daha düşük, yine bu yağlarda kızartılanlarda 18:2n-6, Σ PUFA, Σ n-6 PUFA düzeyleri ile PUFA/SFA oranının daha yüksek; zeytinyağı ve fındık yağında pişirilen örneklerde ise 18:1n-9 ve Σ MUFA'nın önemli olacak şekilde diğer kızartma yöntemlerine kıyasla daha fazla yüzdede oldukları tespit edilmiştir (Tablo 14, Şekil 6).

Kontrol (çiğ) lambuka balığının triaçilgliserol fraksiyonundaki yağ asitleri içeriği, değişik bitkisel yağlarla ayrı ayrı olarak kızartılan örneklerle karşılaştırıldığında; kontrollerde 16:0, 18:0 gibi doymuş yağ asitleri ve bunlara bağlı olarak Σ SFA ile 20:4n-6, 20:5n-3, 22:5n-3, 22:6n-3 ve Σ n-3 PUFA yüzdeleri daha fazla, 18:1n-9, Σ MUFA ile 18:2n-6 daha az olarak saptanmıştır (Şekil 6). Ayçiçek yağı ile kızartılan örneklerde 0.05, zeytinyağında kızartılanlarda 0.16, mısırözü yağında kızartılanlarda 0.07, fındık yağında kızartılanlarda 0.32 olan n-3/n-6 oranı kontrolde çok yüksek miktarda artarak 3.32 olarak belirlenmiştir (Tablo 14, Şekil 6). Besinsel kalite indekslerinden olan AI ve TI değerleri ise kontrolden oldukça düşük ve beslenme uzmanlarının istediği aralıkta bulunmuştur.

Değişik besinsel yağlarda kızartılan akya ve lambuka filetolarının triaçilgliserol fraksiyonunda kızartma işleminde kullanılan yağın çeşidine bağlı olarak kimi yağ asitleri ile yağ asidi gruplarının daha baskın oldukları görülmüştür. Örneğin zeytinyağında kızartılan her iki balık türünde diğer yağlarda kızartılanlara nazaran 16:0 ve Σ SFA'nın, zeytinyağı ve fındık yağında kızartılanlarda 18:1n-9 ve Σ MUFA'nın, ayçiçek yağı ve mısırözü yağında kızartılanlarda ise 18:2n-6, Σ PUFA, Σ n-6 PUFA'nın daha yüksek düzeyde oldukları belirlenmiştir. Ayrıca akya ve lambukanın çiğ (ham) filetolarında 16:0, 18:0, Σ SFA, 20:4n-6, 20:5n-3, 22:5n-3,

22:6n-3 ve $\sum n-3$ PUFA yüzdeleri ile n-3/n-6 oranı, diğer tüm yağlarda kızartılan filetolardan önemli derecede daha yüksek olduğu saptanmıştır (Şekil 6).

Verilerimizden elde edilen sonuçlara göre kızartma işlemlerinde kullanılan ayçiçek yağı, zeytinyağı, mısırözü yağı ve fındık yağı gibi bitkisel yağların akya ve lambuka balıklarının triaçilgliserol fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonunu önemli oranda değiştirdiğini söyleyebiliriz. Ayçiçek ve mısır özü yağında 18:2n-6, fındık yağı ve zeytinyağında ise 18:1n-9 çok yüksek düzeyde bulunmaktadır. Kızartma işlemi ile akya ve lambuka filetolarına geçen bu yağ asitleri ile bu yağ asitlerine bağlı yağ asidi grupları fosfolipitten ziyade triaçilgliserol fraksiyonunda toplanmıştır. Ayrıca kızartma yöntemlerine oranla, kontrol balıklarındaki 20:4n-6, 20:5n-3, 22:5n-3, 22:6n-3 yüzdelерinin fazla olmasının nedeni, bu yağ asitlerinin kızartma yağlarında mevcut olmamasından kaynaklanmaktadır. Omega 3 yağ asitlerinin fazla olması, çığ örneklerde n-3/n-6 oranının da bitkisel yağlarda kızartılan balıklardan çok daha fazla olmasına neden olmuştur (Şekil 6). Bu veriler, balıkların triaçilgliserol fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonunun, besinsel yağ asitler ile ilişkili olduğunu ve besinle alınan dominant yağ asitlerinin daha çok triaçilgliserol fraksiyonuna sokulduğunu göstermektedir.

Nötral lipidlerin yağ asidi profili, esas olarak diyetteki yağ asidi içeriğine, polar lipidlerin yağ asidi kompozisyonu ise sıcaklık ve tuzluluk gibi çevresel koşullara bağlıdır (Cordier vd., 2002).

Tablo 4.14 Farklı bitkisel yağlarda kızartılan lambuka ile ham (çiğ) lambukanın triaçilgliserol fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonu

Yağ Asidi	Çiğ (HAM)	Ayçiçek Yağı	Zeytin Yağı	Mısır Özü Yağı	Fındık Yağı
	(ORT±SH) *	(ORT±SH) *	(ORT±SH) *	(ORT±SH) *	(ORT±SH) *
12:0§	1.39±0.11a	0.08±0.00b	0.10±0.01b	0.45±0.03c	0.40±0.03c
14:0	2.09±0.15a	0.24±0.02b	0.18±0.01b	0.30±0.02c	0.32±0.02c
15:0	0.84±0.05a	0.11±0.00b	0.10±0.00b	0.28±0.02c	0.11±0.00b
16:0	31.42±2.49a	8.63±0.61b	14.51±1.20c	12.91±0.91c	12.13±0.83c
17:0	2.44±0.19a	0.15±0.01b	0.24±0.02b	0.23±0.02b	0.10±0.01c
18:0	13.26±1.05a	3.56±0.28b	3.45±0.25b	6.96±0.54c	4.09±0.32b
ΣSFA	51.44±3.90a	12.77±1.01b	18.58±1.50c	21.13±1.62d	17.15±1.12c
16:1n-7	2.13±0.14a	0.37±0.02b	1.10±0.09c	0.41±0.03b	0.83±0.04c
18:1n-9	14.94±1.15a	34.38±2.71b	67.61±5.28c	26.11±2.03d	56.57±4.42e
20:1n-9	0.28±0.02a	0.17±0.01b	0.01±0.00c	0.18±0.01b	0.25±0.02a
ΣMUFA	17.35±1.31a	34.92±2.77b	68.72±5.38c	26.70±2.12d	57.65±4.69e
18:2n-6	3.04±0.23a	48.93±3.81b	10.76±0.90c	48.32±3.76b	18.01±1.48d
18:3n-6	0.33±0.02a	0.19±0.01b	0.34±0.02a	0.11±0.00c	0.05±0.00d
18:3n-3	0.57±0.04a	0.26±0.02b	0.26±0.02b	0.76±0.06c	0.33±0.02b
20:2n-6	0.34±0.02a	0.02±0.00b	0.03±0.00b	0.23±0.02a	0.15±0.01c
20:3n-6	0.11±0.00a	0.02±0.00b	0.02±0.00b	0.05±0.00c	0.07±0.00d
20:4n-6	3.39±0.25a	0.30±0.02b	0.21±0.01c	0.39±0.02b	0.68±0.04c
20:5n-3	2.58±0.19a	0.43±0.03b	0.28±0.02c	0.30±0.02c	1.14±0.09d
22:5n-3	0.99±0.07a	0.16±0.01b	0.04±0.00c	0.12±0.01b	0.22±0.02b
22:6n-3	19.80±1.57a	1.94±0.15b	1.29±0.09b	2.47±0.19b	4.47±0.33c
ΣPUFA	31.15±2.47a	52.25±4.09b	13.23±1.10c	52.75±4.11b	25.12±2.03d
Σn-3 PUFA	23.94±1.98a	2.79±0.22b	1.87±0.13b	3.65±0.29b	6.16±0.46c
Σn-6 PUFA	7.21±0.56a	49.46±4.33b	11.36±0.93c	49.10±4.82b	18.96±1.48d
n-3/n-6	3.32±0.24a	0.05±0.00b	0.16±0.01c	0.07±0.00b	0.32±0.02d
ΣPUFA/ΣSFA	0.60±0.04a	4.09±0.32b	0.71±0.05a	2.49±0.20c	1.46±0.13d
AI	0.84±0.06a	0.11±0.00b	0.18±0.01b	0.18±0.01b	0.16±0.01b
TI	0.53±0.05a	0.24±0.02b	0.39±0.03c	0.41±0.03c	0.28±0.02b

4.16 Kızartma Dışındaki Yöntemlerle Pişirilen Lambukanın Triaçilgliserol Fraksiyonlarındaki Yağ Asidi Kompozisyonu

Kızartma dışındaki teknikler olan fırında, mikrodalga fırında pişirme, ızgara ve buğulama yöntemi gibi pişirme teknikleri ile pişirilen balığın triaçilgliserol fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonu Tablo 15’te verilmiştir. Tablodan da anlaşılacağı gibi ham örnek ile kızartma dışındaki yöntemlerle pişirilen filetolarda doymuş yağ asitleri içerisinde 16:0 ve 18:0, tekli doymamışlar içerisinde 18:1n-9, çoklu doymamışlar içerisinde ise dokosahekzaenoik yağ asitlerinin dominant olduğu görülür.

Kızartma dışındaki pişirme yöntemlerinin lambuka balığının triaçilgliserol fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonunu değiştirdiği tespit edilmiştir. Mikrodalga ve buğulama yöntemi ile pişirilen filetolarda 16:0 ve $\sum$ SFA düzeyleri kontrol ve diğer pişirme yöntemleri ile pişirilen örneklerden daha az, buğulama ile pişirilenlerde 18:1n-9, $\sum$ MUFA ve 18:2n-6 yüzdesi daha fazla, mikrodalga ile pişirilenlerde ise 20:5n-3, 22:6n-3, $\sum$ PUFA ve $\sum$ n-3 PUFA’nın önemli derecede daha fazla oldukları saptanmıştır (Tablo 15, Şekil 6).

Önemli besinsel parametrelerden n-3/n-6’nın kontroldeki değeri, fırın, ızgara ve buğulama yöntemi ile pişirilen filetolardan yüksek, mikrodalgada pişirilenlerden önemli derecede daha yüksek bulunmuştur (Şekil 6). Kızartma dışında pişirilen tüm numunelerde AI ve TI indeks değerleri beslenme uzmanlarının tavsiye ettikleri aralıkta tespit edilmiştir.

Kızartma dışındaki yöntemlerle pişirilen akya ve lambukanın triaçilgliserol fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonunun değiştiği tespit edilmiştir. Hem diğer pişirme yöntemlerine hem de çiğ (ham) olanlara kıyasla akyada, ızgarada pişirilen örneklerde 16:0 ve $\sum$ SFA’nın, buğulamada pişirilenlerde 18:1n-9 ve $\sum$ MUFA’nın, mikrodalgada pişirilenlerde 18:2n-6, $\sum$ PUFA ve $\sum$ n-6 PUFA’nın, fırın ve mikrodalgada pişirilenlerde ise 22:6n-3 ve $\sum$ n-3 PUFA’nın önemli olacak şekilde çok daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Tablo 11, Şekil 6). Çiğ örneklerle ve diğer pişirme yöntemlerine oranla buğulama ile pişirilen akya örneklerinde önemli n-3 PUFA’lardan 20:5n-3 ile 22:6n-3 yüzdesinin de oldukça düşük olduğu saptanmış ve dolayısıyla $\sum$ n-3 PUFA’ların da buğulama işlemi ile pişirilen filetolarda düzeyi

önemli ölçüde azalmıştır (Tablo 11, Şekil 6). Mikrodalga ve buğulama yöntemi ile pişirilen lambuka filetolarında ise 16:0 ve $\sum$ SFA düzeyleri kontrol ve diğer pişirme yöntemleri ile pişirilen örneklerden daha az, buğulama ile pişirilenlerde 18:1n-9, $\sum$ MUFA ve 18:2n-6 yüzdesi daha fazla, mikrodalga ile pişirilenlerde ise 20:5n-3, 22:6n-3, $\sum$ PUFA ve $\sum$ n-3 PUFA'nın önemli derecede daha fazla oldukları saptanmıştır (Tablo 15, Şekil 6).

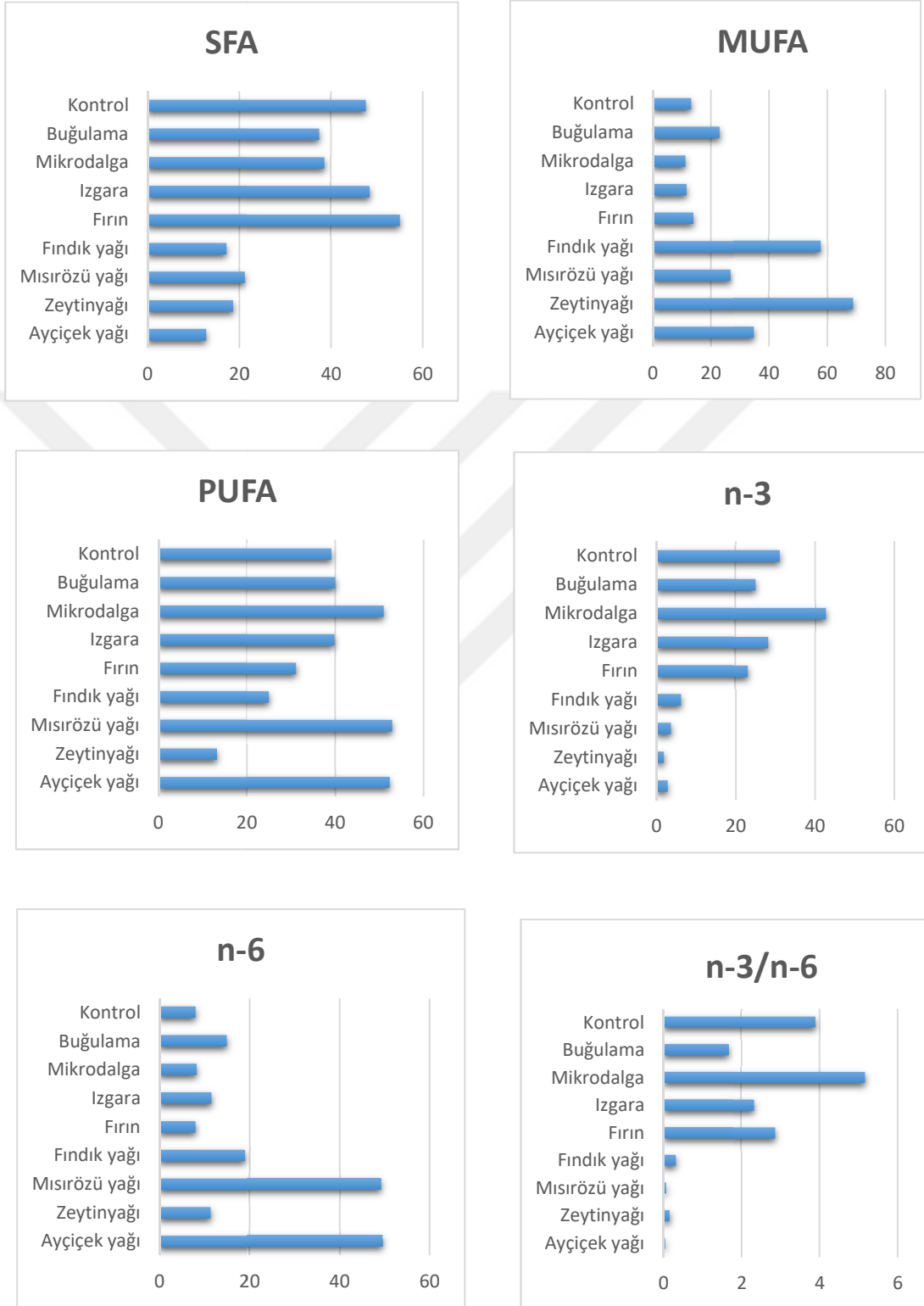
Her iki balık türünde de ortak bulgu buğulama ile pişirilenlerde 18:1n-9 ve $\sum$ MUFA düzeylerinin yüksek olmasıdır.

Hamside sonbaharda yakalanan örneklerde fırınlama işleminde nötral lipitte $\sum$ SFA arttı, EPA, DHA ve $\sum$ n-3 PUFA azaldı (Aynı bulgular çalışmamızda lambukanın fırında pişirilen total lipitlerindeki yağ asidi kompozisyonunda da saptanmıştır). Sardalya balığında ilkbaharda yakalanan örneklerde 16:0 ve $\sum$ SFA arttı, EPA, DHA ve $\sum$ n-3 PUFA azaldı (Aynı bulgular çalışmamızda lambukanın fırında pişirilen total lipitlerindeki yağ asidi kompozisyonunda da saptanmıştır). Çaçı balığında örnekler kış ve ilkbaharda toplanmıştır. Fırında pişirme işlemi balığın majör ve diğer bileşenlerinde önemli bir farklılık oluşturmamıştır. İstavrit (sarı kanat) balığında 6:0 ve $\sum$ SFA, EPA, DHA $\sum$ PUFA ve $\sum$ n-3 PUFA biraz azalmış, 18:1n-9 ve $\sum$ MUFA biraz artmıştır (Farabegoli vd., 2019).

Tablo 4.15 Değişik pişirme yöntemleri ile pişirilen lambuka filetoları ile çığ filetoların triaçilgliserol fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonu

Yağ Asidi	Çığ (HAM)	Fırın	Izgara	Mikrodalga	Buğulama
	(ORT±SH)*	(ORT±SH)*	(ORT±SH)*	(ORT±SH)*	(ORT±SH)*
12:0§	0.67±0.05a	1.86±0.14b	0.50±0.04a	0.46±0.04a	0.00±0.00c
14:0	1.27±0.09a	1.28±0.09a	0.80±0.06b	1.14±0.08a	1.34±0.10a
15:0	0.64±0.05a	0.73±0.06a	0.56±0.04a	0.43±0.04b	0.49±0.05ab
16:0	30.01±2.38a	34.37±2.73b	31.94±2.53ab	23.62±1.97c	23.86±1.98c
17:0	2.71±0.20a	2.58±0.17a	2.07±0.15a	1.44±0.11b	1.37±0.10b
18:0	12.27±0.96a	14.15±1.12b	12.57±0.99a	11.53±0.91a	10.40±0.82c
ΣSFA	47.57±3.78a	54.97±4.33b	48.44±3.85a	38.62±3.06c	37.46±2.97c
16:1n-7	1.96±0.15a	1.91±0.13a	1.81±0.11a	0.58±0.04b	0.93±0.07c
18:1n-9	11.11±0.88a	11.86±0.91a	9.74±0.77a	10.34±0.89a	21.87±1.73b
20:1n-9	0.17±0.01a	0.23±0.02a	0.14±0.01a	0.34±0.03b	0.19±0.01a
ΣMUFA	13.24±1.05a	14.00±1.11a	11.69±0.92a	11.26±0.86a	22.99±1.81b
18:2n-6	4.06±0.32a	4.61±0.36a	8.09±0.64b	3.71±0.28a	12.00±0.95c
18:3n-6	0.39±0.03a	0.36±0.03a	0.23±0.02b	0.44±0.04a	0.24±0.02b
18:3n-3	0.28±0.02a	0.26±0.02a	0.26±0.02a	0.46±0.04b	0.31±0.03a
20:2n-6	0.20±0.02a	0.23±0.02a	0.15±0.01a	0.24±0.02a	0.26±0.02a
20:3n-6	0.03±0.00a	0.10±0.01b	0.11±0.01b	0.19±0.02c	0.15±0.01bc
20:4n-6	3.32±0.24a	2.75±0.16a	2.97±0.18a	3.68±0.31a	2.28±0.09b
20:5n-3	3.89±0.30a	2.62±0.18b	2.95±0.28b	5.12±0.40c	2.84±0.19b
22:5n-3	0.83±0.07a	0.86±0.07a	0.76±0.06a	1.17±0.08b	0.93±0.08a
22:6n-3	26.12±2.07a	19.41±1.56b	24.27±1.92a	35.85±2.84c	20.98±1.66b
ΣPUFA	39.12±3.10a	31.20±2.48b	39.79±3.16a	50.86±4.04c	39.99±3.17a
Σn-3 PUFA	31.12±2.47a	23.15±1.84b	28.24±2.24c	42.60±3.38d	25.06±1.99bc
Σn-6 PUFA	8.00±0.63a	8.05±0.64a	11.55±0.91b	8.26±0.67a	14.93±1.18c
n-3/n-6	3.89±0.30a	2.87±0.22b	2.33±0.18b	5.15±0.40c	1.67±0.13d
ΣPUFA/ΣSFA	0.82±0.06a	0.56±0.04b	2.44±0.19c	1.31±0.10d	1.06±0.09d
AI	0.68±0.06a	0.91±0.08b	0.69±0.06a	0.46±0.04c	0.46±0.04c
TI	0.40±0.04a	0.59±0.05b	0.45±0.04a	0.25±0.02c	0.37±0.03a

Şekil 4.6 Farklı bitkisel yağlarda kızartılan ve değişik pişirme yöntemleri ile pişirilen lambukanın triaçilgliserol fraksiyonlarındaki yağ asidi değerleri (%)



4.17 Akya ve Lambuka Balıklarının Fosfolipit ve Triaçilgliserol Fraksiyonlardaki Yağ Asitleri Kompozisyonunun Karşılaştırılması

Tablolarda da görüldüğü gibi filetoların fosfolipit ve triaçilgliserol fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonları farklı bulunmuştur. Örneğin hem çiğ(ham) hem de değişik yağlarda kızartılan akya filetoların PL fraksiyonundaki 16:0, 18:0, 20:4n-6, 20:5n-3 ve 22:6n-3 gibi yağ asitleri ile yağ asidi gruplarından Σ SFA, Σ n-3 PUFA ile n-3/n-6 oranı TAG'den daha yüksek, 18:1n-9, 18:2n-6 gibi yağ asitleri ile yağ asidi gruplarından Σ MUFA daha az yüzde de bulunmuştur. Değişik besinsel yağlarda kızartılan lambuka balıklarının da fosfolipit ve triaçilgliserol yağ asidi içeriklerinin de farklı oldukları görülmüştür. Örneğin, fosfolipit fraksiyonu, triaçilgliserol fraksiyonuna kıyasla 16:0, 18:0, 20:4n-6, 20:5n-3, 22:5n-3, 22:6n-3 gibi yağ asitleri ile Σ SFA, Σ n-3 PUFA gibi yağ asidi grupları bakımından daha zengin, 18:1n-9, 18:2n-6 gibi yağ asitleri ile Σ n-6 PUFA açısından daha fakir olduğu belirlenmiştir. Her iki balık türünün hem çiğ hem de değişik pişirme yöntemleri ile pişirilen filetoların fosfolipit fraksiyonundaki n-3/n-6 oranı triaçilgliserolden önemli derecede daha yüksek bulunmuştur.

Günümüzde, potansiyel besin değerleri ve benzersiz biyofiziksel özellikleri nedeniyle, özellikle PL için deniz polar lipidlerine artan bir ilgi vardır, dolayısıyla bunların uygulanması, insanlar için birçok hastalığının önlenmesi ve tedavisinde umut verici yeni bir diyet yaklaşımı olabilir. Nötral lipidler ile karşılaştırıldığında deniz kaynaklı fosfolipitler; daha fazla besin değeri, daha yüksek biyoyararlanım ve n-3 PUFA'nın bağırsakta daha fazla emilimi, AA, EPA ve DHA'nın sn-2 pozisyonundaki esterleşmeden kaynaklanan özellikler gösterir (Parmentier vd., 2007); fosfolipitler ayrıca aynı kaynaktan triaçilgliserollere kıyasla oksidasyona karşı daha iyi direnç gösterirler (Adkins ve Kelley, 2010).

Çalışmamızda araştırma materyali olarak kullandığımız akya ve lambuka filetolarının fosfolipit ve triaçilgliserol fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonları farklı bulunmuştur. Örneğin hem kontrol hem de değişik yağlarda kızartılan akya filetoların fosfolipit fraksiyonundaki 16:0, 18:0, araşidonik asit, EPA ve DHA gibi yağ asitleri ile yağ asidi gruplarından Σ SFA, Σ n-3 PUFA ile n-3/n-6 oranı triaçilgliserolden daha yüksek; oleik asit, linoleik asit gibi yağ asitleri ile yağ asidi gruplarından Σ MUFA daha az yüzde de tespit edilmiştir. Değişik besinsel yağlarda

kızartılan lambuka balıklarının da PL ve TAG yağ asidi içeriklerinin de farklı oldukları görülmüştür. Örneğin, fosfolipit fraksiyonu, triaçilgliserol fraksiyonuna kıyasla 16:0, 18:0, 20:4n-6, 20:5n-3, 22:5n-3, 22:6n-3 gibi yağ asitleri ile Σ SFA, Σ n-3 PUFA gibi yağ asidi grupları bakımından daha zengin, oleik asit, linoleik asit gibi yağ asitleri ile Σ n-6 PUFA bakımından daha fakir olduğu belirlenmiştir. Balıkların hem çiğ hem de değişik pişirme yöntemleri ile pişirilen filetoların fosfolipit fraksiyonundaki n-3/n-6 oranı triaçilgliserolden önemli derecede daha yüksek bulunmuştur.

Daha önce yapılan bir çalışmada fosfolipitlerde; AA, EPA, DHA, Σ PUFA, Σ n-3 PUFA, Σ n-6 PUFA; TAG'de ise 18:0 (% 5.00'e karşı % 10.40), 18:2n-6, Σ SFA, Σ MUFA daha fazla bulunmuştur. İlginç olan bulgu, AA oranı PL'de fazla olduğu için (% 2.60'ya karşı % 8.40), her iki fraksiyonda n-3/ n-6 oranı benzer bulunmuştur (Rueda vd., 1997).

Akya, lambuka ve diğer bazı balıkların yağ asidi analizinin yapıldığı bir çalışmada, akya ve lambuka balıklarının PL fraksiyonunda çoklu doymamış yağ asitlerinden; AA, EPA, DHA, Σ PUFA, Σ n-3 PUFA yüzdeleri ile n-3/n-6 oranının çok önemli derecede daha fazla; TAG fraksiyonunda ise 16:0, Σ SFA ve 18:2n-6'nın fazla olduğu saptanmıştır (Akgül, 2019).

Passi ve arkadaşlarının (2002), Akdeniz'den topladıkları yirmibir balık türü ile ilgili yaptıkları bir araştırmada PL fraksiyonunda DHA ve Σ PUFA, TAG fraksiyonunda ise EPA, oleik asit, 20: 1n-9 ve Σ MUFA daha fazla bulunmuştur. AA ise bazı balıklarda PL de bazılarında TAG de biraz daha fazla yüzde de belirlenmiştir (Passi vd., 2002).

Pişirmenin, yağ asitlerinin yüzdelerinde türe ve mevsime bağlı olarak önemli değişiklikler sergilediği bilinen bir durumdur. Pişirmenin polar yağ asidi üzerindeki etkisi ısıl işlem后会 sonra, özellikle palmitik asitte (16:0) kayda değer bir düşüş oluşturmuş, bahar ayında avlanan sardalya balığının SFA seviyesinde önemli bir azalma göstermiştir. Ancak, sonbaharda avlanan hamsi balığında ve ilkbaharda ayında yakalanan istavritte aynı yağ asitleri belirgin bir şekilde daha yüksek değerler göstermiştir. Çaç ve istavrit balığında, hamsi ve sardalya balığına oranla SFA miktarları pişirme ve mevsimden daha az etkilenmiştir. Pişirmenin polar lipid üzerindeki etkisi, özellikle sonbaharda toplanan sardalya balıklarının MUFA içeriğinde önemli bir azalmaya neden olmasına rağmen hamside artış

gözlemlenmiştir. Pişirme işlemi fosfolipit fraksiyonunda, Σ PUFA'da sadece sonbaharda yakalanan hamside önemli düşüşe neden olmuştur. Σ n-6 PUFA için, pişirmenin etkisi ilkbaharda avlanan istavritte ve sonbaharda avlanan hamsi ve sardalya balıklarında toplam konsantrasyonda küçük bir düşüşten ibaret olduğu görülmüştür. Fosfolipit fraksiyonunda pişirme işleminin Σ n-3 PUFA üzerindeki etkileri ağırlıklı olarak sonbaharda yakalan hamsi ve sardalyada; önceki türlerde önemli DHA kaybına ve dolayısıyla Σ n-3 PUFA'da önemli bir azalmaya neden olmuştur; sonrakilerde ise DHA hariç tüm Σ n-3 PUFA'larda önemli kayıplar görülürken, ilkbaharda EPA ve DHA'nın arttığı görülmüştür (Farabegoli vd., 2019). Nötral lipitler, analiz edilen her türde Polar lipitlere kıyasla pişirme süreçlerine karşı farklı bir davranış göstermiştir, Nötral lipitlerin; SFA, MUFA ve n-6 PUFA içerikleri oldukça kararlıdır veya su kaybından dolayı pişmiş filetolarda yoğun olarak bile bulunabilirler. Ancak, Σ n-3 PUFA'nın eğilimi polar lipitlere çok benzerdir. Çünkü düşüşler sonbaharda hamsi, bahar ayında ise sardalyalarda esas olarak DHA'daki kayıp nedeniyle kaydedilir (Farabegoli vd., 2019).

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu çalışmada deniz balıklarından akyaa (*L. amia*) ve lambuka (*C. hippurus*) balıklarının toplam nem, toplam lipit ile fosfolipit ve triağılglicerol fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonu üzerine; fındık yağı, zeytinyağı, mısır özü yağı ve ayçiçeğı yağı gibi bitkisel yağlarda kızartma ile fırında ve mikrodalgada pişirme, ızgara ve buğulama gibi kızartma teknikleri dışındaki pişirme yöntemlerinin etkileri araştırılmıştır.

- 1) Tüm pişirme yöntemleri her iki balık türü filetoalarının toplam nem içeriğini azaltmıştır. Çiğ (ham) akyada % 73.36 olan toplam nem miktarı; yağda kızartılanlarda % 60.69 (fındık yağında kızartma) - % 66.06 (zeytinyağında kızartma); kızartma dışında % 43.12 (mikrodalgada pişirme) - % 69.95 (buğulama) arasında bulunmuştur. Çiğ lambukada % 74.95 olan toplam nem miktarı; yağda kızartılanlarda % 63.86 (ayçiçek yağında kızartma) - % 67.04 (mısır özü yağında kızartma); kızartma dışında % 52.53 (fırında pişirme) - % 67.79 (buğulama) arasında saptanmıştır. Her iki balık filetoalarında toplam nem miktarında azalma en az buğulama ile pişirmede belirlenmiştir.
- 2) Bitkisel yağlarda kızartılan akyaa ve lambuka filetoalarının toplam lipit miktarı artmıştır. Çiğ akyada % 1.89 olan toplam lipit miktarı; yağlarda kızartılanlarda % 4.11 (zeytinyağında kızartma) - % 8.14 (ayçiçek yağında kızartma); Çiğ lambukada % 1.58 olan toplam lipit miktarı; yağlarda kızartılanlarda % 4.48 (zeytinyağında kızartma) - % 6.39 (fındık yağında kızartma) arasında bulunmuştur. Çiğ balıklardan elde edilen veriler, akyaa ve lambukanın yağsız balıklar olduğunu göstermektedir. Her iki balık türünde de ortak bulgu, kızartma yönteminde toplam lipitte en az artış zeytinyağında kızartılan filetolarda tespit edilmiştir. Kızartma dışında pişirilen akyada toplam lipit, % 1.09 (buğulama) - % 2.54 (ızgara); lambukada ise % 1.03 (ızgara) - % 1.92 (mikrodalgada pişirme) arasında saptanmıştır.
- 3) Çalışmamızda akyaa ve lambukanın filetoalarında toplam lipitteki yağ asidi analizinde belirlenen dominant bileşenlerin benzer olduğu görülmüştür. Bu yağ asitlerinin başlıcaları; SFA'lerden 16:0, tekli doymamış yağ asitlerinden 18:1n-9, çoklu doymamış yağ asitlerinden 22:6n-3 olduğu görülmüştür.

Ancak bu yağ asitlerinin yüzde içerikleri her iki balık türünde farklı bulunmuştur.

- 4) Pişirme yöntemlerinin akya ve lambuka filetolarının toplam lipitteki yağ asidi kompozisyonunu değiştirdiği belirlenmiştir. Fındık yağı, zeytinyağı, mısır özü yağı ve ayçiçek yağı gibi bitkisel yağlarda ayrı ayrı kızartılan akya ve lambuka filetolarında ortak olarak kontrole nazaran; 16:0, 18:0 ve Σ SFA yüzdeleri önemli oranda azalmış, zeytinyağı ve fındık yağında kızartılan filetolarda 18:1n-9 ile Σ MUFA; ayçiçek yağı ve mısırözü yağında kızartılanlarda ise 18:2n-6 ve Σ n-6 PUFA yüzdeleri ile PUFA/SFA oranları önemli derecede artmıştır. Çiğ (kontrol) akya ve lambuka filetolarında 20:4n-6, 20:5n-3, 22:5n-3, 22:6n-3, Σ n-3 PUFA düzeyleri ile n-3/n-6 oranının, değişik besinsel yağlarla kızartılan filetolardan önemli derecede daha fazla oldukları görülmüştür. Verilerimizden, yağlarda pişirme tekniğinin akya ve lambuka total lipit kompozisyonunu önemli ölçüde değiştirdiğini söyleyebiliriz. Denenen yağlar içerisinde, en yüksek n-3/n-6 oranına sahip filetoların, zeytinyağı ile kızartılanlar olduğu belirlenmiştir.
- 5) Besinlerdeki lipitlerin besinsel kalitesini belirleyen en önemli parametrelerden biri olan n-3/n-6 oranı çiğ akya filetolarında (4.88-5.95), çiğ lambukada ise (7.47-8.20) arasında saptanmıştır. Bu sonucun beslenme uzmanlarının önerdiği aralığın çok üstünde olması, her iki balık türünün besin değerinin yüksek olduğunu gösterir.
- 6) Lambuka balığının n-3/n-6 oranı akyadan daha yüksek olduğu için lambukanın daha yüksek besin değerine sahip olduğunu söyleyebiliriz. Besinsel yağlarda kızartılan akya ve lambuka filetolarında n-3/n-6 oranı çok önemli derecede azalma göstermiştir. Bunun nedeni, ayçiçek ve mısırözü yağlarında kızartılan örneklerde 18:2n-6 ile bu yağ asidine bağlı Σ n-6 PUFA'nın kontrole nazaran önemli derecede yüksek; 20:5n-3, 22:5n-3 ve 22:6n-3 gibi n-3 yağ asitlerinin de düşük olmasıdır. Denenen bitkisel yağlar arasında, zeytinyağında kızartılan her iki balık türünde diğer yağlara kıyasla n-3/n-6 oranı daha yüksek bulunmuştur. N-6 PUFA'lardan 18:2n-6 yağ asidinin ayçiçek yağı ile mısır özü yağında oldukça yüksek yüzdede bulunması, bu yağlarda kızartılan filetoların n-3/n-6 oranının kontrole nazaran düşük olmasına neden olmuştur.

- 7) PUFA/SFA oranı gıdaların besinsel kalitesini belirlemede kullanılan bir diğer parametredir. Beslenme uzmanlarına göre diyet lipidlerindeki PUFA/SFA oranı en az 1 olmalıdır. Dünya Sağlık Örgütü, bu oranın, sağlıklı bir diyet için 0.4 ten fazla olmasını önermektedir. Araştırmamızda PUFA/SFA değeri çığ (ham) akyada (1.09-1.21), lambukada ise (1.31-1.35) arasında bulunmuştur. Bu çalışmada; ayçiçek yağı, mısır özü yağı ve fındık yağında kızartılan aky ve lambuka filetolarında PUFA/SFA oranı kontrole kıyasla önemli derecede artmış; zeytinyağında kızartılanlarda ise azalmıştır. En fazla artış oranı ayçiçek ve mısırözü yağında kızartılanlarda belirlenmiştir. Bunun nedeni bu yağlarda kızartılan balıklarda PUFA'lerden 18:2n-6'nın çok yüksek düzeyde olmasından kaynaklanmaktadır. Besinsel lipid kalite indekslerinden n-3/n-6 oranı ile PUFA/SFA oranı paralel gitmemektedir. Örneğin bir n-6 yağ asidi olan 18:2n-6 artışı PUFA/SFA oranını artırırken, n-3/n-6 oranını ise azaltmaktadır.
- 8) Diyetteki lipidlerin kalitesini belirleyen diğer parametrelerden AI ve TI indeksleri; lipidlerin, koroner hastalık gelişimi ve besin kalitesi üzerine potansiyel etkilerinin göstergeleridir. Bu indeksler, belirli yağ asidi gruplarının göreceli içeriğine bağlı olan lipid kalitesinin de ölçütleridirler. Aterojenik indeks ve Trombojenik indeksin koroner hastalık indeksleri olması nedeniyle düşük değerlere sahip olması istenir. AI değeri düşük gıdalar; plak oluşumunu inhibe edip, kolesterol ve fosfolipit seviyelerini azaltıcı etki göstererek koroner hastalıkları engellerler. TI düzeyi düşüklüğü ise kan damarlarında pıhtı oluşturma eğilimini engeller. Araştırmamızda ham aky balığının toplam lipidlerinde AI, (0.50–0.53); TI, (0.29–0.30), lambuka balığında ise AI, 0.43; TI, 0.24 olarak tespit edilmiştir. Besinlerde AI değerinin 1.0'den TI değerinin ise 0.5'ten az olması önerilmektedir. Verilerimizin, sağlıklı bir diyet için önerilen değerler arasında olduğu görülmektedir.
- 9) Farklı bitkisel yağlarla kızartılan aky filetolarında AI düzeyi (0.09-0.18) arasında; TI düzeyi (0.20-0.37); lambuka filetolarında ise AI düzeyi (0.09-0.18), TI düzeyi ise (0.22- 0.36) olarak saptanmıştır. Görüldüğü gibi hem kontrol (çığ) hem de değişik bitkisel yağlarla kızartılan aky ve lambuka filetolarının AI ve TI indeks düzeyleri, beslenme uzmanlarının önerdiği

aralığın çok altında bulunmuştur. Bu oranlar, aterojenite ve trombojenisite açısından risk oluşturmadiğı için kardiyο koruyuculuk bakımından önemlidir.

10) Çalışmamızda kızartma dışında; fırın, ızgara, mikrodalga ve buğulama gibi pişirme yöntemleri de denenmiştir. Bazı bireysel yağ asitleri dışında, belirtilen pişirme yöntemlerinin akyā balığının yağ asidi kompozisyonunu çok önemli düzeyde değıştirmediğ görölmüştür. Kontrol ve diğē pişirme teknikleri ile karşılaştırıldığında; fırında pişirmede 18:1n-9 ve Σ MUFA; buğulamada ise 16:0, 22:6n-3, Σ PUFA, Σ n-3 PUFA yüzdeleri ile n-3/n-6 oranında bir miktar azalma kaydedilmiştir. Palmitik asit düzeyleri; fırın, ızgara ve mikrodalgada pişirme yöntemlerinde birbirlerine yakın bulunmuştur. Kontrol (çiğ) ve fırında pişirilenlerde ise 22:6n-3 ve bu yağ asidine bağı Σ PUFA ve Σ n-3 PUFA'nın ise diğē pişirme yöntemlerine göre daha fazla yüzdede oldukları belirlenmiştir. Pişirme yöntemleri arasında hem bireysel yağ asitleri hem de yağ asidi gruplarının yüzde değēleri bakımından ham (çiğ) filetolarına en yakın pişirme tekniğinin fırında pişirme olduğunu söyleyebiliriz.

11) Ham örnek ile kızartma dışındaki yöntemlerle pişirilen lambuka filetolarında ise akyada belirlendiğı gibi, doymuş yağ asitleri içerisinde palmitik asit, tekli doymamışlar içerisinde oleik asit, çoklu doymamışlar içerisinde ise DHA'nın baskın olduğı görölmüştür. Buğulama yönteminde 16:0 ve Σ SFA yüzdesi, çiğ (ham) filetolar ile diğē yöntemlerle pişirilen örneklere nazaran bir miktar azalmıştır. Fırınla pişirme yöntemlerinde; kontrol, mikrodalga ve buğulamayla pişirme yöntemlerine oranla 18:1n-9, 18:2n-6, Σ MUFA, Σ n-6 PUFA artmış, DHA, Σ PUFA, Σ n-3 PUFA yüzdeleri önemli oranda düşük bulunmuştur. Izgarada pişirme yönteminde ise kontrol ve diğē yöntemlere göre 20:4n-6 ile Σ n-6 PUFA artmış, Σ n-3 PUFA ve DHA azalmıştır. Elde edilen bulgulara göre buğulama ile pişirilen akyā ve lambuka filetotolarında ortak olarak 16:0 azalma göstermiştir. Ancak fırında pişirmede farklı etkiler saptanmıştır. Fırında pişirilen akyada, diğē pişirme yöntemlerine nazaran 22:6n-3, Σ PUFA, Σ n-3 PUFA artarken, lambukada bu bileşenler azalma göstermiştir. Bu bulgu aynı pişirme yöntemlerinin farklı balık türlerinin total lipidlerindeki yağ asidi kompozisyonu üzerinde değışik etkiler yapabileceğini göstermektedir. Isıl işlemin farklı balık türlerinin yağ asidi kompozisyonu

üzerindeki etkisi farklılık göstermektedir. Bu durum, hem pişirme yönteminin hem de balık türünün farklı olmasına yorumlanabilir. Ayrıca, herhangi bir pişirme yöntemi için standartlaştırılmış süre ve sıcaklıkların olmaması da bu farklılıkların sebebidir.

12) Kızartma dışındaki pişirme yöntemleri akya ve lambuka filetolarının toplam lipitteki n-3/n-6 oranlarını farklı şekilde etkilemiştir. Akyanın kontrol filetolarında 4.88 olarak bulunan n-3/n-6 oranı, diğer pişirme yöntemlerinde 4.03 (buğulama) – 5.49 (mikrodalga) arasında bulunmuştur. Özellikle fırın ve ızgara yöntemleri akyanın n-3/n-6 oranını çok fazla değiştirmiştir. Denenen pişirme yöntemlerinin akyadaki n-3/n-6 oranını çok fazla değiştirmemesinin nedeni, ısıtıl işlemin, balığın özellikle EPA ve DHA gibi uzun zincirli ve doymamışlık derecesi çok yüksek olan yağ asitlerinde oksidasyona neden olmaması veya balıktaki antioksidanların bunu engellemesi olabilir. Kızartma dışında denenen yöntemlerin, gıdanın besinsel kalitesinin belirlenmesinde kullanılan n-3/n-6 oranını değiştirmemesi, bu metotların akya balığının tüketimi için sağlıklı olduğu ileri sürülebilir. Lambukada ise mikrodalga dışında diğer pişirme metotları özellikle fırın ve ızgarada pişirme yöntemleri n-3/n-6 oranını çok önemli düzeyde azaltmıştır. Bunun nedeni, fırın ile pişirilen lambuka filetolarında n-6 yağ asitlerinden 18:2n-6'nın, ızgara ile pişirilenlerde ise 20:4n-6'nın çiğ filetolara oranla oldukça yüksek yüzdede bulunmasıdır. Tüm bu veriler, özellikle ısıtıl işlemler uygulanan fırında ve ızgarada pişirme yöntemlerinin lambuka total lipitlerindeki yağ asidi kompozisyonunu olumsuz bir şekilde değiştirdiğini göstermiştir. Denenen pişirme yöntemleri arasında her iki balık türünde de ortak olarak mikrodalgada pişirilenlerde en yüksek n-3/n-6 oranı belirlenmiştir.

13) Akyanın kontrol örneklerinin toplam lipitlerindeki yağ asidi kompozisyonunda 1.21 olarak belirlenen PUFA/SFA oranı, diğer pişirme yöntemlerinde 0.97 (mikrodalga) – 1.18 (fırında pişirme); çiğ lambukada 1.35 olarak saptanan bu oran ise 1.16 (mikrodalga) – 1.68 (buğulama) olarak tespit edilmiştir. Diğer pişirme yöntemleriyle pişirilen her iki balık filetolarında PUFA/SFA oranı, beslenme uzmanlarının önerdiği gibi bir'in üzerinde bulunmuştur. Akya ve lambukada bu oran ortak olarak mikrodalga ile pişirilen örneklerde, diğer yöntemlere ve kontrole oranla en düşük olarak

tespit edilmiştir. Bunun nedeni mikrodalgada pişirilen balıklarda Σ SFA'nın daha yüksek yüzdede olmasıdır.

14) Çiğ akyanın toplam lipitlerinin yağ asidi içeriğinde 0.50 olarak belirlenen AI, diğer pişirme yöntemlerinde 0.50 (fırın) – 0.90 (buğulama); kontrolde 0.29 olan TI, pişirilenlerde 0.30 (fırın) – 0.35 (buğulama); çiğ lambukada 0,43 olan AI, pişirme metotlarında 0.31 (buğulama) – 0.48 (mikrodalga), kontrol filetolarında 0.24 olan TI, 0.21 (buğulama) – 0.32 (fırın ve ızgara) arasında belirlenmiştir. Akyada en düşük AI ve TI değerleri ortak olarak fırında pişirilenlerde en yüksek değerler ise buğulamada pişirilenlerde görülmüştür. Bunun nedeni buğulama ile pişirilen örneklerde kontrol ve diğer yöntemlere nazaran Σ n-3 PUFA, Σ PUFA yüzdeleri ile n-3/n-6 oranının daha düşük olmasıdır. Aynı şekilde bu bileşenler, fırın ve ızgara ile pişirilen lambuka filetolarında da düşük oldukları için TI değerleri kontrol ve diğer yöntemlerine oranla daha yüksek bulunmuştur. Besinlerde AI değerinin 1.0'den IT değerinin ise 0.5'ten az olması önerilmektedir. Çalışmamızda denediğimiz her iki balığın filetolarında hem kontrol hem de değişik pişirme metotlarından saptadığımız AI ve TI değerleri diyet uzmanlarının tavsiye ettiği aralıklarda bulunmuştur.

15) Hayvanlarda değişen çevre koşullarının membran lipit yağ asidi kompozisyonu üzerine etkisini belirlemek için toplam lipitlerin fosfolipit ve triaçilgliserol fraksiyonlarındaki yağ asidi içeriğini incelemek gerekir. Çünkü yapısal lipitler olan fosfolipitler, toplam lipitlerin % 5'ini oluşturur ve hayvanın toplam lipitlerinde yağ asidi analizi yapılırsa, fosfolipit yağ asitlerinde görülebilecek değişiklikler fark edilemeyebilir. Biz de çalışmamızda ayrıca her iki balık türünün fosfolipit ve triaçilgliserol fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonları üzerine değişik pişirme yöntemlerini de inceledik.

16) Mısırözü yağı ve fındık yağında kızartılan aky filetolarında; kontrol ve diğer yağlarda kızartılanlara oranla 18:1n-9, Σ MUFA yüzdeleri önemli derecede artmış; Σ SFA, 22:6n-3, Σ PUFA, Σ n-3 PUFA düzeyleri ile n-3/n-6 oranı azalmıştır. Ayrıca kontrol (çiğ) örneklerde, farklı yağlarda kızartılanlara oranla 20:5n-3 ve 22:6n-3 düzeyi ile n-3/n-6 oranı artmış, 18:2n-6 ile Σ n-6 PUFA azalmıştır. Tüm bu veriler değerlendirildiğinde, mısır özü yağı ve

findık yağında kızartılan filetolarda fosfolipit fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonunun çiğ balıktan farklı olduğu, bu yağlarda kızartılan örneklerde yağ asidi kompozisyonunun önemli derecede değiştiği görülmüştür. Çiğ filetolarda 6.34 olarak belirlenen n-3/n-6 oranı bitkisel yağlarda kızartılanlarda 2.42 (findık yağında kızartılan) – 4.25 (zeytinyağında kızartılan) arasında saptanmıştır.

17) Değişik bitkisel yağlarda kızartılan lambuka filetolarının fosfolipit yağ asidi içeriklerinin de değiştiği görülmüştür. Örneğin, findık yağında kızartılan filetolarda hem kontrol (çiğ) hem de diğer yağlarda kızartılanlara oranla 18:1n-9 ve bu yağ asidine bağlı olarak Σ MUFA, ayçiçek ve mısırözü yağlarında kızartılanlarda 18:2n-6, Σ PUFA ve Σ n-6 PUFA yüzdeleri artmış, mısır özü yağı ve ayçiçek yağlarında kızartılan örneklerde ise 16:0 ve bu yağ asidine bağlı olarak Σ SFA düzeyleri önemli derecede azalmıştır. Yağlarda kızartılanlarla karşılaştırıldığında, kontrol filetolarında, 20:5n-3, 22:5n-3, 22:6n-3 yüzdeleri ile n-3/n-6 oranının önemli derecede daha yüksek, 18:1n-9, Σ MUFA ve 18:2n-6 düzeylerinin ise daha düşük olduğu görülmüştür. Yukarıda da belirtildiği gibi, çiğ örneklerdeki n-3/n-6 oranı, kızartılan balıklardan daha yüksek olarak bulunmuştur. Kontrolde 7.96 olarak bulunan bu oran, ayçiçek yağında kızartılanlarda 1.03, zeytinyağında kızartılanlarda 4.99, mısırözü yağında kızartılanlarda 1.87 ve findık yağında kızartılanlarda 1.15 olarak bulunmuştur. Görüldüğü gibi n-3/n-6 oranı besinsel yağlar içinde en yüksek olarak zeytinyağında en düşük ayçiçek yağında kızartılan lambuka filetolarında belirlenmiştir.

18) Değişik bitkisel yağlarda kızartma tekniklerinin akya ve lambuka filetolarının fosfolipit yağ asidi kompozisyonuna etkileri ile ilgili olarak bazı ortak bulgular da saptanmıştır. Örneğin, findık yağında kızartılan her iki balığın filetolarında kontrol ve diğer pişirme yöntemlerine nazaran 18:1n-9 ve Σ MUFA artmış, mısır yağında kızartılanlarda Σ SFA azalmıştır. Ayrıca akya ve lambukanın çiğ örneklerindeki EPA, DHA yüzdeleri ile n-3/n-6 oranları yağlarda kızartılanlardan daha yüksek bulunmuştur. Zeytinyağında kızartılan her iki balık filetolarındaki n-3/n-6 oranı, diğer bitkisel yağlarda kızartılanlardan yüksek bulunmuştur.

- 19) Kızartma dışındaki teknikler olan fırın, ızgara, mikrodalga ve buğulama ile pişirme yöntemleri akya ve lambukanın fosfolipit fraksiyonundaki yağ asidi kompozisyonunu değiştirmiştir. Örneğin buğulama ile pişirilen akya, kontrol ve diğer pişirme metotlarına kıyasla 16:0, Σ SFA, 18:1n-9 ve Σ MUFA yüzdeleri artmış, 22:6n-3, Σ PUFA, Σ n-3 PUFA azalmıştır. Fırın ve ızgarada pişirilen örneklerde; çiğ ile buğulama ve mikrodalgada pişirilenlere nazaran 22:6n-3, Σ PUFA ve Σ n-3 PUFA yüzdeleri önemli derecede artış göstermiştir. Ham filetolar ile fırın ve ızgarada pişirilen balıklarda 16:0, Σ SFA, 18:2n-6, 20:4n-6, 20:5n-3 ve Σ n-6 PUFA düzeylerinin birbirine yakın oldukları görülmüştür.
- 20) Fırın, mikrodalga ve buğulama yöntemleriyle pişirilen lambuka filetolarının fosfolipit yağ asidi içeriğinin ise yakın olduğu görülmüştür. Örneğin bu yöntemle pişirilen filetolarda da 16:0 ve Σ SFA; 18:1n-9 ve buna bağlı olarak Σ MUFA ile 22:6n-3 Σ PUFA, Σ n-3 PUFA, Σ n-6 PUFA düzeylerinin yakın olduğu saptanmıştır. Izgara ile pişirilen filetolardaki 16:0, Σ SFA ile 18:1n-9 ve Σ MUFA düzeylerinin fırın, mikrodalgada ve buğulama ile pişirme yöntemleriyle pişirilenlere oranla daha yüksek; ancak 22:6n-3, Σ PUFA, Σ n-3 PUFA yüzdeleri ile PUFA/SFA oranlarının daha düşük olduğu belirlenmiştir. Ayrıca çiğ örneklerdeki 16:0, Σ SFA yüzdeleri; fırın, mikrodalga ve buğulama ile pişirilenlere oranla önemli derecede daha yüksek; 22:6n-3, Σ PUFA, Σ n-3 PUFA düzeylerinin ise daha düşük olduğu belirlenmiştir.
- 21) Her iki balık türünde ortak bulgu; fırında pişirilenlerde kontrol filetolarına oranla 22:6n-3, Σ PUFA, Σ n-3 PUFA düzeylerinin daha yüksek olarak saptanmasıdır. Bu veriler, ısı bir işlem olan fırında pişirme ile ızgarada pişirme yöntemlerinin akya ve lambuka filetolarının hücre ve organel zarlarındaki fosfolipit yağ asidi kompozisyonunu olumsuz bir şekilde değiştirmediklerini göstermektedir. Balıklardaki hücre membranları, uygulanan ısı işlemlere direnç göstermektedir. Daha önce yapılan çalışmada da benzer sonuçlar belirlenmiştir. Fırında pişirilen balıklarda özellikle n-3 PUFA'lar arasında DHA, en yüksek ısı direncini sergilemiştir. Fosfolipitler ayrıca aynı kaynaktan triaçilgliserollere kıyasla oksidasyona karşı daha iyi direnç gösterirler.

22) Değişik besinsel yağlarda kızartılan akya ve lambuka filetolarının triaçilgliserol fraksiyonunda kızartma işleminde kullanılan yağın çeşidine bağlı olarak kimi yağ asitleri ile yağ asidi gruplarının daha baskın oldukları görülmüştür. Örneğin zeytinyağında kızartılan her iki balık türünde diğer yağlarda kızartılanlara nazaran 16:0 ve Σ SFA'nın, zeytinyağı ve fındık yağında kızartılanlarda 18:1n-9 ve Σ MUFA'nın, ayçiçek yağı ve mısırözü yağında kızartılanlarda ise 18:2n-6, Σ PUFA, Σ n-6 PUFA'nın daha yüksek düzeyde oldukları belirlenmiştir. Ayrıca akya ve lambukanın çiğ (ham) filetolarında 16:0, 18:0, Σ SFA, 20:4n-6, 20:5n-3, 22:5n-3, 22:6n-3 ve Σ n-3 PUFA yüzdeleri ile n-3/n-6 oranı, diğer tüm yağlarda kızartılan filetolardan önemli derecede daha yüksek olduğu saptanmıştır. Verilerimizden elde edilen sonuçlara göre kızartma işlemlerinde kullanılan ayçiçek yağı, zeytinyağı, mısırözü yağı ve fındık yağı gibi bitkisel yağların akya ve lambuka balıklarının triaçilgliserol fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonunu önemli oranda değiştirdiğini söyleyebiliriz. Ayçiçek ve mısır özü yağında 18:2n-6, fındık yağı ve zeytinyağında ise 18:1n-9 çok yüksek düzeyde bulunmaktadır. Kızartma işlemi ile akya ve lambuka filetolarına geçen bu yağ asitleri ile bu yağ asitlerine bağlı yağ asidi grupları fosfolipitten ziyade triaçilgliserol fraksiyonunda toplanmıştır. Ayrıca kızartma yöntemlerine oranla, kontrol balıklarındaki 20:4n-6, 20:5n-3, 22:5n-3, 22:6n-3 yüzdelerinin fazla olmasının nedeni, bu yağ asitlerinin kızartma yağlarında mevcut olmamasından kaynaklanmaktadır. Omega 3 yağ asitlerinin fazla olması, çiğ örneklerde n-3/n-6 oranının da bitkisel yağlarda kızartılan balıklardan çok daha fazla olmasına neden olmuştur. Bu veriler, balıkların triaçilgliserol fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonunun, besinsel yağ asitler ile ilişkili olduğunu ve besinle alınan dominant yağ asitlerinin daha çok triaçilgliserol fraksiyonuna sokulduğunu göstermektedir. Bu sonuçlardan yola çıkarak; nötral lipidlerin (depo lipidleri) yağ asidi profilinin, esas olarak diyetteki yağ asidi içeriğine, polar lipidlerin yağ asidi kompozisyonu ise sıcaklık ve tuzluluk gibi çevresel koşullara bağlı olarak değişebileceği daha önce yapılan çalışmalarda da tespit edilmiştir.

23) Kızartma dışındaki yöntemlerle pişirilen akya ve lambukanın triaçilgliserol fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonunun değiştiği tespit edilmiştir.

Hem diğer pişirme yöntemlerine hem de çiğ (ham) olanlara kıyasla akyada; ızgarada pişirilen örneklerde 16:0 ve Σ SFA'nın, buğulamayla pişirilenlerde 18:1n-9 ve Σ MUFA'nın, mikrodalgada pişirilenlerde 18:2n-6, Σ PUFA ve Σ n-6 PUFA'nın, fırın ve mikrodalgada pişirilenlerde ise 22:6n-3 ve Σ n-3 PUFA'nın önemli olacak şekilde çok daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Çiğ örneklerle ve diğer pişirme yöntemlerine kıyasla buğulama ile pişirilen akyada örneklerinde önemli n-3 PUFA'lardan 20:5n-3 ile 22:6n-3 yüzdesinin de oldukça düşük olduğu saptanmış ve dolayısıyla bu yağ asitlerine bağlı olarak Σ n-3 PUFA'ların da buğulama işlemi ile pişirilen filetolarda düzeyi önemli ölçüde azalmıştır. Mikrodalga ve buğulama yöntemi ile pişirilen lambuka filetolarında ise 16:0 ve Σ SFA düzeyleri kontrol ve diğer pişirme yöntemleri ile pişirilen örneklerden daha az, buğulama ile pişirilenlerde 18:1n-9, Σ MUFA ve 18:2n-6 yüzdesi daha fazla, mikrodalga ile pişirilenlerde ise 20:5n-3, 22:6n-3, Σ PUFA ve Σ n-3 PUFA'nın önemli derecede daha fazla oldukları saptanmıştır. Her iki balık türünde de ortak bulgu, buğulama ile pişirilenlerde 18:1n-9 ve Σ MUFA düzeylerinin yüksek olmasıdır.

- 24)** Çalışmamızda araştırma materyali olarak kullandığımız akyada ve lambuka filetolarının fosfolipit ve triaçilgliserol fraksiyonlarındaki yağ asidi kompozisyonlarının farklı olduğu bulunmuştur. Örneğin hem kontrol hem de değişik yağlarda kızartılan akyada filetolarının fosfolipit fraksiyonundaki 16:0, 18:0, 20:4n-6, 20:5n-3 ve 22:6n-3 gibi yağ asitleri ile yağ asidi gruplarından Σ SFA, Σ n-3 PUFA ile n-3/n-6 oranı triaçilgliserolden daha yüksek; oleik asit ve 18:2n-6 gibi doymamış yağ asitleri ile yağ asidi gruplarından Σ MUFA daha az yüzde de tespit edilmiştir. Değişik besinsel yağlarda kızartılan lambuka balıklarının da fosfolipit ve triaçilgliserol yağ asidi içeriklerinin de farklı oldukları görülmüştür. Örneğin, fosfolipit fraksiyonu, triaçilgliserol fraksiyonuna kıyasla 16:0, 18:0, 20:4n-6, 20:5n-3, 22:5n-3, 22:6n-3 gibi yağ asitleri ile Σ SFA, Σ n-3 PUFA gibi yağ asidi grupları bakımından daha zengin, oleik asit, linoleik asit gibi yağ asitleri ile Σ n-6 PUFA bakımından daha fakir olduğu belirlenmiştir. Her iki balık türünün hem çiğ hem de değişik pişirme yöntemleri ile pişirilen filetolarının fosfolipit fraksiyonundaki n-3/n-6 oranı triaçilgliserolden önemli derecede daha yüksek bulunmuştur.

5.2 Öneriler

Şimdiye kadar yapılan çalışmalarda, değişik pişirme tekniklerinin tatlı su ve deniz balıklarının total lipidindeki yağ asidi kompozisyonu üzerine olan etkileri ile ilgili çalışmalar yapılmıştır. Membran ve yapısal lipitler olan fosfolipit ile depo lipidi olan triaçilgliserol fraksiyonlarının yağ asidi kompozisyonu üzerine pişirme yöntemlerinin etkileri ile ilgili çalışmalar yok denecek kadar azdır. Çalışmamızda akya ve lambuka gibi iki deniz balığının total lipitteki yağ asidi kompozisyonuna ek olarak fosfolipit ve triaçilgliserol yağ asidi kompozisyonuna değişik pişirme tekniklerinin etkilerini incelememiz, çalışmamızın önemini daha da arttırmıştır.

Besinlerdeki lipit kalitesini belirleyen en önemli parametre n-3/n-6 oranıdır. Denenen bitkisel yağlar içinde zeytinyağı ile kızartılan filetolarda en yüksek n-3/n-6 oranı elde edildiği için, zeytinyağının kızartma işlemi için en uygun yağ olduğunu söyleyebiliriz.

Kızartma dışında denenen diğer pişirme yöntemleri olan fırında ve mikrodalgada pişirme, buğulama ve ızgara işlemlerinin akya balığında n-3/n-6 oranını dramatik bir şekilde azaltmadıklarından akyanın bu yöntemlerle sağlıklı bir şekilde pişirilebileceğini önerebiliriz.

Kimi araştırmacılarca lipit kalitesini belirleyen bir diğer parametre PUFA/SFA oranıdır. Diyetisyenlere göre diyet lipitlerindeki PUFA/SFA oranı en az 1 olmalıdır. Uzmanlar hem n-3/n-6 oranı ile hem de PUFA/SFA oranının yüksek olmasını tavsiye etmektedir. Ancak PUFA/SFA oranı ile n-3/n-6 oranının paralel olmadığı görülmüştür. Çalışmamızda da belirlendiği gibi mısır özü yağı ile ayçiçek yağı bir n-6 PUFA olan 18:2n-6 bakımından zengin oldukları için bu yağlarda kızartılan filetolarda PUFA/SFA oranı yüksek, n-3/n-6 oranı ise düşük çıkmaktadır. Bu nedenle lipit kalitesini belirleyen indekslerden n-3/n-6 oranının alınmasını daha uygun görmekteyiz.

Çalışmamızda kızartma dışında fırında ve mikrodalga fırında pişirme, ızgara ve buğulama gibi pişirme teknikleri de kullanılmıştır. Akya balığında denenen bu pişirme yöntemleri arasında hem bireysel yağ asitleri hem de yağ asidi gruplarının yüzde değerleri bakımından ham (çiğ) filetolarına en yakın pişirme tekniğinin fırında pişirme olduğunu söyleyebiliriz.

Gıdalarda lipidler dışında protein, karbonhidrat ve vitamin gibi besinsel makro moleküller de bulunmaktadır. Pişirme yöntemlerinin bu makro moleküllerin içeriğini de değiştirebileceğini düşündüğümüzden, balıkların protein ve vitamin içeriği üzerine değişik pişirme yöntemlerinin etkileri ile ilgili çalışmaların da yapılması gerektiğini düşünüyoruz.



KAYNAKLAR

- Å'gren, J. J., and Hänninen, O. (1993). Effects of cooking on the fatty acids of three freshwater fish species. *Food Chemistry*, 46, 377–382.
- Abedi, E., and Sahari, M.A. (2014). Long-chain polyunsaturated fatty acid sources and evaluation of their nutritional and functional properties. *Food Science and Nutrition*, 2(5), 443–463.
- Abraha, B., Admassu, H., Mahmud, A., Tsighe, N., Shui, X.W., and Fang, Y. (2018). Effect of processing methods on nutritional and physico-chemical composition of fish: a review. *Food Processing and Technology*, 6(4), 376-382. <https://doi.org/10.15406/mojfpt.2018.06.00191>.
- Ackman, R. G. (1967). Characteristic of the fatty acid composition and biochemistry of some freshwater fish oils and lipids in comparison with marine oils and lipids. *Comparative Biochemistry and Physiology* 22, 907–922.
- Ackman, R. G. (1994). Seafood lipids. In: *Seafood: Chemistry, Processing Technology and Quality*. Shahidi, F., and Botta, J. R. (Eds.). London: *Chapman and Hall*. pp. 34–48.
- Ackman, R.G. (1992) Fatty acids in fish and shellfish. In: *Fatty Acids in Foods and Their Health Implications* (Kuang Chow, Ch. ed), pp. 169–184. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Adkins, Y., and Kelley, D. S. (2010) Mechanisms underlying the cardioprotective effects of omega-3 polyunsaturated fatty acids. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 21:781–792. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2009.12.004>.
- Akgül, N. (2019). *Akdeniz'deki bazı balıkların yağ asidi içerikleri* (Tez no 10264151). [Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Alghren, G., Blomqvist, P., Boberg, M., and Gustaffson, I.B. (1994). Fatty acid content of the dorsal muscle-an indicator of fat quality in fresh water fish. *Journal of Fish Biology*, 45, 131–141.
- Al-Saghir, S., Thurner, K., Wagner, K.H., Frisch, G., Luf, W., Razzazi-Fazeli, E., Elmadfa, I. (2004). Effects of different cooking procedures on lipid quality and cholesterol oxidation of farmed salmon fish (*Salmo salar*). *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 52, 5290–5296.
- Ansorena, D., Guembe, A., Mendizábal, T., and Astiasarán, I. (2010). Effect of fish and oil nature on frying process and nutritional product quality. *Journal of Food Science*, 75(2), 62-67. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01472.x>.
- AOAC, (2002). Official Methods of Analysis, 13th edn. (AOAC, Washington DC,), 1094 sf.
- Ariño, A., Beltrán, J.A., Herrera, A., and Roncalés, P. (2013). Fish and seafood: nutritional value. In Caballero, B. (Ed.). *Encyclopedia of Human Nutrition*. 3rd

ed., p. 254–261. Elsevier Reference Module in Biomedical Sciences Collection. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375083-9.00110-0>.

- Aşkın, B., ve Kaya, Y. (2020). Effect of deep-frying process on the quality of the refined oleic or linoleic sunflower seed oil and olive oil. *Journal of Food Science and Technology*, 57(12), 4716-4725. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04655-4>.
- Bakar, J., Rahimabadi, E. Z., and CheMan, Y. B. (2008). Lipid characteristics in cooked, chill-reheated fillets of Indo-Pacific king mackerel (*Scomberomorus guttatus*) *LWT-Food Science and Technology*, 41(10), 2144–2150.
- Bansal, G., Zhou, W., Barlow, P.J., Joshi, P.S., Lo, H.L., and Chung, Y.K. (2010). Review of rapid tests available for measuring the quality changes in frying oils and comparison with standard methods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50(6), 503-514. <https://doi.org/10.1080/1040839080254461>.
- BastõÂas, J.M., Balladares, P., Acuña, S., Quevedo, R., Muñoz, O. (2017). Determining the effect of different cooking methods on the nutritional composition of salmon (*Salmo salar*) and chilean jack mackerel (*Trachurus murphyi*) fillets. *PLoS ONE* 12(7), e0180993.
- Başhan, U. (2019). *Uskumru balığının (Scomber scombrus) yağ asidi içeriğine farklı pişirme tekniklerinin etkisi (Tez no 10255346)*. [Yüksek Lisans Tezi, Biruni Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı]. Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi.
- Bayar, İ., İnci, A., Ünübol Aypak, S., Bildik, A. (2021). Büyük Menderes Nehri'nden (Aydın) iki tatlı su balığı türünün kas dokularındaki toplam yağ asidi kompozisyonunun araştırılması. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 24 (2), 260-266. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.723089>.
- Bazinet, R.P., Laye, S. (2014). Polyunsaturated fatty acids and their metabolites in brain function and disease. *Nature Reviews Neuroscience*, 15(12), 771-85.
- Blank, M. L., Cress, E. A., Smith, Z. L., and Snyder, F. (1992) Meats and fish consumed in the American diet contain substantial amounts of ether-linked phospholipids. *The Journal of Nutrition*, 122:1656–1661. <https://doi.org/10.1093/jn/122.8.1656>.
- Brenner, R. R. (1977). Regulatory function of $\Delta 6$ desaturase—Key enzyme of polyunsaturated fatty acid synthesis. In N. G. Bazán, R. R. Brenner, and N. M. Giusto (Eds.), *Function and biosynthesis of lipids. Advances in experimental medicine and biology* (Vol. 83). Boston, MA: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4684-3276-3_8.
- Broadhurst, M. P., Wang, Y., Crawford, M. A., Cunnane, S. C., Parkington, J. E., and Schmidt, W. F. (2002). Brain-specific lipids from marine, lacustrine, or terrestrial food resources: Potential impact on early African Homo sapiens. *Comparative Biochemistry and Physiology* 131, 653–673.

- Budowksi, P., and Crawford, M. A. (1985). α -Linoleic acid as a regulator of the metabolism of arachidonic acid: dietary implication of the ratio, n-6:n-3 fatty acids. *Proceedings of the Nutrition Society*, 44, 221–229.
- Burr, M. L. (1991). Is oily fish good for the heart? *Trends Food Science Technology*, 2, 17–21.
- Burri, L., Hoem, N., Banni, S., and Berge, K. (2012) Marine Omega-3 phospholipids: Metabolism and biological activities. *International Journal of Molecular Sciences*, 13, 15401–15419.
- Bušová, M., Kouřimská, L., Tuček, M. (2020). Fatty acids profile, atherogenic and thrombogenic indices in freshwater fish common carp (*Cyprinus carpio*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) from market chain. *Central European Journal of Public Health*, 28 (4), 313–319.
- Calder, P.C. (2013). Nutritional benefits of omega-3 fatty acids. In Jacobsen, C., Nielsen, N.S., Horn, A.F. and Sørensen, A.-D.M. (Eds.) *Food Enrichment with Omega-3 Fatty Acids*, p. 3–26. USA: Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9780857098863.1.3>.
- Candela, M., Astiasara'n, I., and Bello, J. (1998). Deep-Fat Frying Modifies High-Fat Fish Lipid Fraction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 2793–2796.
- Choe, E., and Min, D.B. (2006). Mechanisms and factors for edible oil oxidation. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 5(4), 169–186. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2006.00009.x>.
- Connor, W. E. (2000). Importance of n -3 fatty acids in health and disease. *American Journal of Clinical Nutrition*, 71(Suppl.), 171S–175S,2000.
- Cordier, M., Brichon, G., Weber, J.-M., and Zwingelstein, G. (2002) Changes in the fatty acid composition of phospholipids in tissues of farmed sea bass (*Dicentrarchus labrax*) during an annual cycle. Roles of environmental temperature and salinity. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 133, 281–288. [https://doi.org/10.1016/S1096-4959\(02\)00149-5](https://doi.org/10.1016/S1096-4959(02)00149-5).
- De Castro, F. A. F., Sant'Ana, H. M. P., Campos, F. M., Costa, N. M. B., Silva, M. T. C., Salaro, A. L. (2007). Fatty acid composition of three freshwater fishes under different storage and cooking processes. *Food Chemistry*, 103, 1080–1090.
- De Leonardis, A., and Macciola, V. (2004). A study on the lipid fraction of Adriatic sardine fillets (*Sardina pilchardus*). *Die Nahrung*, 48, 209–212. <https://doi.org/10.1002/food.200300408>.
- Delgado, A., Estevez, A., Hortelano, P., and Alejandre, M.J. (1994). Analyses of fatty acids from different lipids in liver and muscle of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). Influence of temperature and fasting. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 108A, 673–680.

- Denke, M. A. (1994). Role of beef and beef tallow, an enriched source of stearic acid, in a cholesterol lowering diet. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 60 (Suppl), 1044S9S.
- Department of Health. Nutritional aspects of cardiovascular disease. (1994). Health and social subjects. London, UK: HMSO.
- Din, J. N., Newby, D. E., and Flapan, A. D. (2004). Omega 3 fatty acids and cardiovascular disease fishing for a natural treatment. *British Medical Journal*, 328, 30–35.
- Diraman ve Dibeklioglu, H. (2009). Chemometric Characterization and Classification of Selected Freshwater and Marine Fishes from Turkey Based on their Fatty Acid Profiles. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 86, 235–246.
- Domínguez, R., Gómez M, Fonseca, S., Lorenzo, J. (2014). Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat. *Meat Science*, 97, 223-230. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.01.023> PMID: 24583332.
- Drazen, J. C. (2007). Depth related trends in proximate composition of demersal fishes in the eastern North Pacific. *Deep-Sea Research* 1(54): 203–219.
- Duckett, S.K., Wagner, D.G., Yates, L.D., Dolezal, H.G., and May, S.G. (1993). effects of time on feed on beef nutrient composition. *Journal of Animal Science*, 71, 2079–2088.
- Duncan, D. B. (1955). Multiple range and multiple *F* tests. *Biometrics*, 11, 1-42.
- Dunstan, G. A., Bailie, H.J., Barrett, S.M., Volkman, J.K. (1996). Effect of diet on the lipid composition of wild and cultured abalone. *Aquaculture*, 140, 115–127.
- Ersoy, B., Ozeren, A. (2009). The effect of cooking methods on mineral and vitamin contents of African catfish. *Food Chemistry*, 115, 419-422.
- Fallah, A.A., SiavashSaei-Dehkordi, S., Nematollahi, A. (2011). Comparative assessment of proximate composition, physicochemical parameters, fatty acid profile and mineral content in farmed and wild rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *International Journal of Food Science and Technology*, 46(4), 767-773.
- Farabegoli, F., Nesci, S., Ventrella, V., Badiani, A., Albonetti, S., Pirini, M. (2019). Season and Cooking May Alter Fatty Acids Profile of Polar Lipids from Blue-Back Fish. *Lipids*, 54, 741–753, 2019.
- Fehily, A. M., Pickering, J. E., Yarnell, J. W. G., and Elwood, P. C. (1994). Dietary indices of atherogenicity and thrombogenicity and ischaemic heart disease risk: The caerphilly prospective study. *British Journal of Nutrition*, 71, 249–251.
- Fenton WS, Hibbeln J, Knable M. (2000). Essential fatty acids, lipid membrane abnormalities, and the diagnosis and treatment of schizophrenia. *Biological Psychiatry* 47:8–21.

- Fernandes, C. E., da Silva Vasconcelos, M. A., De Almeida Ribeiro, M., Asfora Sarubbo, L., Alvachian Cardoso Andrade, S., and Bibiano De Melo Filho, A. (2014). Nutritional and lipid profiles in marine fish species from Brazil. *Food Chemistry*, 160:67–71. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.03.055>.
- Finot, P. A. (1997). Effect of processing and storage on the nutritional value of protein food. In: *Food protein and their applicants* (edited by S, Damodaran and A. Paraf). Pp. 551-576. New York, NY: Marcel Dekker.
- Folch, J., Lees, M., Stanley, G.H.S. (1957). A simple method for the isolation and purification of toplan lipides from animal tissues. *The Journal of Biological Chemistry*, 226, 497–509.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization. (1994). Fats and oils in human nutrition. Retrieved from <<http://www.fao.org/docrep/V4700E/V4700E00.htm>>.
- Funk, C. D. (1991). Prostaglandins and leukotrienes: advances in eicosanoid biology. *Science*, 294, 1871-5.
- Simopoulos, A. P. (2001). Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 54,438–463.
- Gall, K. L., Otwell, W. S., Koburger, J. A., and Appledorf, H. (1983). Effects of four cooking methods on the proximate, mineral and fatty acid composition of fish fillets. *Journal of Food Science Technology*, 48, 1068–1074.
- Garaffo, M.A., Vassallo-Agius, R., Nengas, Y., Lembo, E., Rando, R., Maisano, R., Dugo, G., Giuffrida, D. (2011). Fatty acid profile, atherogenic (IA) and thrombogenic (IT) health lipid indices, of raw roe of blue fin tuna (*Thunnus Thynnus L.*) and their salted product Bottarga. *Food and Nutrition Sciences*, 2(7), 736-743. <https://doi.org/10.4236/fns.2011.2710>.
- Garcia-Arias, M.T., Alvarez-Pontes, M.C., Garcia-Linares, M.C., Garcia- Fernandez, F.J., Sanchez-Muniz. (2003). Cooking freezing reheating (CFR) of sardine (*Sardine pilhardus*) fillets. Effect of different cooking and reheating procedures on the proximate and fatty acid composition. *Food Chemistry*, 83, 349–356.
- Gertz, C., Klostermann, S., and Kochhar, S.P. (2000). Testing and comparing oxidative stability of vegetable oils and fats at frying temperature. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 102(8-9),543-551. [https://doi.org/10.1002/1438-9312\(200009\)102:8/9<543::AID-EJLT543>3.0.CO;2-V](https://doi.org/10.1002/1438-9312(200009)102:8/9<543::AID-EJLT543>3.0.CO;2-V).
- Gladyshev, M., Sushnik, N., Gubanenko, A., Makhutova, O., Kalachova, G., Rechkina, E. A., Malishevskaya, K. (2014). Effect of the Way of Cooking on Contents of Essential Polyunsaturated Fatty Acids in Filets of Zander. *Czech Journal of Food Science*, 32, 226–231.
- Gladyshev, M., Sushchik, N., Anishchenko, O., Makhutova, O., Kalachova, G., Gribouskaya, I. (2009). Benefit-risk ratio of food intake as the source of

essential fatty acids vs. heavy metals: A case study of Siberian grayling from the Yenisei River. *Food Chemistry*, 115 (2), 545-550.

Gladyshev, M.I., Sushchik, N.N., Tolomeev, A.P., and Dgebuadze, Y.Y. (2018). Meta-analysis of factors associated with omega-3 fatty acid contents of wild fish. Reviews in *Fish Biology and Fisheries*, 28(2), 277-299. <https://doi.org/10.1007/s11160-017-9511-0>.

Gladyshev, M.I., Sushchik, N.N., Gubanenkov, G.A., Demirchieva, S.M., and Kalachova, G.S. (2006). Effect of way of cooking on content of essential polyunsaturated fatty acids in muscle tissue of humpback salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*). *Food Chemistry*, 96, 446–451.

Gladyshev, M.I., Sushnik, N., Gubabenko, G., Demircheva, S., Kalachova, G. (2007). Effect of boiling and frying on the content of essential polyunsaturated fatty acid in muscle tissue of four fish species. *Food Science*, 101, 1694-1700.

GoÂmez Candela, C., Bermejo LoÂpez, L., Loria Kohen, V. (2011). Importance of a balanced omega 6/omega 3 ratio for the maintenance of health. Nutritional recommendations. *NutricioÂn Hospitalaria*. 26(2), 323-329. <https://doi.org/10.1590/S0212-16112011000200013> PMID: 21666970.

Gokoglu, N., Yerlikaya, P., and Cengiz, E. (2004). Effects of cooking methods on the proximate composition and mineral contents of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food Chemistry*, 84, 19–22.

Gurr, M. I. (1992). *Role of Fats in Food and Nutrition*. 2nd ed. London: Elsevier Applied Science.

Health Canada, (2011). Canada's food guide. Retrieved February 09.02.2012, <http://www.hc-sc.gc.ca>.

Henna Lu. F. S., Nielsen, N. S., Timm-Heinrich, M., and Jacobsen, C. (2011) Oxidative stability of marine phospholipids in the liposomal form and their applications. *Lipids*, 46,3–23. <https://doi.org/10.1007/s11745-010-3496-y>.

Horrocks, L. A., and Yeo, Y. K. (1999). Health benefits of docosahexaenoic acid (DHA). *Pharmacological Research*, 40, 3211–3225.

Hosseini, H., Mahmoudzadeh, M., Rezaei, M., Mahmoudzadeh, L., Khaksar, R., Karimian Khosroshahi, N., Babakhani, A. (2014). Effect of different cooking methods on mineral, vitamins and nutritional quality on Kutum roach (*Rutilus kutum*). *Food Chemistry*, 148, 86–91.

<https://ods.od.nih.gov/factsheets/Omega3FattyAcidsHealthProfessional/#en3>

<http://www.balikvadisi.com>

<https://derinkesif.com>

Hulbert, A.J., Faulks, S.C., Harper, J.M., Miller, R.A., Buffenstein, R. (2006). Extended longevity of wild-derived mice is associated with peroxidation-resistant membranes. *Mechanisms of Ageing and Development*, 127(8), 653-7.

- Huss, H. H. (1995). Quality and changes in fresh fish. FAO Fisheries Technical Papers No. 348. Rome, FAO.
- Idun-Acquah, N., Obeng, G.Y., and Mensah, E. (2016). Repetitive use of vegetable cooking oil and effects on physico-chemical properties–case of frying with redfish (*Lutjanus fulgens*). *Science and Technology*, 6(1), 8-14.
- IFFO, (2017). International Fishmeal and Fish Oil Organisation, The importance of dietary EPA and DHA omega-3 fatty acids in the health of both animals and humans. Datasheet http://www.iffonet.org/system/files/75_0.pdf. 31.01.2017.
- Immanuel, G., Sathasivan, S., Selva Shankar, V., Punitha Peter, M. G., and Palavesam, A. (2009). Processing and characterisation of low cost Balistid fish *Sufflamen capistratus* liver oil for edible purpose. *Food Chemistry*, 115, 430–435.
- Innis, S.M. (2016). Palmitic Acid in Early Human Development. *Crit Rev. Food Science Nutrition*, 56(12), 1952-9.
- Jayasena, D.D., Fernando, K. and Awanthika, T. (2018). Effect of frying in different cooking oils on the fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets. *Journal of Advanced Agricultural Technologies*, 5(2), 98-102. <https://doi.org/10.18178/joaat.5.2.98-102>.
- Judd, J. T., Baer, D. J., Clevidence, B. A. P., Kris-Etherton, R. A., Muesing, and Iwane, M. (2002). Dietary cis and trans monounsaturated and saturated FA and plasma lipids and lipoproteins in men. *Lipids*, 37(2), 123-31.
- Julius, F. (2006). Healthy Fats-Essential Fatty Acids. www.goodfats.pamrotella.com.
- Jurid, L.S., Zubairi, S.I., Kasim, Z.M., and Ab Kadir, I.A. (2020). The effect of repetitive frying on physicochemical properties of refined, bleached and deodorized Malaysian tenera palm olein during deep-fat frying. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(7), 6149-6160.
- Kaçar, S., Başhan, M., Oymak, S.A. (2018). Effect of season on the fatty acid profile of toplam lipids, phospholipids and tri-acylglycerols in *Mastacembelus mastacembelus* (Atatürk Dam Lake, Turkey). *Grasas Aceites*, 69, 1-9. <https://doi.org/10.3989/gya.1108172>.
- Kaçar, S. (2010). *Atatürk Baraj gölündeki bazı tatlısu balıklarının toplam lipid ve yağ asitlerinin mevsimsel değişimi*. PhD Thesis, Department of Biology, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Dicle University, Diyarbakır, Turkey.
- Kaçar, S., Başhan, M. (2016). Atatürk Baraj Gölü’ndeki tatlı su balıklarının lipid içeriği ve yağ asidi profilinin karşılaştırılması. *Türk Biyokimya Dergisi*, 41(3), 150-156. <https://doi.org/10.1515/tjb-2016-0025>.
- Kaçar, S., Başhan, M., and Oymak, S.A. (2016). Effect of seasonal variation on lipid and fatty acid profile in muscle tissue of male and female *Silurus triostegus*. *Journal of Food Science and Technology*, 53(7), 2913-2922. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2253-5>.

- Kalogeropoulos, N., Andrikopoulos, N., and Hassapidou, M. (2004). Dietary evaluation of Mediterranean fish and molluscs pan-fried in virgin olive oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84, 1750–1758.
- Kaushik, S. J., Corraze, G., Radunz-Neto, J., Larroquet, L., and Dumas, J. (2006). Fatty acid profiles of wild brown trout and Atlantic salmon juveniles in the Nivelle basin. *Journal of Fish Biology*, 68, 1376–1387.
- Kaya, Y., Turan, H. (2008). Fatty acids composition of an-chovy (*Engraulis encrasicolus* L. 1758) oil produced in Sinop-turkey. *Journal of Fisheries Sciences*, 2, 693-697. <https://doi.org/10.3153/jfscm.2008036>.
- Ketaona, A.D.A., Clerge, T., and Bertrand, N.G. (2013). Quality of *Ricinodendron heudelotii* (Bail.) pierre ex pax seeds oil as affected by heating. *International Journal of Engineer Research Science and Technology*, 2, 94-100.
- Kolakowaka, A., Domiszewski, Z., Bienkiewicz, G., and Szczygielski, M. (2001). June. Effects of thermal treatment of Baltic herring and sprat on n-3 PUFAs and lipid oxidation. Paper presented at Lipidforum, 21st Nordic Lipid Symposium, Bergen, Norway.
- Koubaa, A., Mihoubi, N. B., Abdelmouleh, A., Bouain, A. (2012), Comparison of the effects of four cooking methods on fatty acid profiles and nutritional composition of red mullet (*Mullus barbatus*) muscle. *Food Science and Biotechnology*, 21, 1243–50.
- Krauss, R. M., Eckel, H. R., Howard, B., Appel, L. J., Daniels, S. R., Deckelbaum, R. J., Erdman, J. W., Kris-Etherton, P., Goldberg, I. J., and Kotchen, T. A. (2000). DHA dietary guidelines. A statement for healthcare professionals from the Nutrition Committee of the American Heart Association. *Circulation*, 102, 2284–2299.
- Kromhout, D., Feskens, E.J., and Bowles, C.H. (1995). The protective effect of a small amount of fish on coronary heart disease mortality in an elderly population. *International Journal of Epidemiology*, 24, 340–5.
- Larsen, R., Eilertsen, K.E., Elvevoll, E.O. (2011). Health benefits of marine foods and ingredients. *Biotechnology Advances*, 29, 508–518.
- Larsen, D., Quek, S. Y., and Eyres, L. (2010). Effect of cooking method on the fatty acid profile of New Zealand king Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Food Chemistry*, 119, 785–790.
- Lee, K.W., Blann, A.D., Lip, G.Y. (2006). Effects of omega-3 polyunsaturated fatty acids on plasma indices of thrombogenesis and inflammation in patients' post-myocardial infarction. *Thrombosis Research*, 118, 305–312.
- Li, G., Sinclair, A.J., and Li, D. (2011). Comparison of lipid content and fatty acid composition in the edible meat of wild and cultured freshwater and marine fish and shrimps from China. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(5), 1871–1881. <https://doi.org/10.1021/jf104154q>.

- Limsuwanmanee, J., Chaijan, M., Manurakchinakorn, S., Panpipat, W., Klomklao, S. and Benjakul, S. (2014). Antioxidant activity of Maillard reaction products derived from stingray (*Himantura signifier*) non-protein nitrogenous fraction and sugar model systems. *LWT-Food Science and Technology*, 57(2), 718-724. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.01.042>.
- Linhartová, Z., Krejsa, J., Zajíc, T., Masilko, J., Sampels, S., Mraz, J., (2018). Proximate and fatty acid composition of 13 important freshwater fish species in central Europe. *Aquaculture International*, 26, 695-711. <https://doi.org/10.1007/s10499-018-0243-5>.
- Little, S. O., Armstrong, S. G., and Bergan, J. G. (2000) Fatty acids in foods and their health implications. In C. K. Chow (Ed.), *Factors affecting stability and nutritive value of fatty acids: Culinary practices* (2nd ed., pp. 427–437). New York, NY: Marcel Dekker.
- Loftsson, T., Ilievska, B., Asgrimsdottir, G. M., Ormarsson, O. T., and Stefansson, E. (2016) Fatty acids from marine lipids: Biological activity, formulation and stability. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 34, 71–75.
- Lombardo, Y., and Chicco, A.G. (2006). Effects of dietary polyunsaturated n-3 fatty acids on dyslipidemia and insulin resistance in rodents and humans. A review. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 17, 1–13.
- Loughrill, E., Zand, N. (2016). An Investigation into the fatty acid content of selected fish-based commercial infant foods in the UK and the impact of commonly practiced re-heating treatments used by parents for the preparation of infant formula milks. *Food Chemistry*, 197 783-789. <https://doi.org/10.1016/j.foodchemistry.2016.10.141> PMID: 26617017.
- Lozano, G., and Hardisson, A. (2003). Fish as food. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 2417–2423. <https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/00467-3>.
- Maggie, B., and Covington, M.D. (2004). Omega-3 Fatty Acids. *American Family Physician*, 70(1), 133–140.
- Manner, W., Maxwell, R.J., and Williams, J.E. (1984). Effects of dietary regimen and tissue site on bovine fatty acid profiles. *Journal of Animal Science*, 59, 109–121.
- Margaret, R., Neff, M.R., Bhavsar, S.P., Braekevelt, E., Arts, M.T. (2014). Effects of different cooking methods on fatty acid profiles in four freshwater fishes from the Laurentian Great Lakes region. *Food Chemistry*, 164, 544–550.
- Merdzhanova, A., Dobрева, D.A., and Makedonski, L. (2016). Comparison of polyunsaturated fatty acid and fat-soluble vitamins content of cooked Shad (*Alosa immaculata*), *Journal of Agricultural Technology*, Vol. 12(6), 1043-1056.
- Mey, J., Shimp, J., Weihrauch, J., and Kinsella, J. E. (1975). Lipids of fish fillets: Changes following cooking by different methods. *Journal of Food Science and Technology*, 43, 1669–1674.

- Modugo, G., N. Cicero, P. Furci, N. Cavallaro., and V. Loturco. (2011). Sensory analysis and fatty acids in fishes from the strait of messina. *L a Rivista Italiana Delle Sostanze Grass e - v o l. L x x x v i i i* -Genanio / Marzo.
- Moradi, Y., Bakar, J., Motalebi, A.A., Syed Muhamad, S.H., Man, C. (2011). A Review on Fish Lipid: Composition and Changes During Cooking Methods. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 20, 379–390, 2011.
- Moussa, E.W.H., Shereen, A. N., Manal A., Mehanni, A. H, Rasha, A. E. (2014). Nutritional value and fatty acid composition of household cooking on fish fatty acids profile using atherogenicity and thrombogenicity indices. *Journal of Food Chemistry and Nutrition*, 2(1), 27-41.
- Mozaffarian, D., Bryson, C. L., Lemaitre, R. N., Burke, G. L., Siscovick, D. S. (2005). Fish intake and risk of incident heart failure. *Journal of the American College of Cardiology*, 45 (12), 2015–2021.
- Naseri, M., Abedi, E., Mohammadzadeh, B., Afsharnaderi, A. (2013). Effect of frying in different culinary fats on the fatty acid composition of silver carp. *Food Science and Nutrition*, 1 (4), 292-297.
- Neff, M. R., Bhavsar, S.P., Braekevelt, E., Arts, M. T. (2014). Effects of different cooking methods on fatty acid profiles in four freshwater fishes from the Laurentian Great Lakes region. *Food Chemistry*, 164, 544–550.
- Nestel, P., Clifton, P., and Noakes M. (1994). Effects of increasing dietary palmitoleic acid compared with palmitic and oleic acids on plasma lipids of hypercholesterolemic men. *Journal of Lipid Research*, 35, 656-662.
- Nichols, P. D., Mooney, B. D., Virtue, P., and Elliot, N. (1998). Nutritional value of Australian fish: Oil, fatty acid and cholesterol of edible species. FRDC project 95/122. Hobart, Australia: CSIRO Marine Research, Fisheries Research and Development Corporation.
- Nicolosi, R. J., Wilson, T. A., Rogers, E. J., and Kritchevsky, D. (1998). Effects of specific fatty acids (8:0, 14:0, cis-18:1) on plasma lipoproteins, early atherogenic potential, and LDL oxidative properties in the hamster. *Journal of Lipid Research*, 39, 1972-1980.
- NurSyahirah, S., and Rozzamri, A. (2022). Effects of frying on fish, fish products and frying oil – a review. *Food Research*, 6 (5), 14 - 32.
- Osendarp, S.J.M. (2011). The role of omega-3 fatty acids in child development. *OCL*, 18(6), 307-313.
- Parmentier, M., Al Sayed Mahmoud, C., Linder, M., and Fanni, J. (2007). Polar lipids: N-3 PUFA carriers for membranes and brain. Nutritional interest and emerging processes. *OCL—Ol Corps Gras Lipides*, 14, 224–229. <https://doi.org/10.1684/ocl.2007.0127>.
- Passi S., Cataudella S., Di Marco P., De Simone F., Rastrelli L., (2002). Fatty acid composition and antioxidant levels in muscle tissue of different Mediterranean

- marine species of fish and shellfish. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 7314–7322.
- Penumetcha, M., N. Khan., and S. Parthasarathy. (2000). Dietary oxidized fatty acids: an atherogenic risk? *Journal of Lipid Research*, 41, 1473–1480.
- Puwastien, P., Judprasong, K., Kettwan, E., Vasanachitt, K., Nakngamanong, Y., and Bhattacharjee, L. (1999). Proximate composition of raw and cooked Thai freshwater and marine fish. *Journal of Food Composition and Analysis*, 12, 9–16.
- Rora, A. M. B., Regost, C., and Lampe, J. (2003). Liquid holding capacity, texture, and fatty acid profile of smoked fillets of salmon fed diets containing fish oil or soybean oil. *Food Research International*, 36, 231–239.
- Rueda, F. M., Lopez, J. A., Martinez, F. J., Zamora, S., Divanach, P., and Kentouri, M. (1997). Fatty acids in muscle of wild and farmed red porgy, *Pagrus pagrus*. *Aquaculture Nutrition*, 3, 161–165.
- Rustan, A. C., and Drevon, C. A. (2005). *Fatty Acids: Structures and Properties. Encyclopedia of Life Sciences*. doi:10.1038/npg.els.0003894. doi: 10.1038/npg.els.0003894.
- Saldanha, T., Bragagnolo, N. (2008). Relation between types of packaging, frozen storage and grilling on cholesterol and fatty acids oxidation in Atlantic hake fillets (*Merluccius hubbsi*). *Food Chemistry*, 106 (2), 619–627.
- Sánchez-Muniz, F. J., Viejo, J.M., and Medina, R. (1992). Deep-frying of sardines in different culinary fats. Changes in the fatty acids composition of sardines and frying fats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40, 2252–2256.
- Santos-Silva, J., Bessa, R. J. B., and Santos-Silva, F. (2002). Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs. II. Fatty acid composition of meat. *Livestock Production Science*, 77, 187–194. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(02\)00059-3](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(02)00059-3)
- Schneedorferová, I., Tomčala, A., and Valterová, I. (2015). Effect of heat treatment on the n-3/n-6 ratio and content of polyunsaturated fatty acids in fish tissues. *Food Chemistry*, 176, 205–211.
- Simopoulos, A. P. (1991). Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 54, 438–463.
- Simopoulos, A.P. (2002). The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 56, 365–379.
- Sioen, I., Haak, L., Raes, K., Hermans, C., De Henauw, S., De Smet, S., and Van Camp, J. (2006). Effects of pan-frying in margarine and olive oil on the fatty acid composition of cod and salmon. *Food Chemistry*, 98(4), 609–617.
- Steffens, W. (1997). Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. *Aquaculture*, 151, 97–119.

- Stephen, N. M., Jeya Shakila, R., Jeyasekaran, G., and Sukumar, D. (2010). Effect of different types of heat processing on chemical changes in tuna. *Journal of Food Science and Technology*, 47, 174–181.
- Sturdivant, C.A., Lunt, D.K., Smith, G.C. and Smith, S.B. (1992). Fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular adipose tissues and M. Longissimus dorsi of Wagyu cattle. *Meat Science*, 32, 449–458.
- Suganthi, A., Venkatraman, C. and Chezian, Y. (2015). Proximate composition of different fish species collected from Muthupet mangroves. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 2(6), 420–423.
- Tadesse, A., Gebre, A., Nigusse, G. and Tamiru, D. (2020). Proximate composition, minerals and sensory acceptability of deep-fried Nile tilapia fish (*Oreochromis niloticus*) as influenced by repeated use of palm oil. *Food Science and Quality Management*, 95, 19–28.
- Tang, S., Sheehan, D., Buckley, D.J., Morrissey, P.A., Kerry, J.P. (2001). Antioxidant activity of added tea catechins on lipid oxidation of raw minced red meat, poultry and fish muscle. *International Journal of Food Science and Technology*, 36, 685–692.
- Taşbozan, O., ve Gökçe, M.A. (2017). *Fatty acids in fish*. In Catala, A. (Ed.) *Fatty Acids*, p. 143–159. InTech Open E-Book. <https://doi.org/10.5772/68048>.
- Taylor, T. G., Gibney, M. J., and Morgan, J. B. (1979). Haemostatic function and polyunsaturated fatty acids. *Lancet*, 314, 1378.
- Terevinto, A., Ramos, A., Castroman, G., Cabrera, M.C., and Saadoun, A. (2010). Oxidative status, in vitro iron-induced lipid oxidation and superoxide dismutase, catalase and glutathione peroxidase activities in rhea meat. *Meat Science*, 84, 706–710.
- Testi, S., Bonaldo, A., Pier Gatta, P., Badiani, A. (2006). Nutritional traits of dorsal and ventral fillets. From three farmed fish species. *Food Chemistry*, 98, 104–111.
- 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, 874–879.
- Tornaritis, M., Peraki, E., Georgulli, M., Kafatos, A., Charalambakis, G., Divanach, P., Kentouri, M., Yiannopoulos, S., Frenaritou, H., and Argyrides, R. (1993). Fatty acid composition and total fat content of eight species of Mediterranean fish. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 45, 135–139.
- Toth-Markus, M., and Sass-Kiss, A. (1993). Effects of cooking on the fatty acid composition of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). *Acta Alimentaria*, 22: 25–35.
- Turhan, S., Ustun, N. S., and Temiz, H. (2011). Lipid Quality of Anchovy (*Engraulis encrasicolus*) Fillets Affected by Different Cooking Methods. *International*

- Turkkan, A.U., Cakli, S., Kilinc, B. (2008). Effects of cooking methods on the proximate composition and fatty acid composition of seabass (*Dicentrarchus labrax*, Linnaeus, 1758). *Food and Bioproducts Processing*, 86, 163–166.
- Ulbricht, T., Southgate D. (1991). Coronaryheartdisease: seven dietary factors. *Lancet*, 338, 985992. [https://doi.org/10.1016/0140-6736\(91\)91846-M](https://doi.org/10.1016/0140-6736(91)91846-M)
- Unusan, N. (2007). Change in proximate, amino acid and fatty acid contents in muscle tissue of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) after cooking. *International Journal of Food Science and Technology*, 42, 1087–1093.
- Varljen, J., Baticic, L., Sincic-Modric, G., Obersnel, V., and Kapovic, M. (2004). Composition and seasonal variation of fatty acids of *Diplodus vulgaris* L. from the Adriatic Sea. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 81, 759–763. <https://doi.org/10.1007/s11746-004>.
- Varela, G. (1988), Current facts about the frying of food. In: Varela G, Bender AE, Morton ID, editors. *Frying of food*. Principles, changes, new approaches. Chichester, U.K: Ellis Horwood. pp. 9–25
- Vlieg, P., and Body, D. B. (1988). Lipid contents and fatty acid composition of some New Zealand freshwater finfish and marine finfish, shellfish and roes. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 22, 151–162.
- Voet, D., Voet, J. G. (2013). *Biochemistry*. Fourth edition. John Wiley and Sons Inc, 1515 p.
- Vujkovic, G., Karlovic, D., Vujkovic, I., Vorosbaranyi, I., and Jovanovic, B. (1999). Composition of muscle tissue lipids of silver carp and bighead carp. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 76, 475–480.
- Weber, J., Bochi, V., Ribeiro, C., VictoÂrio, A., Emanuelli, T. (2008). Effect of different cooking methods on the oxidation, proximate and fatty acid composition of silver catfish (*Rhamdia quelen*) fillets. *Food Chemistry*, 106, 140–146.
- WHO, (2003). Diet, nutrition and the prevention of chronic disease: report of a joint WHO/FAO expert consultation. WHO technical report series 916, WHO, Geneva.
- Wołoszyn, J., Haraf, G., Okruszek, A., Wereńska, M., Goluch, Z., Teleszko, M. (2020). Fatty acid profiles and health lipid indices in the breast muscles of local Polish goose varieties. *Poultry Science*, 99(2), 1216–1224. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.10.026>.
- Yakar, Y., Parmaksız, A., Dörtbudak, Y., Doğan, N. (2023). Investigation of fatty acid profiles in some economically important fish species living in Atatürk Dam Lake, Adıyaman, Türkiye. *Aquatic Research*, 6(1), 11–18. <https://doi.org/10.3153/AR23002>.

- Yehuda, S., Rabinovitz, S., Carasso, R. L., Mostofsky, D. I. (2002). The role of polyunsaturated fatty acids in restoring the aging neuronal membrane. *Neurobiology of Aging*, 23, 843–853.
- Zahra Momenzadeh, Z., Khodanazary, A., Ghanemi, K. (2017). Effect of different cooking methods on vitamins, minerals and nutritional quality indices of orange-spotted grouper (*Epinephelus coioides*)., *Food Measure*, 11, 434–441.
- Zarulakmam, M., Hartina, M.U., Izzreen, M.N.Q., Wafin, H.N.W., Yusoff, M.M., Ismail-Fitry, M.R., and Rozzamri, A. (2021). Physicochemical and sensory analysis of surimi sausage incorporated with rolled oat powder subjected to frying. *International Food Research Journal*, 28(3), 457-466.
- Zdzislaw, E. S., and Kolakowski, A. (2003). Chemical and Functional Properties of Food Lipids. New York: CRC Press.
- Zhang, J., Wu, D., Liu, D., Fang, Z., Chen, J., Hu, Y., Ye, X. (2013): Effect of cooking styles on the lipid oxidation and fatty acid composition of grass carp (*Ctenopharynyodon idellus*) fillet. *Journal of Food Biochemistry*, 37, 212–219.
- Zuta, P. C., Simpson, B. K., Zhao, X., and Leclerc, L. (2007). The effect of α-tocopherol on the oxidation of mackerel oil. *Food Chemistry*, 100, 800–807.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyad, Ad

Akgül, Nasuh

Web sayfası

(Research Gate, Academia, vs.)

Eğitim Bilgileri

Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü	2019
Lisans	Dicle Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü	2004
Lise	Atatürk Lisesi	1994

İş Deneyimi

Dönem (Yıl)	Şirket, Kurum	Görev

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Akgül, N. & Başhan, M. (2023). Değişik Pişirme Yöntemlerinin Lambuka (*Coryphaena hippurus*) Filetolarının Yağ Asidi Kompozisyonu Üzerine Etkileri. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 13 (2) , 752-763. DOI: 10.31466/kfbd.1290562.
2. Akgül, N. & Başhan, M. (2023). Değişik Pişirme Yöntemlerinin Akya (*Lichia amia*) Filetolarının Yağ Asidi Kompozisyonu Üzerine Etkileri. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi , , -
<https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1209082>.
3. Akgül, N., Kızmaz, V., Başhan, U., Başhan, M., Akdeniz'den toplanan bazı balıkların total yağ asidi içeriği., 1. Uluslar arası Sağlık Bilimleri Kongresi, 02-05 Mayıs, 2018. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur.
4. Akgül, N., Kızmaz, V., Başhan, U., Başhan, M., Akdeniz'den toplanan lambuka ve akya balıklarının fosfolipit ve triaçilgliserol yağ asidi içeriği., 1. Uluslar arası Sağlık Bilimleri Kongresi, 02-05 Mayıs, 2018. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur.

Özel İlgiler

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ BENZERLİK BİLDİRİMİ FORMU

Öğrencinin Adı, Soyadı	Nasuh Akgül
Öğrenci No	19801502
Ana Bilim Dalı	Biyoloji
Program Türü	Proje ☐ Yüksek Lisans ☐ Doktora ☒
Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)	Prof. Dr. Mehmet Başhan
(Varsa) II. Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)	
Tez Başlığı	Akya (<i>Lichia amia</i>) ve Lambuka (<i>Coryphaena hippurus</i>) Balık Filetolarının Total Nem, Total Lipit ve Yağ Asidi Bileşimine Farklı Pişirme Tekniklerinin Etkisi
RAPOR BİLGİLERİ	
Raporlama Aşaması	Tez Savunma Sınavı Sonrası
Sayfa Sayısı	144
Raporlama Tarihi	19.07.2023
Benzerlik Oranı (%)	%15

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmamın toplam 144 sayfalık kısmına ilişkin, 19/07/2023 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından turnitin isimli intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 15 olarak tespit edilmiştir.

Uygulanan filtrelemeler:

- ☐Başlangıç Bölümleri (Kabul ve Onay sayfası, Teşekkür sayfası, Özet/Abstract) hariç
☒Kaynaklar hariç
☒Alıntılar hariç
☐Diğer (Açıklayınız)

Tezimin benzerlik oranı, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İntihal Raporu Uygulama Esaslarında belirtilen üst sınır benzerlik oranını aşmamaktadır. Benzerlik oranım üst sınır benzerlik oranının altında olsa dahi aksinin tespit edilmesi durumunda her türlü yasal sorumluluğu kabul ettiğimi ve hukuki sonuçlarına razı olduğumu bildirir, gereğini arz ederim.

Öğrencinin Adı, Soyadı: Nasuh Akgül

Tarih:19.07.2023

Adı, Soyadı: Prof. Dr. Mehmet Başhan
Tarih:

İmza:

Ana Bilim Dalı Başkanı:

Prof. Dr. Ahmet Kılıç

Tarih:

İmza: