

**TÜRKİYE SULARINDA AVLANAN *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758)'UN
KAS DOKUSU YAĞ ASİDİ KOMPOZİSYONUNUN LOKASYONA VE
MEVSİME GÖRE DEĞİŞİMİ**

**THE SEASONAL AND LOCATIONAL VARIATION OF FATTY ACID
COMPOSITION OF *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758) MUSCLE
CAPTURED IN TURKISH WATERS**

ELİF YAĞMUR ÖZDEMİR

PROF. DR. SEDAT VAHDET YERLİ

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Biyoloji Anabilim Dalı için Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

ÖZET

TÜRKİYE SULARINDA AVLANAN *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758)'UN KAS DOKUSU YAĞ ASİDİ KOMPOZİSYONUNUN LOKASYONA VE MEVSİME GÖRE DEĞİŞİMİ

Elif Yağmur ÖZDEMİR

Yüksek Lisans, Biyoloji Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Sedat Vahdet YERLİ

Haziran 2022, 57 sayfa

Sunulan tez kapsamında Türkiye’de Karadeniz ve Marmara Denizi’nden avlanan hamsi balığının (*Engraulis encrasicolus*) kas dokusundaki yağ asidi içeriğinin mevsimsel ve lokasyona bağlı değişimi araştırılmıştır. Her lokasyondan av sezonu boyunca aylık alınan balık kas örnekleri paçal yapılarak elde edilen yağ örneklerinin gaz kromatografisi (GC) ile yağ asitleri kompozisyonu incelenmiştir. Farklı lokasyon ve avlama mevsimlerine bağlı olarak hamsi etinin yağ asidi kompozisyonundaki değişimlerinin belirlenmesi ile su ürünlerinde sağlık açısından besin değeri araştırmalarına katkıda bulunmak amaçlanmıştır. Gaz kromatografi sonuçlarına göre kas dokusunda hem Marmara Denizi hem de Karadeniz için tüm avlanma aylarında en yüksek yüzdeye sahip doymuş yağ asidi palmitik asittir. Toplam doymuş yağ asidi (SFA) oranı Marmara popülasyonunda %29,89 ile en yüksek Mart ayında görülmüşken; %19,43 ile en düşük Aralık ayında görülmüştür. Karadeniz’de ise bu oranlar %25,52 (Aralık) ve %16,22 (Ocak) şeklindedir. Toplam SFA oranında, aylık karşılaştırmalarda her iki popülasyon için de istatistiki açıdan önemli farklılıklar gözlenmiştir ($p<0,05$). Marmara ve Karadeniz popülasyonları için toplam MUFA (tekli doymamış yağ asidi) yüzdeleri sırasıyla 23,78 – 24,93 ve 16,06 – 23,57 arasındadır. Karadeniz’de Σ MUFA

içinde Aralık ve Mayıs aylarında C18:1 n-9 baskın bulunurken diğer avlanma ayları olan Kasım, Ocak, Şubat ve Mart aylarında C16:1 baskın bulunmuştur. Marmara'da ise Σ MUFA içinde Kasım ve Mart aylarında C18:1 n-9 baskın bulunurken, Aralık ayında C16:1 baskın bulunmuştur. Toplam MUFA oranında her iki popülasyon için de avlanma ayları arasında istatistiki açıdan önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Hamsinin tüm av sezonu ve lokasyonunda önemli miktarlarda DHA ve EPA içerdiği tespit edilmiştir. Tüm avlanma aylarında hem Karadeniz hem de Marmara hamsisinde DHA (dokosaheksanoik asit) seviyeleri EPA'dan (eikosapentanoik asit) daha yüksek bulunmuştur. Karadeniz hamsisinde Kasım, Şubat ve Mart aylarında Σ PUFA (çoklu doymamış yağ asidi) yüzdelerinde istatistiki farklılık ($p<0,05$) gözlenmiş ancak Aralık, Ocak ve Mayıs aylarında bu yüzdeler istatistiki olarak benzer bulunmuştur. Marmara hamsisinde ise avlanma sezonu boyunca Σ PUFA yüzdelerinde istatistiki bir farklılık gözlenmemiştir. Ortalama Σ PUFA yüzdeleri ise Karadeniz ve Marmara için farklılık ($p<0,05$) göstermiş, Marmara sularında yakalanan hamsilerde bu yüzdenin daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Σ PUFA ile Σ n-3 yüzdeleri bu çalışmada, hem Karadeniz hem de Marmara Denizi'nde deniz suyu sıcaklığıyla doğru orantı yakalamıştır. Karadeniz popülasyonunda kondisyon faktörü ile n-3 PUFA arasında doğru orantılı bir ilişki yakalanmış ve kondisyon faktörünün yüksek olduğu aylarda n-3 PUFA yüzdelerinin de yüksek olduğu saptanmıştır. N-3/n-6 oranı Karadeniz'de tüm avlanma sezonu boyunca istatistiksel olarak farklılık göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: *Engraulis encrasicolus*, hamsi, yağ asitleri, mevsimsel değişim, lokasyona bağlı değişim, kas dokusu, Karadeniz, Marmara Denizi

ABSTRACT

THE SEASONAL AND LOCATIONAL VARIATION OF FATTY ACID COMPOSITION OF *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758) MUSCLE CAPTURED IN TURKISH WATERS

Elif Yağmur ÖZDEMİR

Master of Science, Department of Biology

Supervisor: Prof. Dr. Sedat Vahdet YERLİ

June 2022, 57 pages

Within the scope of the presented thesis, seasonal and locational changes in the fatty acid content of the muscle tissue of European anchovy (*Engraulis encrasicolus*) captured from the Black Sea and Marmara Sea in Turkey were investigated. Fish muscle samples taken monthly from each location during the fishing season were analyzed by gas chromatography (GC). It is aimed to contribute to the nutritional value researches in terms of health in aquatic products by determining the changes in fatty acid composition of anchovy muscle depending on different locations and catching seasons. According to the results of gas chromatography, palmitic acid has the highest percentage of saturated fatty acid in muscle tissue during all fishing months for both the Marmara Sea and the Black Sea. Total saturated fatty acid ratio was highest in March with 29.89% in Marmara population, and lowest in December with 19.43%. In the Black Sea, these rates were 25.52% (December) and 16.22% (January). Statistically significant differences were observed in the total SFA (saturated fatty acid) ratio for both populations in monthly comparisons ($p < 0.05$). The total MUFA (Monounsaturated fatty

acid) percentages for the Marmara and Black Sea populations ranged between 23.78 - 24.93 and 16.06 - 23.57, respectively. In the Black Sea, C18:1 n-9 was dominant in Σ MUFA in December and May, while C16:1 was dominant in November, January, February and March. In Marmara population, C18:1 n-9 was dominant in Σ MUFA in November and March, while C16:1 was dominant in December. No statistically significant difference was observed between the catching months for both populations in the total MUFA ratio. It has been determined that European anchovy contains significant amounts of DHA (docosahexaenoic acid) and EPA (eicosapentaenoic acid) in all catching seasons and locations. DHA levels were higher than EPA in both Black Sea and Marmara anchovy during all fishing months. A statistical difference ($p < 0.05$) was observed in Σ PUFA (polyunsaturated fatty acid) percentages in Black Sea anchovy in November, February and March, however the percentages were found to be statistically similar in December, January and May. In Marmara anchovy, on the other hand, no statistical difference was observed in Σ PUFA percentages during the catching season. Average Σ PUFA percentage differed for Black Sea and Marmara ($p < 0.05$), and was found to be higher in anchovy caught in Marmara Sea. The percentages of Σ PUFA and Σ n-3 were directly proportional to the sea water temperature in both the Black Sea and the Marmara Sea in this study. In the Black Sea population, a directly proportional relationship was found between the Fulton's condition factor and n-3 PUFA, and it was determined that the n-3 PUFA percentages were also high in the months when the Fulton's condition factor was high. The n-3/n-6 ratio varied statistically throughout the entire fishing season in the Black Sea.

Keywords: *Engraulis encrasicolus*, anchovy, fatty acids, seasonal variation, locational variation, muscle tissue, Black Sea, Marmara Sea

TEŞEKKÜR

*Bu tez çalışmamın gerçekleştirilmesinde bana her türlü desteği veren başta tez danışmanım, değerli hocam Sayın **Prof. Dr. Sedat Vahdet Yerli** 'ye;*

*Araştırma Görevlisi Sayın **Dr. Fatih Mangıt** ve Sayın **Dr. Mustafa Korkmaz** 'a;*

*Balık örneklerinin toplanması ve saklanması konusunda destek veren İstanbul Büyükşehir Belediyesi İSYÖN A. Ş. Genel Müdürü Sayın Hamdi Arpa ve Su Ürünleri Hal İşletme Müdürü Sayın **Muharrem Aksoy** 'a;*

*Laboratuvar imkânlarından faydalandıran H.Ü. Fen Fakültesi Kimya Bölümü, Biyokimya Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Sayın **Doç. Dr. Nilay Bereli** 'ye;*

*Örneklerin analize hazırlanmasında laboratuvar imkânlarından faydalandıran **Febas Çevre Laboratuvarı Analiz San. ve Tic. Ltd. Şti.** 'ne;*

*Hazırlanan örneklerin Gaz Kromatografisinde analizi için laboratuvar imkânlarından faydalandıran **Tarım ve Orman Bakanlığı, Akdeniz Su Ürünleri Araştırma, Üretim ve Eğitim Enstitü Müdürlüğüne**;*

*İstatistiki analizlerin yapılmasında katkı veren Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Öğretim Üyesi Sayın **Doç. Dr. Hüseyin Sevgili** 'ye*

ve

*bugüne kadar maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen annem **Dr. Gülnur P. Özdemir** ve babam **Dr. Atilla Özdemir** 'e*

şükranlarımı sunarım.

E. Yağmur ÖZDEMİR

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	6
2.1. Balık Lipitlerinin Özellikleri ve Önemi	6
2.2. Balık Lipitlerinin İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi	8
2.3. Hamsi, <i>Engraulis encrasicolus</i> (Linnaeus, 1758).....	11
3. LİTERATÜR ÖZETİ	14
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	24
4.1. Materyal.....	24
4.2. Metot	25
4.2.1. Lipit Ekstraksiyonu	25
4.2.2. Yağ Asidi Metil Esterlerinin Hazırlanması (Metilasyon)	25
4.2.3. Gaz Kromatografisi ile Analiz	25
4.3. İstatistiki Değerlendirme	26
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	27
5.1. Marmara Sularında Yakalanan Hamsi Balığının Kas Dokusundaki Yağ Asidi Kompozisyonunun Avlanma Aylarına Bağlı Değişimi.....	28
5.1.1. Doymuş Yağ Asitleri (SFA).....	29
5.1.2. Tekli Doymamış Yağ Asitleri (MUFA)	30
5.1.3. Çoklu Doymamış Yağ Asitleri (PUFA)	32

5.2. Karadeniz Sularında Yakalanan Hamsi Balığının Kas Dokusundaki Yağ Asidi Kompozisyonunun Avlanma Aylarına Göre Değişimi.....	34
5.2.1. Doymuş Yağ Asitleri (SFA)	35
5.2.2. Tekli Doymamış Yağ Asitleri (MUFA).....	36
5.2.3. Çoklu Doymamış Yağ Asitleri (PUFA).....	37
5.3. Karadeniz ve Marmara Popülasyonu Toplam Omega-3 Yüzdelerinin Kondisyon Faktörü ile Sıcaklığa Bağlı Değişimi.....	39
6. YORUM.....	42
7. KAYNAKLAR	49
EKLER.....	55
Ek 1 – Tez Çalışması Orjinallik Raporu.....	55
ÖZGEÇMİŞ	57

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Yağ asidi yapısı	1
Şekil 1.2. Yaygın n-3 ve n-6 çoklu doymamış yağ asitlerinin kimyasal yapısı	2
Şekil 1.3. Omega-3 ve omega-6 metabolizma yolları.	3
Şekil 2.1. Hamsinin genel görüntüsü.....	11
Şekil 2.2. Hamsi (<i>Engraulis encrasicolus</i>) Dağılım Haritası	12
Şekil 4.1. Materyal olarak kullanılan hamsi örneği.....	24
Şekil 4.2. Kullanılan Gaz Kromatografisi	26
Şekil 5.1. Marmara sularında yakalanan hamsi balıklarının kas dokusundaki toplam SFA oranlarının avlanma aylarına bağlı değişimi (%).	29
Şekil 5.2. Marmara sularında yakalanan hamsi balıklarının kas dokusundaki doymuş yağ asidi oranlarının avlanma aylarına bağlı değişimi (%).	30
Şekil 5.3. Marmara sularında yakalanan hamsi balıklarının kas dokusundaki toplam MUFA oranlarının avlanma aylarına bağlı değişimi (%).	31
Şekil 5.4. Marmara sularında yakalanan hamsi balıklarının kas dokusundaki tekli doymamış yağ asidi oranlarının avlanma aylarına bağlı değişimi (%).	32
Şekil 5.5. Marmara sularında yakalanan hamsi balıklarının kas dokusundaki toplam PUFA oranlarının avlanma aylarına bağlı değişimi (%).	33
Şekil 5.6. Marmara sularında yakalanan hamsi balıklarının kas dokusundaki çoklu doymamış yağ asidi oranlarının avlanma aylarına bağlı değişimi (%).	34
Şekil 5.7. Karadeniz sularında yakalanan hamsi balıklarının kas dokusundaki doymuş yağ asitleri ile toplam SFA oranlarının avlanma aylarına bağlı değişimi (%).	36
Şekil 5.8. Karadeniz sularında yakalanan hamsi balıklarının kas dokusundaki tekli doymamış yağ asitleri ile toplam MUFA oranlarının avlanma aylarına bağlı değişimi (%).	37
Şekil 5.9. Karadeniz sularında yakalanan hamsi balıklarının kas dokusundaki tekli doymamış yağ asitleri ile toplam PUFA oranlarının avlanma aylarına bağlı değişimi (%).	38
Şekil 5.10. Karadeniz popülasyonundaki kondisyon faktörlerinin aylık ve deniz suyu sıcaklığına bağlı değişimi	39

Şekil 5.11. Marmara Denizi popülasyonundaki kondisyon faktörlerinin aylık ve deniz suyu sıcaklığına bağlı değişimi.....	40
Şekil 5.12. Karadeniz popülasyonu toplam omega-3 değerlerinin kondisyon faktörüne bağlı değişimi.....	40
Şekil 5.13. Marmara Denizi popülasyonu toplam omega-3 değerlerinin kondisyon faktörüne bağlı değişimi	41



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Diğer çalışmalarda elde edilen toplam SFA, MUFA, PUFA yüzdeleri	20
Çizelge 3.2. Diğer çalışmalarda elde edilen EPA, DHA, $\Sigma n-3$ ile $\Sigma n-6$ değerleri (%) ...	22
Çizelge 3.3. Diğer çalışmalarda elde edilen Karadeniz popülasyonu aylık $\Sigma n-3$ yüzde değerleri.....	23
Çizelge 5.1. Karadeniz sularında avlanan hamsi balıklarının total boy ve ağırlık değerlerinin aylık değişimi ($n=20$, $\pm$ standart hata)	27
Çizelge 5.2. Marmara sularında avlanan hamsi balıklarının total boy ve ağırlık değerlerinin aylık değişimi ($n=20$, $\pm$ standart hata)	27
Çizelge 5.3. Karadeniz ve Marmara Denizi popülasyonlarının kondisyon faktörleri.....	27
Çizelge 5.4. Karadeniz ve Marmara Denizi deniz suyu sıcaklıkları ($^{\circ}\text{C}$)	28
Çizelge 5.5. Marmara sularında yakalanan hamsi balıklarının kas dokusundaki yağ asitlerinin avlanma aylarına bağlı değişimi (% , $\pm$ standart hata).	28
Çizelge 5.6: Karadeniz sularında yakalanan hamsi balıklarının kas dokusundaki yağ asitlerinin avlanma aylarına bağlı değişimi (% , $\pm$ standart hata).	34
Çizelge 6.1. Bu çalışma ile diğer çalışmalarda elde edilen Karadeniz popülasyonu aylık ΣSFA değerleri (%)	43
Çizelge 6.2. Bu çalışma ile diğer çalışmalardaki baskın MUFA	44
Çizelge 6.3. Bu çalışma ile diğer çalışmalarda elde edilen toplam SFA, MUFA, PUFA değerleri (%).....	46
Çizelge 6.4. Bu çalışma ile diğer çalışmalarda elde edilen Karadeniz popülasyonuna ait $n-3$ / $n-6$ oranları.....	47

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

n-3	Omega-3
n-6	Omega-6
ppt	parts per thousand: binde bir

Kısaltmalar

SFA	Saturated Fatty Acids: Doymuş Yağ Asitleri
MUFA	Mono Unsaturated Fatty Acids: Tekli Doymamış Yağ Asitleri
PUFA	Poly Unsaturated Fatty Acids: Çoklu Doymamış Yağ Asitleri
AA	Araşidonik Asit
EPA	Eikosapentaenoik Asit
DHA	Dokosaheksaenoik Asit
ALA	Alfa-linolenik Asit
LA	Linoleik Asit
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TEPGE	Tarımsal Ekonomi Ve Politika Geliştirme Enstitüsü
LC PUFA	Long Chain Poly Unsaturated Fatty Acids: Uzun Zincirli Çoklu Doymamış Yağ Asitleri
RCT	Randomized Controlled Trial: Randomize Kontrol Denemesi
ISSFAL	International Society for the Study of Fatty Acids and Lipids: Uluslararası Yağ Asitleri ve Lipitler Çalışması Derneği
EFSA	The European Food Safety Authority: Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi
WHO	World Health Organization: Dünya Sağlık Örgütü

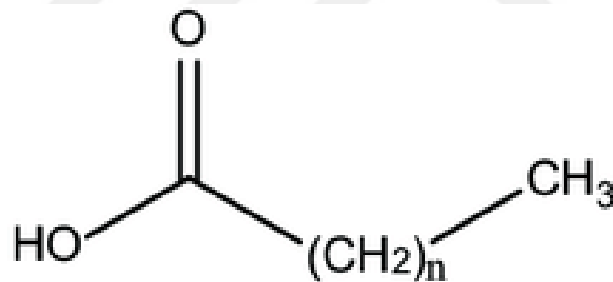
FAO	The Food and Agriculture Organization of the United Nations: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
GC	Gas Chromatography: Gaz Kromatografisi



1. GİRİŞ

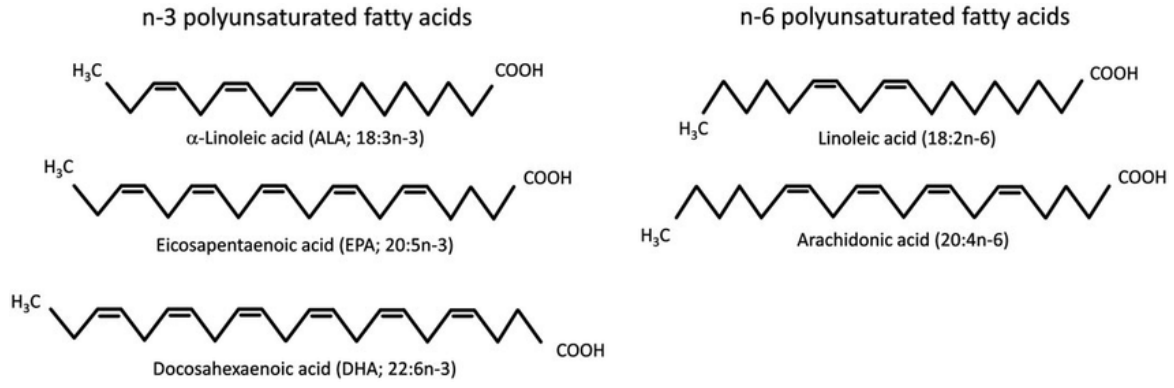
Lipitler, suda çözünmeyen organik bileşiklerdi ve tüm canlıların yapısında bulunurlar. Lipitler; trigliseritler, fosfolipitler ve steroidler gibi önemli birçok grubu bulunmaktadır. Enerji kaynağı olmakla birlikte hormonların, hücre zarlarının ve sinyal moleküllerinin önemli bileşenleridir.

Yağ asitleri, lipidlerin en temel kategorilerinden biridir ve çoğunlukla kompleks lipidlerin yapı taşı olarak bilinirler. Yağ asitleri hidrokarbon zincirlerinden oluşur ve zincirin bir ucunda metil grubu diğer ucunda ise karboksil grubu bulunur. Yağ asitleri, çift bağların varlığına ve içerdikleri çift bağ sayısına göre sınıflandırılır. Doymuş yağ asitleri (SFA) hiç çift bağ bulundurmazlar. Tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) sadece tek bir çift bağ içerirken çoklu doymamış yağ asitlerinde (PUFA) ise iki ve ya daha fazla çift bağ mevcuttur. Çift bağların sayısı ve konumu, yağ asitlerinin fiziksel ve fonksiyonel özelliklerini belirler.



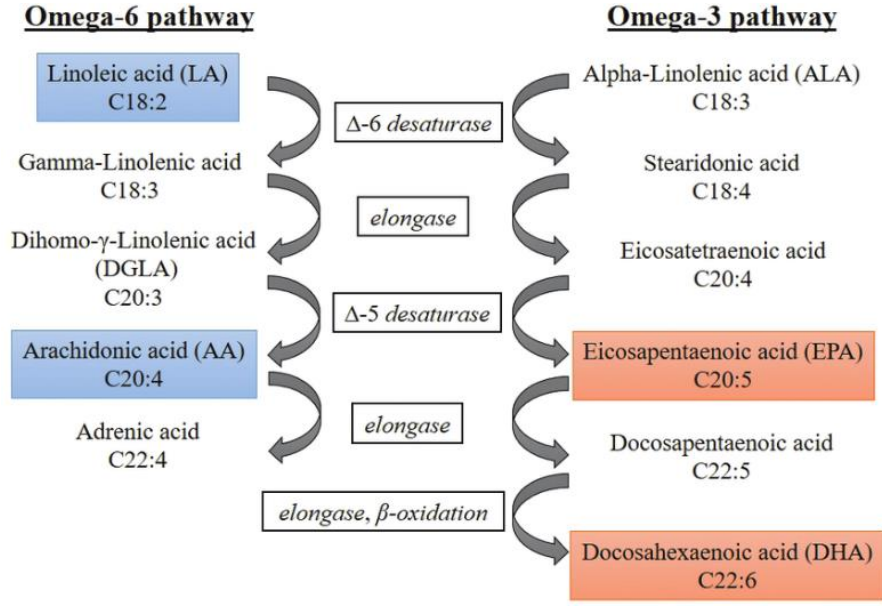
Şekil 1.1. Yağ asidi yapısı (Mortensen ve ark., 2017).

Çoklu doymamış yağ asitleri karbon zincirindeki ilk çift bağı konumuna göre farklılık gösterirler. Metil grubundan itibaren ilk çift bağı üçüncü ve dördüncü karbon atomları arasında oluşan yağ asitleri, omega-3 ya da n-3 olarak adlandırılırlar. Omega- 6 ya da n-6 yağ asitlerinin ise ilk çift bağı altıncı ve yedinci karbon atomları arasındadır (Marventano ve ark., 2015).



Şekil 1.2. Yaygın n-3 ve n-6 çoklu doymamış yağ asitlerinin kimyasal yapısı (Marventano ve ark., 2015).

Yağ asitlerinin bir kısmı insan vücudu tarafından sentezlenebilirken, sentezi mümkün olmayan yağ asitlerine esansiyel yağ asitleri adı verilir (EFAs) ve vücuda beslenme yoluyla alınması gerekir (Innis, 1991; Taşbozan ve Gökçe, 2017). Omega-3 ve omega-6 PUFA aileleri, de novo sentezlenemedikleri için insanlarda esansiyel konumundadır. İnsan vücudunda n-3 ve n-6 PUFA sentezi mümkün değildir, ancak metabolik yollarla n-6 araşidonik asit (AA) ile n-3 eikosapentaenoik asit (EPA) ve n-3 dokosaheksaenoik asit (DHA) eldesi mümkündür. 20:5 EPA ve 22:6 DHA, ana bileşikleri olan esansiyel yağ asidi 18:3 a-linolenik asitten (ALA) enzimatik yollarla in vivo olarak elde edilebilir. Bir diğer esansiyel yağ asidi olan 18:2 linoleik asit (LA) ise yine aynı enzimatik yollarla 20:4 AA'ya dönüşebilir. ALA ve LA'nın metabolizmalarında desatüraz ve elongaz enzim sistemleri hem n-3 hem de n-6 PUFA için aynıdır (Gerster, 1998; Arts ve ark., 2001). LA ile kıyaslandığında Delta-6 desatüraz enzimi ALA'ya daha yüksek afiniteye sahip olsa bile günümüz diyetlerinde LA alımının ALA'dan çok daha yüksek olması sebebiyle LA'nın, ALA metabolizmasını yani EPA ve DHA'ya dönüşümünü sınırladığı düşünülmektedir (Palmquist, 2009). N-6 ve n-3 PUFA arasındaki metabolik rekabet göz önüne alındığında, mevcut diyetle genellikle n-6 yağ asitleri oranının çok yüksek olduğu varsayılır (Palmquist, 2009).



Şekil 1.3. Omega-3 ve omega-6 metabolizma yolları (Nagy ve Tiuca, 2017).

Tarım öncesi zamanlarda insanlara sunulan yiyecekler av eti, balık, kabuklu deniz ürünleri, yeşil yapraklı sebzeler, meyveler, bal ve kuruyemişlerdi (Simopoulos, 2003). Günümüzdekilere kıyasla daha yüksek miktarlarda n-3 PUFA ve daha düşük miktarlarda n-6 PUFA içeren bu diyet biçimi, insan beslenmesinin genetiğini şekillendirmiş oldu. Tahılın n-6 PUFA açısından zengin ve n-3 PUFA açısından düşük olması ve özellikle tarım devriminden sonra insan diyetindeki payının artmasıyla birlikte insanların adapte olduğu n-6/n-3 PUFA dengesi son 10.000 yılda önemli düzeyde değişiklik göstermiştir (Simopoulos, 2002a; Ward ve Singh, 2005). Nükleer DNA için spontan mutasyon oranının milyon yılda %0,5 olduğu varsayımıyla insan genetiğinin beslenme alışkanlığındaki bu hızlı değişime adapte olamadığı ve hala yüksek n-3 PUFA içeren diyetlere uygun olduğu düşünülmektedir (Simopoulos, 2003). N-6/n-3 oranının günümüz diyetlerinde 15-20 arasında olduğu bilinirken, insanın evrimi sırasında 1'e yakın olduğu tahmin edilmektedir (Simopoulos, 2001, 2002b).

Sağlık üzerinde çok sayıda olumlu etkilerinden dolayı balıkların lipid bileşenlerinin değişimi üzerine birçok araştırma yapılmıştır. EPA ve DHA'nın kardiyovasküler hastalıklar, kanser ve otoimmün hastalıklar ile hiperaktivite, davranış bozuklukları ve depresyon gibi birçok rahatsızlık üzerinde olumlu etkileri olduğu bilinmektedir.

Kırmızı kaslarda lipid miktarının fazla oluşu kas dokusunu balığın hem lezzet hem de besin içeriği açısından en çok tercih edilen bölümü haline getirir. Sağlıklı ve dengeli beslenme için alınması gereken çoklu doymamış yağ asitleri, esansiyel aminoasitler, mineral maddeler ve vitaminleri kas dokusunda barındırması deniz balıklarına olan ilgiyi artırmıştır (Fidanbaş, Bilgin ve Ertan, 2016).

Balıkçılık ve Su ürünleri Genel Müdürlüğü'nün 2021 yılı su ürünleri istatistiklerine göre 2020 yılı Türkiye su ürünleri üretiminin 364.400 tonu deniz ve iç su avcılığıyla, 421.411 tonu ise yetiştiricilikle sağlanmıştır. Toplam 785.811 ton üretimin değeri 13.708.550.105 TL ile son 20 yılın en yüksek değeridir (TEPGE, 2021).

Türkiye'deki kişi başı su ürünleri tüketimi dünya ortalamasına (yaklaşık 20 kg) kıyasla çok düşüktür. Tüketim miktarı; alım gücü, su ürünlerinin üretim ve fiyatı ile beslenme alışkanlıkları gibi dinamik faktörlere bağlıdır. Türkiye'de su ürünleri tüketimi bölgelere göre farklılık göstermekle birlikte, TÜİK 2021 verilerine göre su ürünlerinin kişi başı tüketimi 2020 yılında 6,7 kg ile son 8 yılın en yüksek değerine ulaşmıştır (TEPGE, 2021).

Deniz balıkları avcılığı ise 2020 yılında 291.910 ton olarak gerçekleşmiştir. Hamsi 2020 yılında 171.253 ton ile avcılığı en çok yapılan pelajik deniz balıklarının başında gelirken hamsiyi 26.804 ton ile çaça, 21.265 ton ile sardalya takip etmektedir (TEPGE, 2021).

Hamsi avcılığının diğer balıklara kıyasla çok daha yüksek miktarlarda olması, ekonomik olarak ulaşılabilirliğinin daha kolay olması, yağlı balık kategorisinde olması, sağlığa ciddi katkısı olan Omega seri yağ asitlerini ihtiva etmesi sebebiyle bu araştırmada yağ asidi kaynağı olarak hamsi tercih edilmiştir.

Mevsimlere ve lokasyona bağlı olarak değişen su sıcaklığı ile ortamdaki besin maddeleri gibi bazı dış kaynaklı faktörler balık etinin kimyasal kompozisyonunu etkilemektedir. Birçok araştırmacı, çeşitli balık türlerinde farklı lokasyon ve avlama mevsimlerine bağlı olarak balık etinin yağ asidi kompozisyonundaki değişimleri ortaya koymuştur. Bu değişimlerin ortaya konması, hem balık işleme teknolojisi hem de gıda

ve sağlık sektörü açısından son derece faydalı olmaktadır. Bu çalışmada hamsinin yağ asidi kompozisyonundaki mevsimsel ve lokasyona bağlı değişimler izlenerek su ürünlerinde besin değerleri araştırmalarına veri katkısı sağlanması ve sunulan bu veriler ile hamsi tüketiminin özendirilmesi amaçlanmıştır.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Balık Lipitlerinin Özellikleri ve Önemi

Tarih boyunca insan beslenmesinde yeri hep olan balık, içerdiği protein ve lipit miktarıyla besin değeri yüksek gıdalar arasındadır. Zengin protein içeriğine sahip olan balıklar hem düşük kalori yoğunluğuna sahiptir hem de karasal-hayvansal gıdalara kıyasla çok daha yüksek oranda n-3 LC PUFA içerir (Tacon ve Metian, 2013). Balık etini değerli kılan en önemli bileşeni n-3 PUFA olmuştur. Balıklar lipitleri iskelet kası içerisinde, deri altında, karın bölgesinde ve karaciğer dokusunda depo ederler (Gunstone, Harwood ve Padley, 1986; Meriç ve Demir, 2011).

Balıklar içerdikleri lipit miktarına göre 3 gruba ayrılırlar. Mezgit, kalkan, dil balığı gibi lipit oranı %5'in altında olan balıklar yağsız balık kategorisine girerken alabalık, palamut, uskumru ve hamsi gibi kırmızı etli balıklar %5 ila 10 arası lipit oranına sahiplerdir ve yağlı balık olarak sınıflandırılırlar. Lipit oranı %10'un üzerinde olan balıklar ise çok yağlı balıklar kategorisindedir ve örnek olarak sardalya ve yılan balığı verilebilir (Gülyavuz ve Ünlüsayın, 1999). Lipitler balık vücudunda homojen bir dağılım göstermezler. Yağsız balıklar lipitlerin büyük bir miktarını karın bölgesi veya karaciğer dokusunda (Huss, 1988) depo ederken, yağlı balıklarda lipitler daha çok kas dokuları arasında kürecik formunda depolanmıştır (Meriç ve Demir, 2011). Lipitlerin büyük bir kısmı enerji kaynağı olarak kullanılırken, belli bir kısmı da vücudun farklı bölgelerindeki fizyolojik olaylara katılır.

Balıklar; gelişme, büyüme ve üreme için EPA, DHA ve AA'e ihtiyaç duyarlar (Rodriguez ve ark., 2004). Depo lipitleri aynı zamanda yumurta ve sperm olgunlaşması için kullanılır ve yumurta bırakma periyodu sonrasında vücut ağırlığında düşüş gerçekleşir (Danneving ve Norum, 1982). Balıklarda bazı fotoreseptörlerin temel bileşeni olan DHA, membran akışkanlığının kontrolünde ve sıcaklık adaptasyon süreçlerinde aktif rol oynar (Farkas ve ark., 1980).

İnsanlar, n-6/n-3 PUFA oranının yaklaşık 1 olduğu bir diyetle evrimleşmiştir, oysa diyetin evrimsel yönleri, modern avcı-toplayıcı diyeti ve geleneksel diyetler vb. üzerine

yapılan birçok çalışma sonucu günümüz Batı diyetlerinde bu oranın 15/1 ile 16.7/1 arasında değiştiği belirlenmiştir (Simopoulos, 2002b). Modern tarım sayesinde bitkisel yağların kolay eldesi ile hızla gelişen tarım ticareti, n-6 PUFA artışına yol açarken n-3 PUFA 'da azalmaya sebep olmuştur. Tarım ticareti aynı zamanda hayvan karkaslarındaki n-3 PUFA miktarının büyük miktarda azalmasına da katkıda bulunmuştur. Yapılan bazı çalışmalarda yabani hayvan ve bitkilerle beslenen memelilerin evcil hayvanlarda bulunan miktara kıyasla yaklaşık beş kat daha fazla n-3 PUFA içerdiği saptanmıştır (Crawford, 1968; Ledger, 1968; Eaton ve Konner, 1988). Benzer başka bir çalışmada evcil sığır etinin çok az veya saptanamayan miktarlarda ALA içerdiği, çünkü sığırların n-6 PUFA açısından zengin ve n-3 PUFA açısından fakir tahıllarla beslendiğine değinilmiştir. Evcil sığırların aksine, eğrelti otları ve yosunlarla beslenen geyiklerin etlerinde çok daha fazla ALA bulunduğu saptanmıştır (Crawford, Gale ve Woodford, 1969). N-6/n-3 oranındaki bu büyük değişim evrimle karakteristikleşen diyet genlerimizdeki dengeye aykırı hale gelmiştir (Simopoulos, 2002b). Bu nedenle n-6 ve n-3 PUFA'ların daha dengeli alınması gerektiği önerilmektedir. 1:1 ila 4:1 arasında bir alım oranı genellikle tavsiye edilir (Simopoulos, 1991; 2001; 2002b). Bu nedenle, yetişkinler için günlük en az 220 g hem EPA hem de DHA alımının yeterli olduğu öne sürülmüştür (Simopoulos, 2002b). Konu ile ilgili resmi bir yönetmelik bulunmadığından, birçok ülke günlük EPA ve DHA alımı için kendi tavsiyelerini oluşturmuştur (Givens ve Gibbs, 2008).

EPA ve DHA gibi n-3 yağ asitleri ilk olarak *Chlorella pyrenoidosa*, *Dunaliella salina*, *Arthrospira platensis* gibi algler tarafından suda sentezlenir (Öztürk, 2014) ve daha sonra besin zinciri yoluyla balıklarda birikerek besin zincirine katılmış olurlar (Fidanbaş, Bilgin ve Ertan, 2016).

Bu birikim balıkları EPA ve DHA açısından oldukça zengin kılar (Gordon ve Ratliff 1992). Yüksek n-3 miktarları ile balıklar, tavsiye edilen n-6/n-3 oranlarına uygun beslenme için tercih edilebilecek iyi bir kaynaktır ve bu sayede günlük diyetle dahil edilmesi önemli hale gelmiştir.

2.2. Balık Lipitlerinin İnsan Sağlığı Üzerine Etkisi

İnsan sağlığı ile beslenme alışkanlıkları arasındaki ilişkiye yönelik yapılan birçok araştırma, çoğu hastalığa besin maddelerinin ve beslenme alışkanlıklarının neden olduğunu göstermiş ve dengeli beslenmenin önemini vurgulamıştır. Balık lipitlerinin, özellikle n-3 serisi yağ asitleri, insan vücudunda biyokimyasal ve fizyolojik aktivitelerde önemli görevler üstlendiği artık kesin olarak bilinmektedir. Yapılan araştırmalar, balık lipitlerinin kardiyovasküler rahatsızlıklar, kanser ve bağışıklık sistemi bozukluğu gibi birçok hastalıkların tedavisine olumlu etkisinin olduğunu vurgulamakla birlikte alzheimer, davranış bozukluğu, hiperaktivite gibi hastalıkların oluşmasını önleyici rolünü de ortaya çıkarmıştır.

Carroll'un (1886) da bahsettiği gibi balık yağlarının biyolojik etkilerine yönelik mevcut ilgi, büyük ölçüde Grönland Eskimoları üzerinde yapılan çalışmalardan gelişmiştir (Bang ve Dyerberg, 1980; Dyerberg, 1986). Bu tür çalışmalar için ana teşvik, bu insanların yağ ve hayvansal protein açısından yüksek bir diyet yemelerine rağmen çok az kardiyovasküler hastalık kanıtı gösterdiğinin farkına varılmasıydı. Eskimoların beslenme alışkanlıkları araştırılmış ve diyetlerinin oldukça büyük bir bölümünü (ortalama 400 gr/gün) foklar, balinalar ve balıklar dâhil olmak üzere deniz hayvanlarının oluşturduğu anlaşılmıştır. Eskimolar üzerinde yapılan çalışmaların çoğunda, diyetin lipid kısmına odaklanılmış ve etkin faktörün bu hayvanlarda bulunan n-3 yağ asitleri olduğu anlaşılmıştır (Çelik ve Demirel, 2004). Yapılan araştırmalar, Eskimoların neden bu kadar az kardiyovasküler hastalığa sahip olduğunun sebebi olan deniz lipitlerinin iki önemli etkisini ortaya çıkarmıştır. Yapılan bazı çalışmalarda (Phillipson ve ark., 1985; Herold ve Kinsella, 1986; Norum ve Drevon, 1986) çoklu doymamış balık yağlarının, serum trigliserit düzeylerini düşürmede çok etkili olduğu ve ayrıca serum kolesterol düzeylerini de düşürebildiği tespit edilmiştir. Bu çalışmalar ışığında 1980'lerin ortalarında balıktaki kolesterol düşürücü maddelerden birinin n-3 yağ asitleri olduğu kesinleşmiştir (Çelik ve Demirel, 2004). Ayrıca, balık yağı içeren diyetlerin kan pıhtılaşması üzerinde inhibitör bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum genellikle kalp krizi ve felçlerde önemli bir faktör olan tromboz riskini azalttığından n-3 PUFA balık yağlarının kardiyovasküler hastalıkların yönetimi için önemi ve gerekliliği artmıştır.

Hollanda'da gerçekleşen ve 20 yıl süren bir araştırmada hiç tüketmeyenlere kıyasla, günde en az 28 gr balık tüketenlerin kalp krizine bağlı ölüm oranının yarı yarıya azaldığı görülmüştür (Simopoulos, 1991; Harris ve Schacky, 2004). 1983 yılında kalp krizi geçirmiş erkeklere Omega-3 içeren bir diyet uygulatarak sonraki atakların riski araştırılmış ve yağlı balık yiyenlerin yemeyenlere oranla ölüm oranının % 29 azaldığı gözlenmiştir (Çelik ve Demirel, 2004).

Breslow (2006), yapılan 14 prospektif kohort çalışmasının sonucu olarak n-3 yağ asitleri, EPA ve DHA içeren balık veya balık yağı tüketmenin kardiyovasküler ölümün azalmasıyla ilişkili olduğunu ifade etmiştir. Bitkisel yağ türevi n-3 yağ asitlerinin (a-linolenik asit) tüketiminin ise EPA ve DHA kadar etkili olmadığı anlaşılmıştır. İkincil önleme bağlamındaki randomize kontrol denemeleri (RCT'ler), EPA ve DHA'nın birlikte tüketiminin <1 g/gün dozlarda koruyucu olduğunu da göstermektedir. >3 g/gün dozlarda EPA ile DHA tüketimi vasküler reaktiviteyi iyileştirmesinin yanı sıra, plazma triaçilgliserollerini, kan basıncını, trombosit agregasyonunu ve inflamasyonu azaltarak kardiyovasküler hastalık risk faktörlerini de iyileştirir. Esas olarak RCT'lerin sonuçlarına dayanarak, Amerikan Kalp Derneği haftada iki kez yağlı balık yenilmesini, ancak koroner kalp hastalığı olanların yağlı balıklardan veya gıda takviyelerinden günde 1 g EPA ve DHA almasını tavsiye etmektedir.

Yapılan bazı çalışmalarda tümör taşıyan farelerin veya sıçanların diyetini EPA veya DHA içeren yağlarla desteklemek, akciğer (Hardman, Moyer ve Cameron, 2000; Kimura, 2002), kolon (Calder ve ark., 1998; Chen ve Istfan, 2000), meme (Hardman ve ark., 1997; Connolly, Coleman ve Rose, 1999; Hardman, Moyer ve Cameron, 1999) ve prostat dahil olmak üzere çeşitli kanser türlerinin büyümesini yavaşlattığı tespit edilmiştir (Connolly, Coleman ve Rose, 1997). Birçok çalışmada n-3 yağ asitlerinin çeşitli kanser kemoterapi ilaçlarının ve kansere karşı radyasyon tedavisinin etkinliğini arttırdığından bahsedilmiştir. Örneğin, kemirgenlerin diyetine veya tedavi edilen hücrelerin kültür ortamına uzun zincirli (n-3) yağ asitleri dahil edildiğinde belirli kemoterapi ilaçları ile radyasyon tedavisinin etkinliklerinin arttığı raporlanmıştır (Hardman, 2002). Tedavilerin etkinliğini artırmasının yanı sıra n-3 yağ asitlerinin, meme (Stoll, 2002; Palmquist, 2009; Rendeiro ve ark., 2016) ve prostat kanseri (Itsiopoulos, Hodge ve Kaimakamis, 2009) gibi bazı kanser türlerinin gelişimine karşı koruyucu görev üstlendiği de tespit edilmiştir. Rendeiro ve ark. (2016), n-3 yağ

asitlerince zengin bir diyetin kemoterapinin neden olduğu nörojenik eksiklikleri iyileştirmeye yardımcı olabileceğini öne sürmüştür. Ayrıca n-3 yağ asitlerinin AIDS hastalarının tedavisinde olumlu etkileri olduğu da bildirilmiştir (Tort ve ark., 2016).

Birçok çalışma, diyetle yağ asidi eksikliğinin yenidoğan ve çocukların doğum öncesi ve doğum sonrası gelişimi üzerindeki etkilerini dikkatle değerlendirmiştir (Innis, 2007; Umhau ve Dauphinais, 2007; Osendarp, 2011; Lee, 2013). Burgess ve ark. (2000), yaptıkları çalışmada, n-6 ve n-3 uzun zincirli PUFA eksikliğinin dikkat eksikliği hiperaktivitesi olan çocuklar üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Gispert-Llaurado ve ark. (2016), biri yağlı balık olmak üzere haftada en az iki kez balık tüketen çocukların, tüketmeyenlere göre duygusal ve davranışsal sorunlar gösterme olasılıklarının daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir. ABD'de yapılan bir başka çalışmada yeterli düzeyde n-3 yağ asidi tüketemeyen çocukların n-3 yağ asitlerince zengin mamalarla beslenen çocuklara kıyasla daha fazla davranış bozuklukları, öğrenme ve uyku problemleri gösterdikleri saptanmıştır (Ward ve Singh, 2005).

Birkaç çalışma n-3 PUFA eksikliği ile depresyon ve duygudurum bozuklukları arasındaki ilişkiyi değerlendirmiştir (McNamara, 2016; Deacon ve ark., 2017). Yapılan çalışmalarda, n-3 PUFA yağ asitlerinin çeşitli psikolojik rahatsızlıklara, depresyona ve özellikle dikkat eksikliği hiperaktivite bozukluğuna (Sinn, 2007) karşı koruma sağladığı tespit edilmiştir. Ayrıca balık yağı ile zenginleştirilmiş insan diyetinin, bilişsel bozuklukların önlenmesi (Graciano ve ark, 2016; Pinel, Morio-Liondore ve Capel, 2014) ile çocuk ve yaşlılarda beyin gelişimine (He ve ark., 2017) olumlu etkileri olduğu belirlenmiştir.

Vücutta birbirine dönüştürülemeyen n-3 ve n-6 yağ asitleri metabolik ve fonksiyonel olarak birbirlerinden farklı olmakla birlikte vücuttaki dengeleri büyüme, gelişme, bağışıklık sistemi ve hastalık yönetimi için fazlasıyla önemlidir. Bu nedenle n-3 ve n-6 yağ asitlerinin dengeli ve uygun düzeylerde tüketilmesi sağlık açısından gereklilik haline gelmiştir.

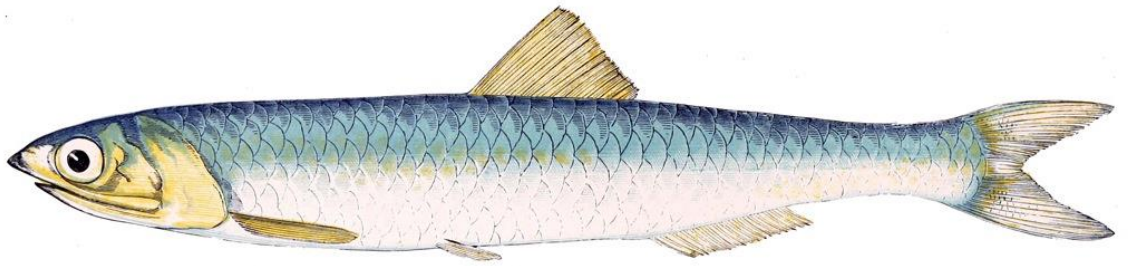
Birçok uluslararası kuruluş genel olarak PUFA'nın yanısıra EPA ve DHA alımı için önerilerde bulunmuştur ve tüm bu öneriler Uluslararası Yağ Asitleri ve Lipitler Çalışması Derneği (ISSFAL) tarafından özetlenmiştir (Anonim, 2021). Avrupa Gıda

Güvenliği Otoritesi (EFSA), genel yetişkin popülasyonu için günde 250 mg EPA ve DHA tüketimi önermişken Dünya Sağlık Örgütü (WHO) günlük enerjinin %1-2'sinin n-3 PUFA kaynaklı olmasını tavsiye etmiştir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ise hamile ve emziren kadınlar için günde en az 200 mg olmak koşuluyla EPA ve DHA'nın birlikte tüketimi için 300 mg önerisinde bulunmuştur. EPA ve DHA'nın birlikte tüketimi için genel öneri tüm yetişkinler için günlük en az 200 mg olmakla beraber hedef kitle ve öneri veren kuruluşa bağlı farklılıklar gözlenebilmektedir.

2.3. Hamsi, *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758)

Bilimsel literatürde '*Engraulis encrasicolus*' olarak adlandırılan hamsinin yerel olan tüm isimlerinin kökeni arkaik Kolh diline dayanır ve 'Balığın Sivrisi', 'Sivri Balık' anlamına gelir (Romero, 2002). Hamsi; 30334 sayı ve 16 Şubat 2018 tarihli Resmi Gazete'de yer alan Su Ürünleri Tescil Komitesi kararında tanımı, morfolojik özellikleri, biyolojik özellikleri, genetik özellikleri ve diğer özellikleri belirtilerek tescil edilmiştir.

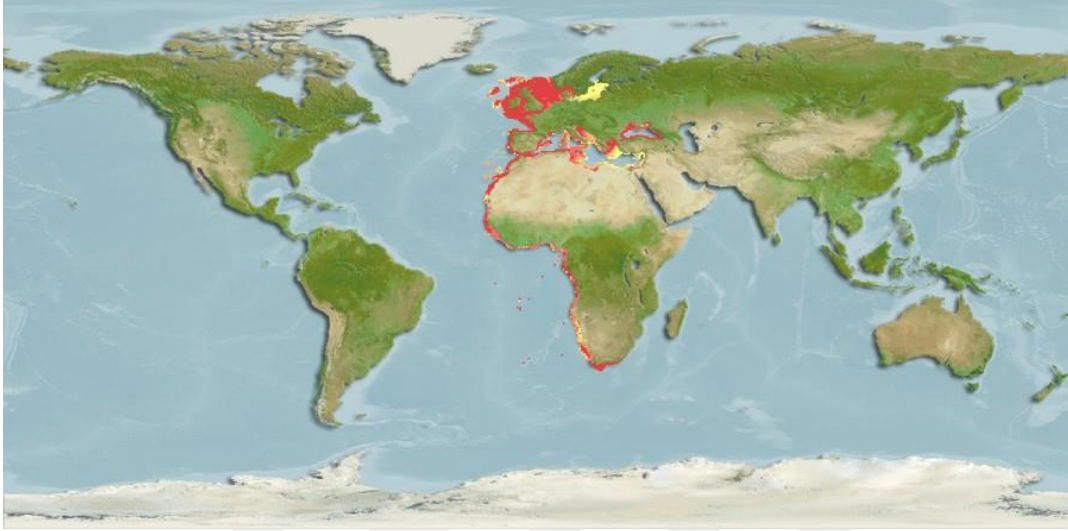
Hamsi ideal fusiform yapıya sahip olup ağız konik, iri ve subterminal konumludur. Üst çene alt çeneye kıyasla daha uzundur ve burun alt çenenin önünde belirgin bir şekilde çıkıntılıdır. Alt dudağı yoktur. Çene ve damakta ince dişler bulunur. Gövdesi ince ve kolayca dökülebilen sikloid tip pullarla kaplıdır. Kuyruğu çatallı bir yapıya sahiptir. Sırt kısmı koyu yeşil siyahımsı renge sahipken karın bölgesi ve yan taraflar gümüşü beyazdır (Resmi Gazete, 2018).



Şekil 2.1. Hamsinin genel görüntüsü (Gervais ve Boulart, 1877).

Subtropikal iklim denizlerinde kıyıya yakın sığ sulardan 400 metre derinliğe kadar yaşayabilen hamsi, oseanodrom bir tuzlu su balığıdır (Schneider, 1990; Riede, 2004).

Çoğunlukla Karadeniz, Marmara Denizi, Azov Denizi ve Akdeniz’de yaşamaktadır. Az sayıda da olsa Süveyş Kanalı, Güney Afrika kıyıları, Estonya ve doğu Atlantik kıyılarının bazı bölgelerinde de bulunur (Whitehead, Nelson ve Wongratana, 1988).



Şekil 2.2. Hamsi (*Engraulis encrasicolus*) Dağılım Haritası (AquaMaps, 2019).

Ortalama ömrü 3 - 4 yıl olarak kabul edilse de kayıtlara geçmiş en uzun yaşam süresi 5 yıldır (ICES, 2010). İlk olgunluk boyu 9,7 cm olup 12 - 15 cm’e kadar büyür (Koranteng, 1993). Boy uzunluğunun 20 cm’e ulaştığı görülmüştür (Whitehead, Nelson ve Wongratana, 1988). Büyük sürüler oluşturma eğiliminde olan hamsi, gündüzleri 30 - 40 metre derinlikte dolaşırken geceleri yüzeye yaklaşır. En iyi uyum sağladığı su sıcaklığının 21 °C olduğu kabul edilmektedir ve 5 - 41 ppt gibi geniş tuzluluk aralıklarına uyum sağlayabilir. Yazın daha kuzeye ve yüzey sularına doğru hareket etme, kışın ise geri çekilme ve alçalma eğilimi gösterir. Planktonik organizmalarla beslenir (Frimodt, 1995). Özellikle *Calanus* cinsi Copepoda, Cirripedia ve Mollusca larvalarını tercih eder.

1 yaşından itibaren olgunluğa erişir, az tuzlu sularda üreyip yumurtlamak için 18° - 20 °C arası sıcak suları ve yüzeye ve kıyıya yakın 25 – 60 metre derinlikleri tercih eder (Koranteng, 1993). Bazı bölgelerde yumurtlama döneminde lagünlere, haliçlere ve göllere girdiği görülmüştür (Frimodt, 1995). Yumurtlama dönemi Nisan – Kasım arasındadır ve genellikle yaz aylarında zirve yapar, bu da hamsiyi ilkbahar - yaz yumurtlayıcısı yapar. Yumurtlama mevsiminin sınırları sıcaklığa bağlıdır ve bu nedenle

kuzey bölgelerinde daha kısıtlıdır. Birey başına 4 – 5 batında yaklaşık 40.000 adet yumurta bırakır. Hamsi yumurtalarının genellikle oval şekilde olduğunu belirten Demir (1965), yumurta büyüklüğünün Akdeniz’den Karadeniz’e doğru artış gösterdiğini de ifade etmiştir. Frimodt (1995), yumurtaların yüzeyden 50 metre aşağıya kadar olan bölgede bulunduğu ve kuluçka döneminin 24 - 65 saat sürdüğünü belirtmiştir.

Hamsi balığının sistematikteki yeri aşağıda verilmiştir (Hickman ve ark., 2016).

Filum: Chordata

Subfilum: Vertebrata

Süperklasis: Osteichthyes

Klasis: Actinopterygii

Süperordo: Clupeomorpha

Ordo: Clupeiformes

Subordo: Clupeoidei

Familya: Engraulidae

Subfamilya: Engraulinae

Cins: *Engraulis* (Cuvier, 1816)

Tür: ***Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758)**

3. LİTERATÜR ÖZETİ

Balıklarda hücre organel zarlarının akışkanlığının ve yapısal bütünlüğünün korunmasından DHA, EPA ve AA gibi LC PUFA'lar sorumludur. Bu yağ asitleri ayrıca vücutta birçok fizyolojik işlevde görev alan eikosanoidlerin öncül maddesidir. Yağ asitlerince yetersiz beslenen balıklarda, büyümenin hızında yavaşlama, kuyruk yüzgecinde aşınma, pigmentasyon yetersizliği gibi fizyolojik semptomların oluştuğu belirlenmiştir (Castell ve ark. 1972).

Dünya ve ülkemiz sularında yapılan ve farklı pek çok balığı kapsayan çalışmalar sonucunda balıklardaki yağ oranı ile yağ asidi kompozisyonunun türlere, bireylere, cinsiyete, genetik faktörlere, vücut bölgelerine, cinsel olgunluk ve üreme aktivitesine, beslenmeye, avlama mevsimine ve su sıcaklığına göre değişiklik gösterebileceği ortaya çıkmıştır. (Shirai, Tereyama ve Takeda, 2002; Kalogeropoulos, Andrikopoulos ve Hassapidou, 2004; Çaklı, 2007).

Birçok çalışma, deniz ve tatlı su balıklarının (hem soğuk su hem de ılık su) lipid ve yağ asidi bileşimlerini belirlemeye odaklanmıştır. Bu çalışmaların amacı, hem balıkların yağ asidi kompozisyonları arasındaki farklılıkları bulmak hem de bu yağ asitlerini insan sağlığı açısından değerlendirmektir.

LC n-3 yağ asitlerinde balıklarda türe ve mevsime bağlı önemli farklılıklar olabileceğini öne süren Gámez-Meza ve ark. (1999), bu çalışmalarında Meksika'da Kaliforniya Körfezi'ndeki Pasifik sardalyalarından (*Sardinops sagax caeruleus*) elde edilen sardalya yağlarının yağ asidi profillerini üç mevsimsel av döneminde değerlendirmişlerdir. Bu yağlarda en çok bulunan yağ asitlerinin palmitik asit (%19,3), oleik asit (%14,3), eikosapentaenoik asit (%20,4) ve dokosaheksaenoik asit (%12,2) olduğu tespit edilmiştir. Yağ numunelerin alındığı altı balık unu/yağı fabrikası arasında kompozisyon ve kalitede kayda değer bir farklılık bulunamazken analiz edilen av dönemlerinden birinde EPA ve DHA oranında önemli bir fark gözlenmiştir.

Metin ve Akpınar (2000), Topardıç Çayı'nda yaşayan *Cyprinion macrostomus* gonadlarının toplam lipid ve toplam yağ asidi içeriklerinin mevsimsel değişimini

araştırmışlardır. Erkek ve dişi balıkların gonadlarındaki toplam lipit ve toplam yağ asidi miktarlarındaki varyasyonların özellikle gonad gelişimi ve yumurtlama döneminde daha belirgin olduğu gözlenmiştir. Yumurtlama döneminde artan toplam lipit ve toplam yağ asidi miktarının bu dönemin sonunda düşüş gösterdiği tespit edilmiştir.

Güler ve ark. (2007), yaptıkları çalışmada Beyşehir Gölü'nde bulunan Sudak balığındaki (*Sander lucioperca*) yağ asidi kompozisyonundaki mevsimler değişimleri GC kullanarak belirlemişlerdir. Çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA), tüm mevsimlerde doymuş (SFA) ve tekli doymamış yağ asitlerinden (MUFA) daha yüksek bulunmuştur. Palmitik asit, tüm mevsimlerde toplam SFA'nın %57,0 – 64,0'lık kısmını oluşturmuştur. Oleik asit, majör MUFA olarak tanımlanmıştır (toplam MUFA'ların %45,0-58,0'ı). Dokosaheksaenoik asit (DHA), linoleik asit (LA), eikosapentaenoik asit (EPA) ve araşidonik asit (AA) en yüksek yüzdelerle sahip PUFA'lar olmuşlardır. Sudak balığı'nda DHA, LA, AA ve EPA yüzdeleri toplam lipitin sırasıyla %17,1-23,3, %5,40-15,4, %6,72-9,94 ve %4,22-5,93'ü arasında değişmiştir. İlkbahar, sonbahar, kış ve yaz aylarında n-3/n-6 oranları sırasıyla 1,49, 1,45, 1,22 ve 0,72 olup toplamda n-3 yüzdeleri her zaman n-6 yağ asidi yüzdelerinden daha yüksek bulunmuştur. Çalışma sonucu olarak, Sudak balığı kasındaki yağ asidi kompozisyonunun ve n-3/n-6 yağ oranının yumurtlama ve mevsimden önemli ölçüde etkilendiği ifade edilmiştir.

Kandemir ve Polat (2007), Derbent Baraj Gölü'nde yetiştirilen gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) kas ve karaciğerindeki toplam lipit ve yağ asidi miktarlarının mevsimsel ve aylık değişimlerini araştırmışlardır. Hem kas hem de karaciğerdeki toplam lipit ve yağ asidi miktarının aylara ve mevsimlere göre değiştiği ($P<0.05$) belirlenmiştir. Kas ve karaciğerdeki toplam lipit miktarı sonbaharda maksimuma ulaştığı, hem kas hem de karaciğerdeki toplam yağ asidi miktarlarının yaz, sonbahar ve kış mevsimlerinde ilkbahara göre daha yüksek olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca, toplam lipit ve yağ asidi miktarının karaciğerde kışın daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Özoğul, Özoğul ve Alagöz (2007), bu çalışmalarında ticari olarak önemli deniz ve tatlı su balık türlerinin yenilebilir kaslarının yağ içeriği ve yağ asidi kompozisyonunu araştırmışlardır. Deniz suyu balık türlerinin %25,5-39,4 oranında doymuş (SFA), %13,2-29,0 oranında tekli doymamış (MUFA) ve %25,2-48,2 oranında çoklu doymamış

(PUFA) yağ asidi içerdiği bulunmuştur. Seyhan Gölü'nden gelen tatlı su balıklarında ise bu oranların sırasıyla %28,0 – 34,6, %10,7 - 22,7 ve %23,2 – 43,7 olduğu belirtilmiştir. Deniz balıklarının n-3 PUFA oranlarının tatlı su balıklarınınkinden daha yüksek olduğu, bunun aksine deniz balıklarının n-6 PUFA seviyelerinin ise tatlı su balıklarınınkinden daha düşük olduğu ifade edilmiştir. Çalışmanın sonuçları, çoğu tatlı su balığının yağ asidi profillerinin (PUFA kaynakları olarak) deniz balıklarınıninkiyle karşılaştırılabilir olduğunu göstermiştir.

Özoğul ve Özoğul (2007), bir diğer çalışmalarında ise Türkiye denizlerinden ticari öneme sahip sekiz balık türünün etindeki yağ içeriği ve yağ asidi kompozisyonları değerlendirmişlerdir. Balık türlerinin yağ asidi oranları SFA için %25,5-38,7 arasında, MUFA için %13,2–27,0 arasında ve PUFA için %24,8–46,4 arasında değişmekte olduğu belirtilmiştir. En yüksek oranlarda bulunan yağ asitleri ise miristik asit (C14:0, 1,70–10,9), palmitik asit (C16:0, %15,5–20,5), palmitoleik asit (C16:1, %2,86–17,0), stearik asit (C18:0, %3,32–8,18), oleik asit (C18:1 n9 cis, %6,11–20,8), linoleik asit (C18:2 n6, %0,93–4,03), oktadekatetraenoik asit (C18:4 n3, %0,02–4,55), cis-5, 8, 11, 14, 17 eikosapentaenoik asit (EPA, C20:5 n3, %4,74-11,7) ve cis-4, 7, 10, 13, 16, 19-dokosaheksaenoik asit (DHA, C22:6 n3, 7,69–36,2%) olarak belirlenmiştir. N-3 yüzdesinin n-6'ya göre daha yüksek olması ile EPA ve DHA miktarlarının tüm balık türlerinde yüksek seyretmesi bu balık türlerinin değerini artırdığı ifade edilmiştir (Özoğul ve Özoğul, 2007).

Korkmaz (2010), yüksek lisans çalışmasında Seyhan Nehri'nin bir kolu olan Zamantı Çayı'nda yaşayan *Salmo platycephalus*'un kas dokusundaki yağ asitleri kompozisyonunun mevsimsel değişimini incelemiştir. Erkek ve dişilerde en fazla bulunan yağ asitleri sırasıyla palmitik asit (%22,18-22,56), oleik asit (%29,68-28,36), dokosaheksaenoik asit (DHA; %12,33-12,76), palmitoleik asit (%11,81 %9,16) ve eikosapentaenoik asittir (EPA; %9,12-7,7). GC-MS ile analiz edilen yağ asitlerinin erkek ve dişilerdeki mevsimsel değişimleri istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Palmitik asit miktarı her iki cinsiyette de mevsimler arasında önemli değişiklikler göstermiş ($P<0.05$) ve en yüksek (%22,56) palmitik asit miktarı sonbaharda alınmıştır. Oleik asit miktarı dişi balıklarda değişmezken, erkek balıklarda önemli miktarda değişim ($P<0,05$) kaydedilmiş ve en yüksek (%29,68) oleik asit miktarı yaz aylarında alınmıştır. EPA miktarının hem dişi ($P<0,05$) hem de erkek balıklarda ($P<0.001$)

mevsimsel değişimi önemli bulunmuştur. En yüksek EPA miktarı erkek balıklarda (%7,7) kış mevsiminde, dişi balıklarda (%9,12) ise bahar mevsiminde görölmüştür. Mevsimlere göre DHA değişimi de yine hem dişi ($P<0,05$) hem de erkek balıklarda ($P<0,05$) dikkat çekmiştir. Erkek balıklarda en yüksek DHA miktarı (%12,76) kış mevsiminde, dişilerde ise ilkbahar mevsiminde (%12,33) alınmıştır. Sonuç olarak, insan sağlığı için önemli olan EPA ve DHA miktarları her iki cinsiyette de mevsimler arasında farklılık gösterdiği ifade edilmiştir (Korkmaz, 2010).

Sarısaltıkoğlu (2012) yüksek lisans çalışmasında, Burdur ili sınırları içerisinde yer alan Karacaören I ve II baraj göllerinde yaşayan *Cyprinus carpio* (L., 1758)'in toplam yağ asidi kompozisyonunun mevsimsel değişimlerini gaz kromatografik yöntem kullanarak araştırmıştır. Bu çalışmada arazinin her bölgesinden sırasıyla yaz, sonbahar, kış ve ilkbahar dönemini temsilen Temmuz, Ekim, Ocak ve Nisan aylarında üçer adet balık örneği alınmıştır. Mayıs ayında yapılan analizler sonucunda Karacaören I ve II baraj göllerinde yaşayan *Cyprinus carpio* (L., 1758)'in bileşiminde 30 farklı türde yağ asidi tespit edilmiştir. Mevsime bağlı sıcaklık değişimlerinin toplam yağ asidi sayısında farklılığa yol açtığı tespit edilmiştir.

Erkan (2013), makalesinde balık lipidlerinin insan sağlığına yararlı etkilerinden ve çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA), özellikle n-3 yağ asitleri, insan diyetinin temel bileşenleri olarak kabul edildiğinden bahsetmiştir. Amerikan Kalp Birliği'nin balık tüketimini 340 g/ hafta olarak önerdiğini dile getiren Erkan, ölkemiz sularından avlanan ve tüketilen farklı deniz, tatlı su ve költür balıklarının n-3 yağ asidi içeriği incelemiş ve haftalık n-3 ihtiyacımızı karşılamada yeterli olup olmadığını değerlendirmiştir.

Arai, Razikin ve Bachok, (2015), Mercan kayalığı balıklarının beslenme ekolojisini ve habitat kullanımını anlamak için Malezya Güney Çin Denizi'nin Bidong Adası'nda toplanan beş mercan kayalığı balığında (*Thalassoma lunare*, *Lutjanus lutjanus*, *Abudefduf bengalensis*, *Scarus rivulatus* ve *Scolopsis affinis*) yağ asidi kompozisyonunu incelemişlerdir. En yüksek yüzdelerle sahip doymuş yağ asitleri (SFA) %57,2 ile %74,2 arasında değişirken tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) %21,4 ile %39,0 arasında değişkenlik göstermiştir. En düşük yüzdelerle sahip çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) oranı ise %2,8 ile %14,1 arasındadır. Her bir yağ asidi bileşimi balıklar arasında farklılık göstermiş ve bu farklılıkların balıkların mercan resif habitatlarındaki

yaşam öyküsü boyunca farklı beslenme ekolojisi, habitat kullanımı ve göç kaynaklı olabileceği belirtilmiştir. Yağ asidi profillerindeki farklılıkların sadece diyet kaynaklı değil habitat ve göçe dayalı olabileceği sonucuna varılmıştır.

Kaçar, Başhan ve Oymak (2018) çalışmalarında, bir tatlı su balığı olan *Chondrostoma regium*'un kas ve gonad lipitlerini GC ile incelemişlerdir. Başlıca yağ asitlerinin doymuş yağ asitleri (SFA) grubunda palmitik asit (%23,29-26,58) ve stearik asit (C18:0) (%9,69-11,33); tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) grubunda oleik asit (%16,91-19,96) ve palmitoleik asit (%5,30-8,76); n-6 çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) grubunda araşidonik asit (C20:4n-6) (%4.45-9.32); ve n-3 çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) grubunda eikosapentaenoik asit (%3,42-11,56) ve dokosaheksaenoik asit (%4,20-13,10) olduğu belirlenmiştir.

İnan, Ayas ve Kınankaya (2019) Melen Nehri Havzası'nda yaptıkları çalışmada kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde elde edilen tatlısu kefali (*Squalius pursakensis*) fileto örneklerinin toplam lipit ve yağ asidi kompozisyonlarını değerlendirmişlerdir. Toplam lipit seviyeleri kışın %1,80, ilkbaharda %2,56 ve yazın %5,17 olarak belirtilmiştir. Çoklu doymamış yağ asitlerinin %32,05 ile 38,90 arasında değişerek en yüksek orana sahip olduğu ve ardından sırasıyla tekli doymamış (%29,85-35,40) ile doymuş (%27,10-31,23) yağ asitleri geldiği ifade edilmiştir. Tatlısu kefali filetolarındaki çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) grubunun, yüksek miktarlarda EPA (max %6,70) ile DHA (max %16,33) içerdiği ve doymuş yağ asidi (SFA) grubunu ise maksimum %19,03 oranıyla palmitik asidin domine ettiği belirtilmiştir.

Biton-Porsmoguer ve ark. (2020), Kuzey Akdeniz'deki sardalya ve hamsi popülasyonlarının son yıllarda azalmakta olduğunu bildirmiş ve bu çalışmalarında, bu iki türün lipit dinamikleri, üreme ve beslenme arasındaki bağlantıları değerlendirmek ve ayrıca stokların mevcut kötü durumunun olası nedenlerinin açıklanabilmesine katkıda bulunmak amacıyla kuzey Katalan kıyılarında yakalanan örnekleri kullanarak bu iki türün farklı üreme ve beslenme aşamalarındaki yağ asitlerini değerlendirmişlerdir. Çalışma sonuçları, sardalya ve hamsinin farklı üreme ve beslenme aşamalarındaki vücut durumunun göstergeleri olarak yağ asidi düzeylerinin kullanılabileceğini göstermiştir. Ayrıca, hem sardalya hem de hamside yumurtlama ve yumurtlama olmayan mevsimler

boyunca gözlenen düşük diatom yağ asidi belirteçleri, diatomca fakir bir diyeti kanıtladığı ifade edilmiştir.

Kızmaz, Başhan ve Çiçek (2021), Van Gölü'nden yakalanan İnci Kefali (*Alburnus tarichi*) ile yaptıkları çalışmada, erkek ve dişi bireylerin kas dokusundaki yağ asidi kompozisyonlarının aylık değişimini incelemişlerdir. Analizler sonucunda, doymuş yağ asitlerinden 16:0; tekli doymamış olanlardan 16:1 n-7 ve 18:1 n-9; ve çoklu doymamış olanlardan 20:5n-3 ve 22:6 n-3 majör bulunmuştur. Palmitik asidin (16:0) Ağustos ayında her iki cinsiyette de arttığı, stearik asit (18:0) oranının ise her iki cinsiyette de %4 düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. Majör MUFA bileşenlerinden biri olan Oleik asidin (18:1 n-9) her iki cinsiyette Şubat ayında azaldığı, dişilerde Ekim ayında, erkek balıklarda ise Ağustos ayında arttığı görülmüştür. Baskın çoklu doymamış bileşenlerinden biri olan EPA (20:5 n-3) oranının aylar arasında önemli bir değişiklik göstermeyerek dişilerde ortalama %11,60 ve erkeklerde %10,93 olarak bulunduğu ifade edilmiştir. Diğer majör PUFA olan DHA'nın (22:6 n-3) ise Ekim ayında en düşük oranında olduğu gözlenmiştir. Analizlerde balığın besin değeri açısından önemli olan $\omega 3/\omega 6$ oranı dişilerde ortalama 3,97 ve erkeklerde 3,88 olarak tespit edilmiştir. Bu bileşenler her iki cinsiyette Aralık ayında artarken, Şubat ayında azalmıştır. Her iki cinsiyette de Σ SFA'nın Ağustos ayında, Σ MUFA'nın ise Ekim ayında arttığı buna karşılık olarak Σ PUFA'nın ise her iki ayda da en düşük seviyesinde olduğu tespit edilmiştir.

TÜBİTAK, Tarım ve Orman Bakanlığı ile Sağlık Bakanlığı işbirliğinde yürütülen ve Türkiye'de üretilen/tüketilen gıdaların besin içeriklerinin belirlenmesi ve izlenebilir veri konu alan 'Ulusal Gıda Kompozisyonunun Belirlenmesi ve Yaygın-Sürekli Paylaşım Sisteminin Oluşturulması' adlı bu kapsamlı projede hamsinin bileşenlerine de yer verilmiştir. Hamsinin ortalama Σ SFA, Σ MUFA ve Σ PUFA değerleri sırasıyla %35,16, 27,03 ve 37,80 şeklindedir. Baskın yağ asidi palmitik asit (%19,74) olarak tespit edilmiş ve diğer baskın yağ asitlerinin sırasıyla DHA (%17,47) ve EPA (13,99) olduğu belirtilmiştir (TürKomp, 2016).

Sağlık ve İmre (2001), Türkiye'de en popüler (hamsi, sardalya, çinekop, uskumru, palamut ve lüfer) balıkların yağ asidi bileşimini ve besleyici değerlerini araştırmış ve yaygın olarak tüketilen bu 6 balık türünün toplam lipit miktarları ile yağ asidi

kompozisyonlarını belirlemişlerdir. Palmitik asit (C16:0) ve oleik asit (C18:1 n-9) sırasıyla baskın doymuş ve baskın tekli doymamış yağ asitleri olarak tespit edilmiştir. Baskın çoklu doymamış yağ asitlerinin ise eikosapentaenoik asit (C20:5 n-3) ve dokosaheksaenoik asit (C22:6 n-3) olduğu belirtilmiştir. Hamsi ve sardalyanın, yüksek EPA ve DHA içeriği sayesinde kardiyovasküler hastalık riskini azalttığı bilinen n-3-çoklu doymamış yağ asitlerini barındırmasıyla iyi birer besin kaynağı oldukları sonucuna varılmıştır.

Kaya ve Turan (2008) araştırmalarında, Türkiye'de ticari av sezonunda üretilen hamsi yağının yağ asitleri kompozisyonunu belirlemişlerdir. Hamsi yağının toplam doymuş yağ asitleri (SFA) oranı Kasım, Aralık ve Ocak aylarında sırasıyla %32,33, %31,65, %31,59 olarak belirlenmiştir. Doymuş yağ asitleri arasında en çok yüzdeye sahip yağ asidinin Kasım, Aralık ve Ocak için sırasıyla %18,74, %18,27, %18,20 oranları ile palmitik asit (C16:0) olduğu tespit edilmiştir. MUFA oranı %23,32 ile %24,07 arasında değişmiş, MUFA grubunda ise oleik asidin (C18:1n-9) diğerlerinden daha büyük bir yüzdeyi oluşturduğu ifade edilmiştir. Hamsi yağının DHA ve EPA içerikleri sırasıyla ortalama %15,64 ve %9,39 olarak bulunmuştur. N-3 PUFA, n-6 PUFA'dan daha yüksek bulunmuş ve n-3/n-6 oranı Kasım, Aralık ve Ocak aylarında sırasıyla 6,29, 6,17 ve 6,70 olarak hesaplanmıştır.

Fidanbaş, Bilgin ve Ertan (2016) derlemelerinde, 21 adet deniz balığının aminoasit, 34 adet deniz balığının ise yağ asidi içeriklerini incelemişlerdir. Balıklarda bulunan aminoasit ve yağ asitlerinin özellikleri ile mevsimsel ve lokasyona bağlı değişimleri tespit edilmiştir. Veriler sonucunda balıkların besin değerinin oldukça yüksek olduğu yorumu yapılmış ve balığın insan beslenmesindeki önemi de vurgulanmıştır.

Çizelge 3.1. Diğer çalışmalarda elde edilen toplam SFA, MUFA, PUFA yüzdeleri

	Ege Denizi			Akdeniz		
	ΣSFA	ΣMUFA	ΣPUFA	ΣSFA	ΣMUFA	ΣPUFA
<i>Kocatepe ve ark., 2019</i>	41,31	11,18	48,10			
<i>Öksüz ve ark., 2009</i>				37,96	14,30	47,47
<i>Zlatanov Ve Laskaridis, 2007</i>				39,66	17,63	34,92

	Karadeniz			Marmara Denizi		
	ΣSFA	ΣMUFA	ΣPUFA	ΣSFA	ΣMUFA	ΣPUFA
<i>Kocatepe ve ark, 2019</i>	32,28	31,39	36,24	32,92	32,24	34,82
<i>Öksüz ve ark, 2009</i>	35,41	29,46	30,82			
<i>Öksüz ve Özyılmaz, 2010</i>	35,58	29,28	35,14			
<i>Tanakol ve ark., 1999</i>	42,20	22,48	35,32			
<i>Tufan, Koral ve Köse, 2011</i>	33,55	20,27	35,17			

Tanakol ve ark. (1999) , Karadeniz ve Marmara Denizi'nden elde edilen 18 farklı deniz balığı türü ile kültüre edilmiş gökkuşağı alabalığı etinin yağ asidi bileşimini analiz etmişlerdir. Deniz balıklarındaki 20:5n-3 ve 22:6n-3 içeriklerinin sırasıyla %4,2 ila 13,3 ile %6,6 ila 40,8 arasında değiştiği belirtilmiştir. Çalışmanın okyanus balıkları üzerine yapılan diğer çalışmalardan en önemli farkının, 16:0 ve 22:6 n-3'ün daha yüksek yüzdelere yönelik eğilimleri olduğu ifade edilmiştir. Çalışma sonucunda *Engraulis encrasicolus*, *Mullus surmuletus*, *Sardina pilchardus*, *Mugil cephalus* ve *Sarda sarda*'nın yüksek 20:5 n-3 ve 22:6 n-3 yüzdeleriyle Türk diyeti için tercih edilebileceği yorumu yapılmıştır.

Öksüz, Özyılmaz ve Turan (2009), Karadeniz ve Akdeniz'den gelen hamsilerin (*Engraulis encrasicolus*) yağ asidi profillerini incelemişlerdir. Akdeniz hamsisinde doymuş yağ asitleri (SFA), tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) ve çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) seviyeleri sırasıyla yaklaşık %38, %14,3 ve %47,7 olarak bulunmuştur. Bu seviyeler Karadeniz hamsisinde %35,40, %29,5 ve %31,27 şeklindedir. Hamsinin toplam doymuş yağ asitleri üzerinde coğrafi konumun etkisinin olmadığı ancak MUFA ve PUFA seviyelerinin önemli ölçüde değiştiği ifade edilmiştir. Karadeniz hamsisinin daha yüksek düzeyde MUFA ve düşük düzeyde PUFA içerdiği buna karşılık Akdeniz hamsisinin daha yüksek düzeyde PUFA ve düşük düzeyde MUFA'ya sahip olduğu belirtilmiştir. DHA'nın EPA'ya oranı Akdeniz popülasyonunda 5,91, Karadeniz popülasyonunda ise 1,64 olarak hesaplanmıştır. DHA seviyesinin, Akdeniz popülasyonunu Karadeniz'den ayırt etmek için kilit bir yağ asidi olarak kabul edilebileceği ifade edilmiştir.

Kocatepe ve ark. (2019), çalışmaları kapsamında Türkiye'de farklı denizlerden avlanan hamsileri SFA, MUFA, PUFA yüzdeleri açısından karşılaştırmışlardır. Ege Denizi popülasyonunda SFA ve PUFA yüzdelерinin diğerlerine kıyasla daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Benzer şekilde en yüksek DHA oranı %29,51 ile Ege Denizi popülasyonunda bulunmuştur. Karadeniz popülasyonunun oleik asit miktarının ise Ege Denizi'ndekilere kıyasla 3 kat fazla olduğu ifade edilmiştir.

Çizelge 3.2. Diğer çalışmalarda elde edilen EPA, DHA, $\Sigma n-3$ ile $\Sigma n-6$ değerleri (%)

		<i>Kocatepe ve Ark., 2019</i>	<i>Öksüz ve Ark., 2009</i>	<i>Öksüz ve Özyılmaz, 2010</i>	<i>Tanakol ve Ark., 1999</i>	<i>Tufan, Koral ve Köse, 2011</i>	<i>Zlatanov ve Laskaridis, 2007</i>
KARADENİZ POPÜLASYONU	EPA	8,34	10,03	10,4	9,3	11,22	
	DHA	12,26	16,4	15,83	16,2	15,12	
	$\Sigma n-3$	22,7	30,82	30,33	29,1	29,27	
	$\Sigma n-6$	9,6	3,17	4,43	5,49	4,77	
MARMARA DENİZİ POPÜLASYONU	EPA	4,37					
	DHA	12,11					
	$\Sigma n-3$	16,48					
	$\Sigma n-6$	12,98					
EGE DENİZİ POPÜLASYONU	EPA	10,08					
	DHA	29,51					
	$\Sigma n-3$	40,27					
	$\Sigma n-6$	5,96					
AKDENİZ POPÜLASYONU	EPA		5,65				7,75
	DHA		33,4				21,08
	$\Sigma n-3$		42,63				31,98
	$\Sigma n-6$		4,65				2,36

Zlatanov ve Laskaridis (2007), *Sardina pilchardus*, *Engraulis encrasicolus* ve *Spicara smaris* ile yaptığı çalışmada iyi n-3 yağ asidi kaynağı olarak bilinen bu üç yaygın Akdeniz balığındaki yağ asitlerinin mevsimsel değişimini incelemiştir. Balıkların yağ asidi bileşimleri bir yıl boyunca iki ayda bir belirlenmiş ve balıkların yağ ve yağ asidi içeriklerinin önemli mevsimsel değişimler gösterdiği saptanmıştır. Hamsi ve İzmarit kış sonu-ilkbahar döneminde en yüksek yağ içeriğine sahipken Sardalya, en yüksek yağ konsantrasyonunu ilkbahar-yaz döneminde göstermiştir. Yağ asidi bileşiminde en fazla varyasyon gösteren balığın hamsi olduğu ifade edilmiştir. Sardalya, bir yıllık süre boyunca en iyi n-3 yağ asidi kaynağı olarak bulunmuştur.

Öksüz ve Özyılmaz (2010), Karadeniz hamsisinin avlanma mevsimlerinde yağ asidi kompozisyonlarındaki aylık değişimleri araştırmışlardır. Lipit düzeyi başlangıçta maksimum düzeyde (%16,32) iken, av sezonunun sonuna doğru giderek azaldığı (%7,9) tespit edilmiştir. Hamsinin lipit düzeylerinde tüm örnekleme aylarında önemli farklılıklar gözlenmiştir. Ayrıca, en yüksek oranda bulunan yağ asitlerinin SFA'da C16:0, C14:0 ve C18:0, MUFA'da C18:1n9 ve PUFA'da C22:6n-3 (DHA) ve C20:5n-3 (EPA) olduğu ifade edilmiştir. EPA seviyesinin kademeli olarak düştüğü gözlenirken, DHA seviyesinde Ekim ayından Nisan ayına kadar artış tespit edilmiştir. Ortalama n-3 ve n-6 seviyeleri ise sırasıyla %30,33 ve %4,43 olarak bulunmuştur. Balık avlama sezonunda hamsinin yağ asidi bileşiminde özellikle DHA'da önemli değişiklikler gözlemlendiği ifade edilmiştir.

Tufan, Koral ve Köse (2011), Karadeniz Bölgesi'nde avlanma sezonunda hamsinin (*Engraulis encrasicolus*, Linnaeus, 1758) yenilebilir kas, karaciğer ve gonadlarındaki yağ içeriği ve yağ asidi kompozisyonunu incelemişlerdir. Tüm örneklerde baskın yağ asitlerinin doymuş yağ asitleri arasında palmitik asit, tekli doymamış yağ asitleri arasında oleik asit, çoklu doymamış yağ asitleri arasında EPA ve DHA olduğu belirtilmiştir. Kışın başlangıcında PUFA ve n3/n6 oranında önemli artış gözlenmiştir. En yüksek toplam PUFA içeriği %38.52 ile Ocak ayında, en yüksek n3/n6 oranları %10.13 ile Nisan ayında bulunmuştur. Bu çalışma, hamsinin özellikle kış aylarında yüksek omega 3 yağ asitleri içeriği ile insan tüketimi için iyi bir besin kaynağı olduğunu göstermektedir. Kasım ayında yaklaşık 130 gr yenilebilir hamsi etinin önerilen haftalık gereksinime göre EPA + DHA için tatmin edici düzeyde olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 3.3. Diğer çalışmalarda elde edilen Karadeniz popülasyonu aylık Σ n-3 yüzde değerleri

	EYLÜL	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN
Öksüz ve Özyılmaz, 2010		30,61	30,21	29,42	30,17	29,51	31,21	31,16
Tufan, Koral ve Köse, 2011	27,09	25,40	27,85	29,81	31,76	29,88	29,76	32,60

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1. Materyal

Karadeniz ve Marmara Denizi'nden avlanan hamsi balıkları materyal olarak kullanılmıştır. Seçilen noktalardan av sezonu boyunca aylık alınan 20'şer adet balık -18°C'de dondurularak Sucul Yaşam Laboratuvarında (SAL) saklanmıştır. Balıklar analiz edilmeden önce +4°C'ye alınmış ve çözünmesi beklenmiştir. Ağırlık ölçümleri elektronik tartıda 0,1 gr hassaslıkta yapılmıştır. Boyları ölçüm tahtasında 1 mm hassaslıkta ölçülmüştür. Daha sonra 20'şer balığın derisiz kas örnekleri jilet yardımıyla ependorfta toplanmış ve paçal yapılarak ekstraksiyon işlemine hazır hale getirilmiştir.



Şekil 4.1. Materyal olarak kullanılan hamsi örneği

Hamsilerin kondisyon faktörü hesabında Fulton'un kondisyon faktörü eşitliğinden ($KF=W \times L^{-3} \times 100$) faydalanılmıştır. Eşitlikte W, ağırlık (g), L, total boydur (cm).

4.2. Metot

4.2.1. Lipit Ekstraksiyonu

Kas örneklerinde lipit ekstraksiyonu Hara ve Radin metoduna göre yapılmıştır (Hara ve Radin, 1978). 1 gr doku örneği 5 ml 3:2 (v/v) hekzan-izopropanol karışımı içinde 30 sn süreyle homojenize edilmiştir. Hazırlanan homojenat 15 ml'lik santrifüj tüplerine alınmış ve 4500 RPM'de 10 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonunda tüpün supernatant kısmı alınarak farklı deney tüplerine konulmuştur.

4.2.2. Yağ Asidi Metil Esterlerinin Hazırlanması (Metilasyon)

Lipit içinde bulunan yağ asitlerinin Gaz Kromatografisi (GC) ile analiz edilebilmesi için metil esteri türevlerine dönüştürülmesi gerekmektedir. Metilasyon işlemi Christie metodu izlenerek yapılmıştır (Christie, 1990). Lipit ekstraksiyonu sonunda deney tüplerine alınan supernatant üzerine 5 ml %2'lik metanolik sülfürik asit (H_2SO_4) ilave edilmiş ve vorteks ile karıştırılmıştır. Karışım, 55°C'lik etüvlerde 15 saat bekletildikten sonra oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Soğutulan karışıma 5 ml %5'lik Sodyum klorür (NaCl) ilave edilmiş ve ağzı kapatılarak el ile dikey yönde karıştırılmıştır ve üzerine 4 ml hekzan ilave edilerek faz ayrımı oluşması sağlanmıştır. Deney tüpünün üst kısmında kalan hekzan fazı başka bir tüpe alınarak üzerine 5 ml %2'lik potasyum bikarbonat ilave edilmiş ve faz ayrımı için bekletilmiştir. Metil esterlerini içeren faz başka bir tüpe alınarak 2 ml hacime gelene kadar ağzı açık oda sıcaklığında bekletilmiş ve daha sonra 2 ml'lik ağzı kapalı otosampler vialleri içine alınarak GC analizi için hazır hale getirilmiştir.

4.2.3. Gaz Kromatografisi ile Analiz

Hamsi balıkları kas dokularındaki yağ asidi kompozisyonlarının belirlenmesi Akdeniz Su Ürünleri Araştırma, Üretim ve Eğitim Enstitüsü Müdürlüğü Kepez Yerleşkesi Laboratuvarında yapılmıştır.



Şekil 4.2. Kullanılan Gaz Kromatografisi

Analiz, bir adet alev iyon detektörü ve silika kılcal kolon (30 mx 0.32 mm, ID x 0.25 µm film) ile donatılmış Thermo Focus GC cihazında yapılmıştır. Enjektör ve dedektör sıcaklıkları sırası ile 220°C ve 280°C'ye ayarlanmıştır. Bu esnada fırın sıcaklığı 5 dakika 140°C'de tutulmuştur. Sonrasında her dakikada 4°C arttırılarak 200°C'ye getirilmiştir. 200°C'den 220°C'ye de her dakika 1°C arttırılarak getirilmiştir. Numune ölçüsü 5 µl ve taşıyıcı gaz da 16 ps'de kontrol edilmiştir. Ayrıca 1:20 oranında kullanılmıştır. Yağ asitleri FAME karışımının (SUPELCO) gelme zamanlarına bağlı olarak karşılaştırılmasıyla tanımlanmıştır. Sonuçlar % alan olarak ifade edilmiştir.

4.3. İstatistik Değerlendirme

Tüm istatistiksel hesaplamalar “Minitab” istatistik programı ile yapılmıştır. Gruplara ait boy ve ağırlıkdeğerleri ile her bir gruba ait yağ asidi değerleri grup içinde ve gruplar arasında $P < 0.05$ güvenilirlik derecesinde genel linear model varyans analizi olan ANOVA'ya tabi tutulmuşlardır. ANOVA ile fark tespit edildikten sonra (eğer varsa) bu fark TUKEY çiftsel karşılaştırma testi uygulanarak gruplar arasındaki fark karakterize edilmiştir.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Karadeniz popülasyonunda Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart ve Mayıs aylarında aylık 2'şer örnek elde edilirken Marmara popülasyonunda Kasım, Aralık ve Mart ayları için aylık 1'er örnek elde edilmiştir. Her bir örnek için boy ve ağırlıkları birbirine yakın 20'şer balık paçal yapılmıştır. Örneklerin seçiminde aynı ay için Marmara Denizi ve Karadeniz popülasyonlarının kondisyon faktörlerinin birbirine yakın olmasına dikkat edilmiştir.

Çizelge 5.1. Karadeniz sularında avlanan hamsi balıklarının total boy ve ağırlık değerlerinin aylık değişimi (n=20, ±standart hata)

	n	Kasım	n	Aralık	n	Ocak	n	Şubat	n	Mart	n	Mayıs
Total boy (cm)	2	10,37 ± 1,26	2	9,42 ± 0,96	2	10,71 ± 0,73	2	10,93 ± 0,89	2	10,76 ± 1,72	2	12,78 ± 0,77
Ağırlık (g)	2	9,29 ± 0,35	2	6,90 ± 0,20	2	8,93 ± 0,32	2	8,07 ± 0,17	2	9,03 ± 0,44	2	18,08 ± 0,24

Çizelge 5.2. Marmara sularında avlanan hamsi balıklarının total boy ve ağırlık değerlerinin aylık değişimi (n=20, ±standart hata)

	n	Kasım	n	Aralık	n	Ocak	n	Şubat	n	Mart	n	Mayıs
Total boy (cm)	1	12,33 ± 1,83	1	11,44 ± 0,75					1	9,64 ± 0,92		
Ağırlık (g)	1	14,53 ± 0,57	1	12,26 ± 0,10					1	6,37 ± 0,16		

Çizelge 5.3. Karadeniz ve Marmara Denizi popülasyonlarının kondisyon faktörleri

	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Mayıs
Karadeniz	0.83	0.82	0.73	0.62	0.72	0.87
Marmara Denizi	0.78	0.82			0.71	

Çizelge 5.4. Karadeniz ve Marmara Denizi deniz suyu sıcaklıkları (°C)

	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Mayıs
Karadeniz	16,2	12,6	9,9	8,7	8,9	14,6
Marmara Denizi	17,4	14,2			10,8	

5.1. Marmara Sularında Yakalanan Hamsi Balığının Kas Dokusundaki Yağ Asidi Kompozisyonunun Avlanma Aylarına Bağlı Değişimi

Marmara sularında yakalanan hamsi balığının kas dokusundaki yağ asidi kompozisyonunun avlanma aylarına bağlı değişimi Çizelge 5.5'te verilmiştir.

Çizelge 5.5. Marmara sularında yakalanan hamsi balıklarının kas dokusundaki yağ asitlerinin avlanma aylarına bağlı değişimi (% , ±standart hata).

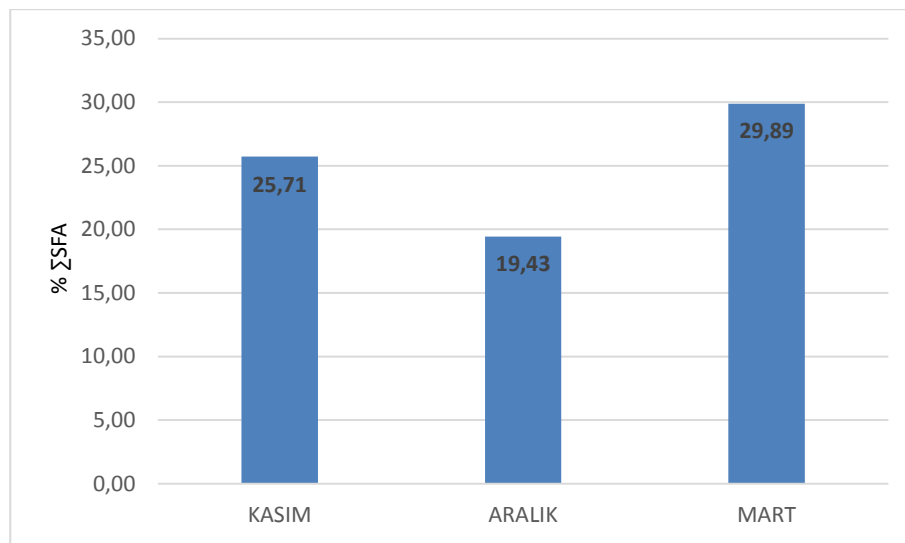
Yağ Asitleri	KASIM	ARALIK	MART
C14:0	4,89 ± 0,18 ^b	1,44 ± 0,1 ^c	7,34 ± 0,08 ^a
C16:0	19,13 ± 0,15 ^b	16,48 ± 0,4 ^c	21,17 ± 0,18 ^a
C17:0	0,29 ± 0,04	0,3 ± 0,03	0,3 ± 0,09
C18:0	1,19 ± 0,29	0,94 ± 0,24	0,87 ± 0,02
C24:0	0,21 ± 0,03	0,28 ± 0,02	0,21 ± 0,09
ΣSFA	25,71 ± 0,39^b	19,43 ± 0,14^c	29,89 ± 0,44^a
C14:1	1,46 ± 0,14	1,49 ± 0,3	1,28 ± 0,08
C16:1	9,12 ± 0,99 ^{ab}	12,08 ± 1,77 ^a	6,75 ± 0,2 ^b
C18:1	10,52 ± 0,74 ^{ab}	9,17 ± 1,46 ^b	14,37 ± 0,27 ^a
C20:1	1,21 ± 0,14	0,84 ± 0,02	0,97 ± 0,01
C22:1	1,27 ± 0,1	1,21 ± 0,14	0,92 ± 0,01
C24:1	0,19 ± 0,01 ^b	0,14 ± 0,01 ^b	0,62 ± 0,04 ^a
ΣMUFA	23,78 ± 0,52	24,93 ± 0,8	24,92 ± 0,1
C18:2	0,69 ± 0,03	0,9 ± 0,34	0,73 ± 0,01
C18:3	0,42 ± 0,11	0,46 ± 0,14	0,51 ± 0,01
C18:4	1,51 ± 0,14	1,47 ± 0,18	1,58 ± 0,01
C20:2	0,33 ± 0,02	0,26 ± 0,06	0,35 ± 0,01
C20:3	0,54 ± 0,18 ^b	1,35 ± 0,26 ^a	0,50 ± 0,03 ^b

C20:5	9,85 ± 0,25 ^a	10,24 ± 0,1 ^a	8,93 ± 0,13 ^b
C22:4	0,79 ± 0,07 ^a	0,50 ± 0,01 ^b	0,62 ± 0,00 ^{ab}
C22:5	2,28 ± 0,08	1,93 ± 0,33	1,97 ± 0,03
C22:6	22,95 ± 0,43	21,96 ± 0,62	21,6 ± 0,57
ΣPUFA	39,37 ± 0,69	39,07 ± 0,61	36,78 ± 0,64
PUFA/SFA	1,53 ± 0,03 ^b	2,01 ± 0,02 ^a	1,23 ± 0,04 ^c
Σn-6	2,36 ± 0,11^{ab}	3,01 ± 0,29^a	2,19 ± 0,03^b
Σn-3	37,01 ± 0,76	36,06 ± 0,32	34,59 ± 0,65
n-6/n-3	0,06 ± 0,00	0,08 ± 0,01	0,06 ± 0,00
n-3/n-6	15,79 ± 0,93^a	12,19 ± 1,18^b	15,79 ± 0,47^a

Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0.05$; Tukey çoklu karşılaştırma testine göre).

5.1.1. Doymuş Yağ Asitleri (SFA)

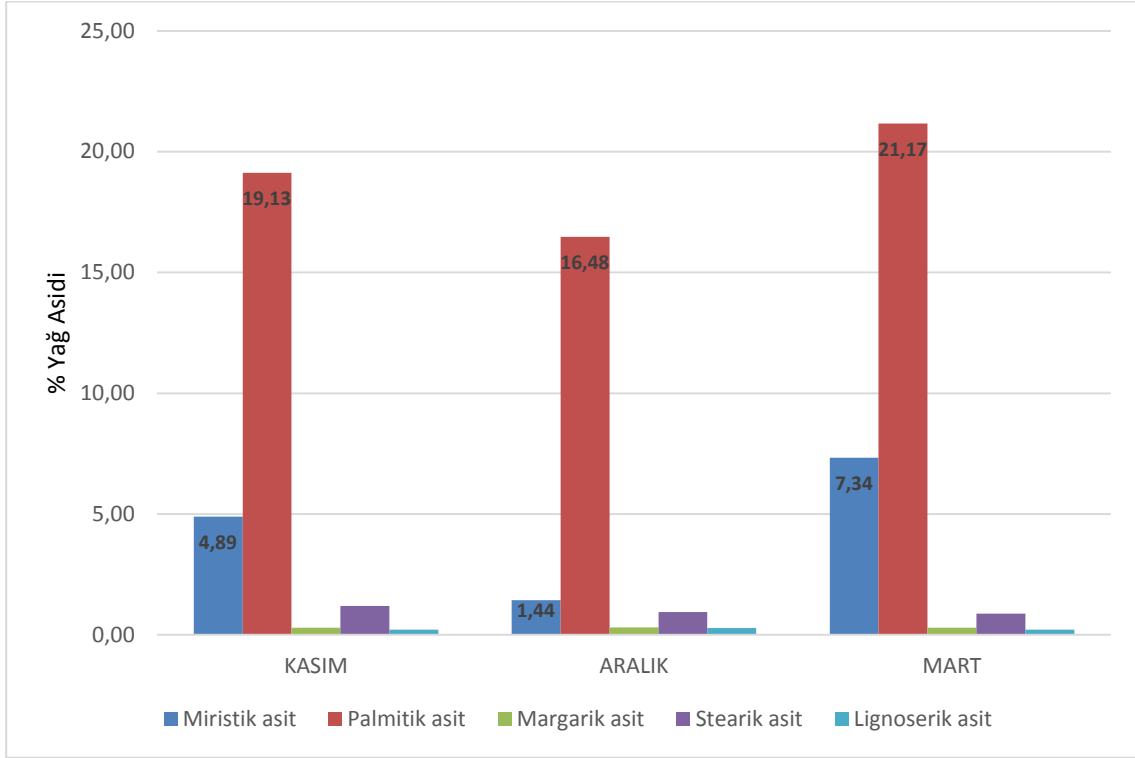
Doymuş yağ asitlerinden Marmara sularında yakalanan hamsi balığında bulunan yağ asitleri miristik (C14:0), palmitik (C16:0), margarik (C17:0), stearik (C18:0) ve lignoserik (C24:0) asitlerdir. Kas dokusunda tüm avlanma aylarında en yüksek yüzdeye sahip doymuş yağ asidi Palmitik asittir. Toplam doymuş yağ asidi oranı %29,89 ile en yüksek Mart ayında görülmüşken %19,43 ile en düşük Aralık ayında görülmüştür (Şekil 5.1)



Şekil 5.1. Marmara sularında yakalanan hamsi balıklarının kas dokusundaki toplam SFA oranlarının avlanma aylarına bağlı değişimi (%).

Toplam SFA oranında, Kasım ile Aralık, Kasım ile Mart ve Aralık ile Mart ayları arasında istatistiki açıdan önemli farklılıklar gözlenmiştir ($p<0,05$).

Miristik, palmitik, margarik, stearik ve lignoserik yağ asitlerinin yüzde oranlarının avlanma aylarına bağlı değişimi ise Şekil 5.2’de gösterilmiştir.



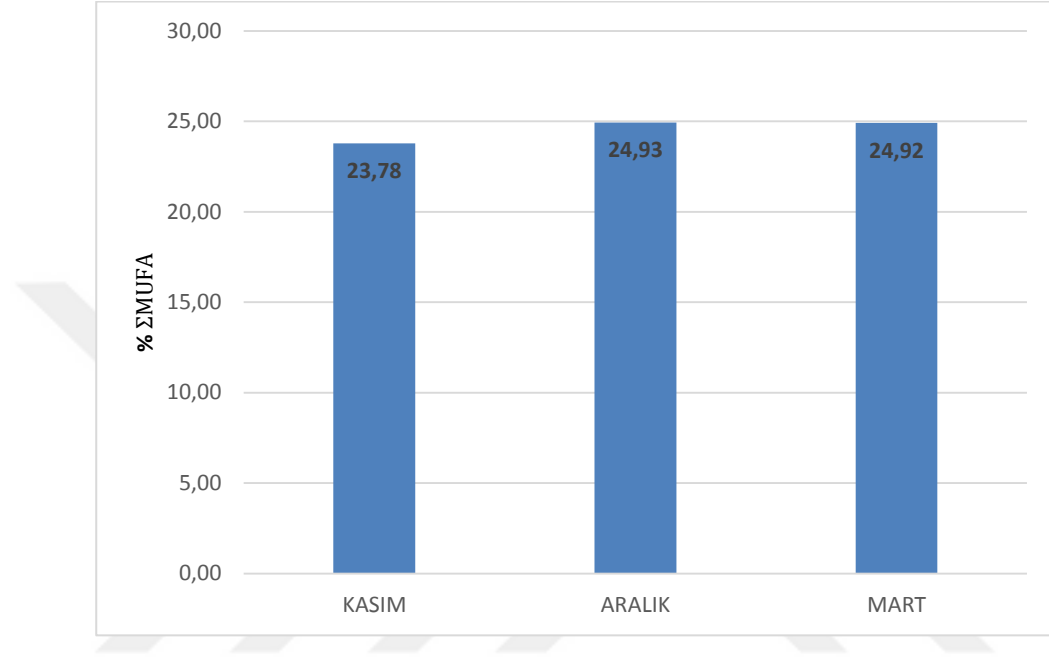
Şekil 5.2. Marmara sularında yakalanan hamsi balıklarının kas dokusundaki doymuş yağ asidi oranlarının avlanma aylarına bağlı değişimi (%).

5.1.2. Tekli Doymamış Yağ Asitleri (MUFA)

Miristoleik (C14:1), Palmitoleik (C16:1), Oleik (C18:1), cis-11 Eikosenoik (C20:1), Erüsik (C22:1) ve Nervonik (C24:1) asit Marmara sularında yakalanan hamsi balıklarının kas dokusunda bulunan tekli doymamış yağ asitleridir. MUFA arasında baskın yağ asidi Aralık ayında palmitoleik asit iken Kasım ve Mart aylarında Oleik asittir.

En yüksek toplam MUFA oranı %24,93 ile Aralık ayında tespit edilmişken, Aralık ayını %24,92 ile Mart ayı takip etmiştir. En düşük toplam MUFA oranı ise %23,78 ile Kasım ayında gözlenmiştir.

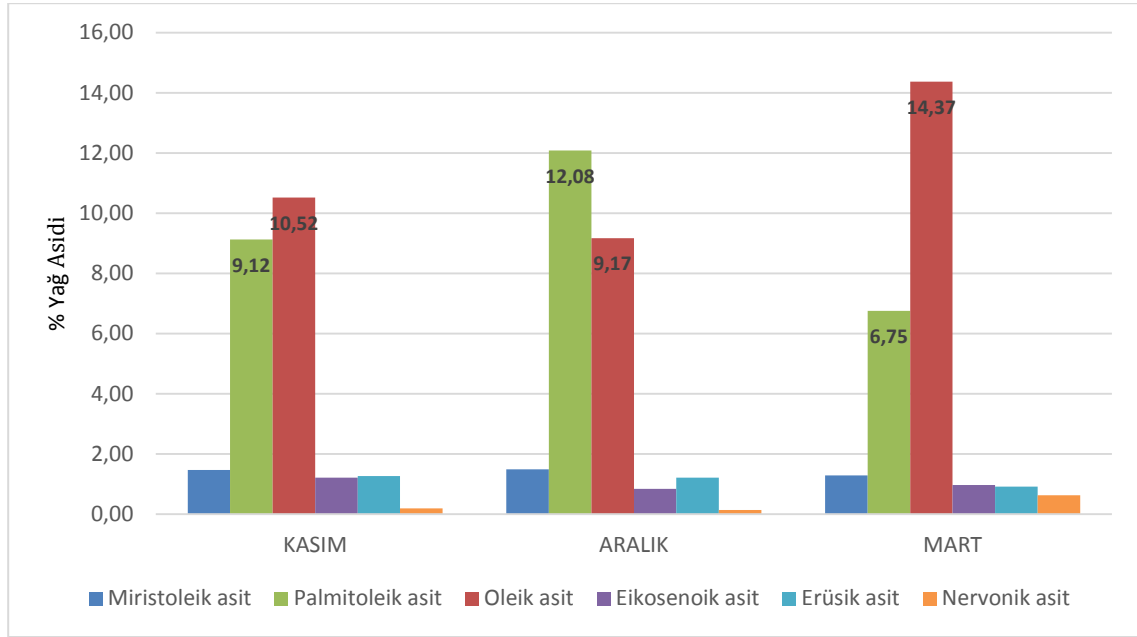
Toplam MUFA oranlarının avlanma aylarına göre değişimi Şekil 5.3'te gösterilmiştir.



Şekil 5.3. Marmara sularında yakalanan hamsi balıklarının kas dokusundaki toplam MUFA oranlarının avlanma aylarına bağlı değişimi (%).

Toplam MUFA oranında avlanma ayları arasında istatistiki açıdan farklılık gözlenmemiştir.

Miristoleik, Palmitoleik, Oleik, cis-11 Eikosenoik, Erüsik ve Nervonik yağ asit yüzdelerinin avlanma aylarına bağlı değişimi ise Şekil 5.4'te gösterilmiştir.



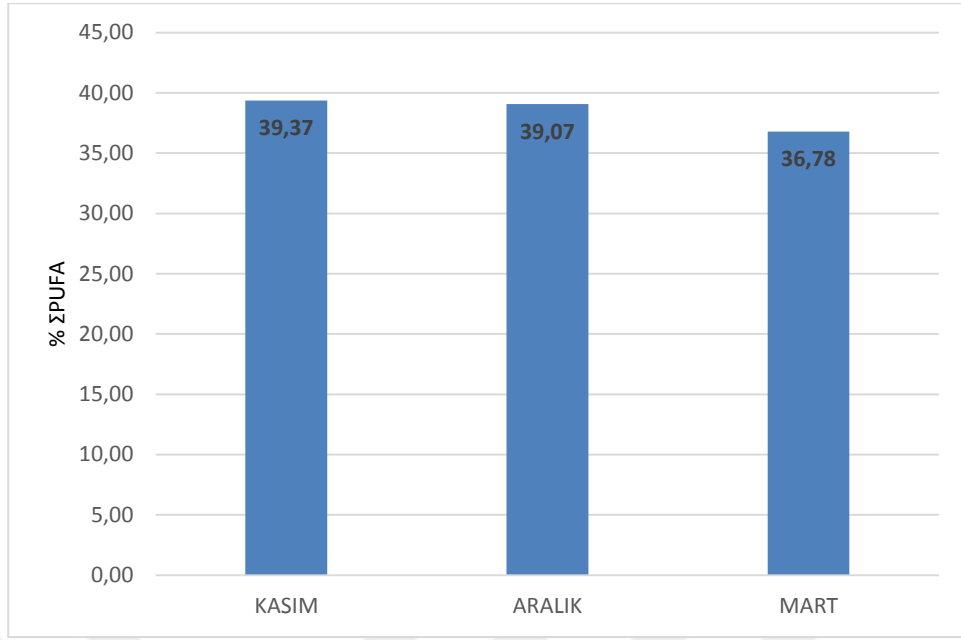
Şekil 5.4. Marmara sularında yakalanan hamsi balıklarının kas dokusundaki tekli doymamış yağ asidi oranlarının avlanma aylarına bağlı değişimi (%).

5.1.3. Çoklu Doymamış Yağ Asitleri (PUFA)

Marmara sularında yakalanan hamsi balıklarının kas dokusunda bulunan çoklu doymamış yağ asitleri linoleik (LA) (C18:2), α -linolenik (ALA) (C18:3), stearidonik (C18:4), cis-11,14 eikosadienoik (C20:2), eikosatrienoik (C20:3), eikosapentaenoik (EPA) (C20:5), dokosatetraenoik (C22:4), dokosapentaenoik (C22:5) ve Dokosaheksanoik (DHA) (C22:6) asitlerdir.

Toplam PUFA oranı %39,37 ile en yüksek Kasım ayında gözlenirken, Aralık ayında bu oran %39,07'e düşmüştür. En düşük PUFA oranı ise %36,78 ile Mart ayında bulunmuştur.

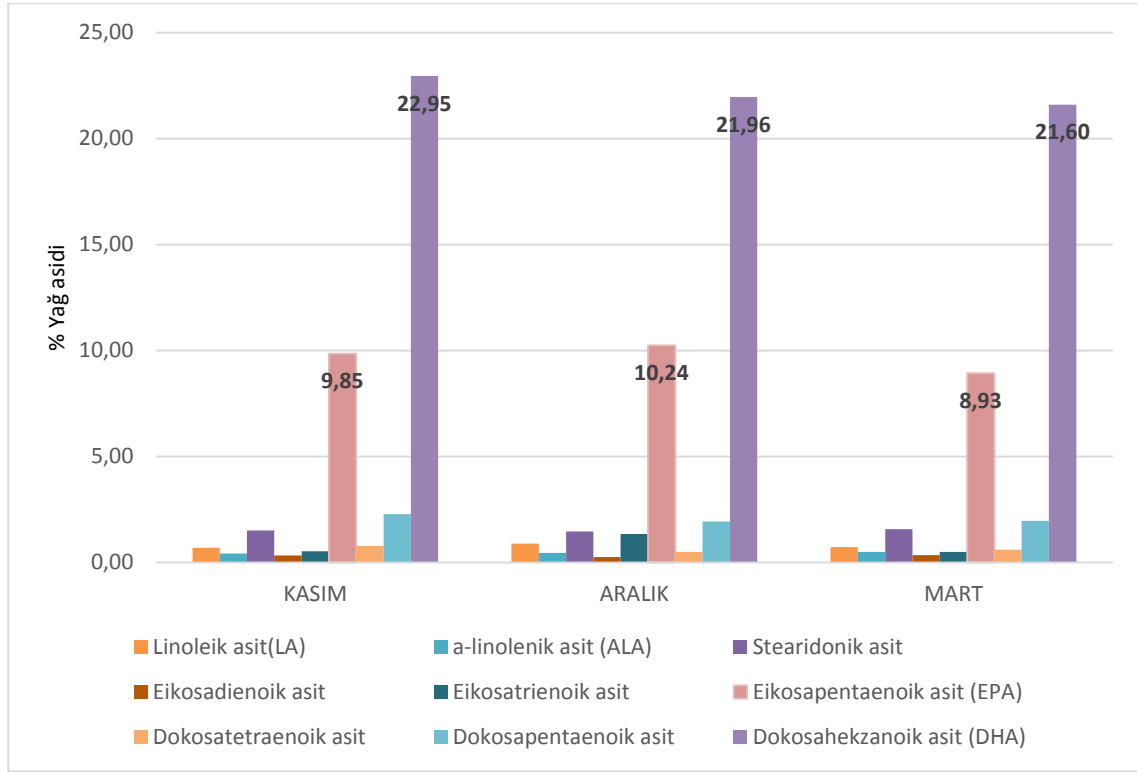
Toplam PUFA oranlarının avlanma aylarına bağlı değişimi Şekil 5.5'te gösterilmiştir.



Şekil 5.5. Marmara sularında yakalanan hamsi balıklarının kas dokusundaki toplam PUFA oranlarının avlanma aylarına bağlı değişimi (%).

Toplam PUFA oranında avlanma ayları arasında istatistiki açıdan farklılık gözlenmemiştir.

DHA tüm avlanma aylarında açık ara baskınken, DHA'yı ikinci en yüksek yüzdeyle EPA takip etmiştir. Çoklu doymamış yağ asitleri yüzdelerinin değişimi ise Şekil 5.6'da verilmiştir.



Şekil 5.6. Marmara sularında yakalanan hamsi balıklarının kas dokusundaki çoklu doymamış yağ asidi oranlarının avlanma aylarına bağlı değişimi (%).

5.2. Karadeniz Sularında Yakalanan Hamsi Balığının Kas Dokusundaki Yağ Asidi Kompozisyonunun Avlanma Aylarına Göre Değişimi

Karadeniz sularında yakalanan hamsi balığının kas dokusundaki yağ asidi kompozisyonunun avlanma aylarına bağlı değişimi Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6: Karadeniz sularında yakalanan hamsi balıklarının kas dokusundaki yağ asitlerinin avlanma aylarına bağlı değişimi (% , ±standart hata).

Yağ Asitleri	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	MAYIS
C14:0	4,04 ± 0,39 ^{ab}	4,85 ± 0,33 ^a	3,09 ± 0,33 ^b	3,63 ± 0,11 ^{ab}	3,45 ± 0,64 ^{ab}	4,58 ± 0,35 ^{ab}
C16:0	14,70 ± 1,16 ^{ab}	18,27 ± 0,87 ^a	11,01 ± 0,67 ^b	11,44 ± 0,44 ^b	13,57 ± 1,15 ^b	14,54 ± 0,19 ^{ab}
C17:0	0,21 ± 0,01 ^c	0,47 ± 0,09 ^{ab}	0,32 ± 0,02 ^{bc}	0,59 ± 0,05 ^a	0,19 ± 0,03 ^c	0,59 ± 0,06 ^a
C18:0	1,55 ± 0,08 ^a	1,44 ± 0,25 ^{ab}	0,96 ± 0,08 ^{ab}	1,30 ± 0,29 ^{ab}	0,73 ± 0,15 ^b	1,33 ± 0,20 ^{ab}
C24:0	1,45 ± 0,28 ^a	0,48 ± 0,14 ^b	0,84 ± 0,27 ^{ab}	0,77 ± 0,22 ^{ab}	0,92 ± 0,14 ^{ab}	1,61 ± 0,41 ^a

ΣSFA	21,95 ± 1,29^{ab}	25,52 ± 0,79^a	16,22 ± 0,61^c	17,73 ± 0,41^{bc}	18,87 ± 1,85^{bc}	22,64 ± 0,73^{ab}
C14:1	1,70 ± 0,20	1,35 ± 0,09	1,59 ± 0,34	1,50 ± 0,40	1,47 ± 0,25	0,61 ± 0,23
C16:1	9,08 ± 0,86 ^{abc}	7,97 ± 0,84 ^{bc}	7,56 ± 0,42 ^c	11,53 ± 0,85 ^a	11,32 ± 1,03 ^{ab}	8,36 ± 0,82 ^{abc}
C18:1	8,27 ± 1,47 ^{ab}	11,56 ± 1,02 ^a	5,26 ± 0,52 ^b	5,55 ± 0,11 ^b	5,59 ± 0,85 ^b	8,70 ± 0,23 ^{ab}
C20:1	0,69 ± 0,09 ^{ab}	0,96 ± 0,04 ^a	0,46 ± 0,06 ^b	0,60 ± 0,02 ^b	0,43 ± 0,10 ^b	0,46 ± 0,04 ^b
C22:1	1,19 ± 0,13 ^{ab}	1,20 ± 0,07 ^a	1,02 ± 0,19 ^{ab}	0,88 ± 0,06 ^{ab}	0,73 ± 0,04 ^b	0,98 ± 0,05 ^{ab}
C24:1	0,35 ± 0,13 ^{bc}	0,53 ± 0,11 ^b	0,18 ± 0,02 ^c	0,18 ± 0,01 ^c	0,25 ± 0,03 ^{bc}	0,95 ± 0,06 ^a
ΣMUFA	21,29 ± 0,98^{ab}	23,57 ± 1,56^a	16,06 ± 0,45^b	20,23 ± 1,35^{ab}	19,79 ± 1,61^{ab}	20,06 ± 0,46^{ab}
C18:2	0,74 ± 0,04	0,68 ± 0,07	0,75 ± 0,11	0,84 ± 0,18	0,80 ± 0,21	0,74 ± 0,02
C18:3	0,34 ± 0,03 ^b	0,54 ± 0,05 ^b	0,35 ± 0,02 ^b	0,35 ± 0,10 ^b	0,48 ± 0,07 ^b	1,60 ± 0,06 ^a
C18:4	1,22 ± 0,03 ^{ab}	1,50 ± 0,04 ^a	1,51 ± 0,28 ^a	0,51 ± 0,13 ^c	0,78 ± 0,22 ^{bc}	1,57 ± 0,22 ^a
C20:2	0,33 ± 0,02	0,30 ± 0,01	0,28 ± 0,04	0,24 ± 0,03	0,37 ± 0,06	0,25 ± 0,07
C20:3	1,01 ± 0,10 ^{bcd}	0,76 ± 0,10 ^d	0,80 ± 0,23 ^{cd}	1,61 ± 0,23 ^{ab}	1,49 ± 0,15 ^{abc}	2,11 ± 0,01 ^a
C20:5	9,85 ± 0,45 ^a	8,70 ± 0,08 ^{ab}	8,04 ± 0,22 ^b	6,54 ± 0,10 ^c	5,75 ± 0,50 ^c	8,74 ± 0,04 ^{ab}
C22:4	0,61 ± 0,07 ^{ab}	0,64 ± 0,03 ^a	0,57 ± 0,09 ^{ab}	0,38 ± 0,02 ^b	0,39 ± 0,02 ^b	0,37 ± 0,01 ^b
C22:5	2,26 ± 0,10 ^a	1,75 ± 0,10 ^{ab}	1,78 ± 0,27 ^{ab}	1,17 ± 0,14 ^b	1,27 ± 0,06 ^b	1,73 ± 0,07 ^{ab}
C22:6	20,50 ± 0,73 ^a	20,67 ± 0,69 ^a	19,96 ± 0,65 ^a	15,43 ± 0,74 ^b	20,56 ± 0,54 ^a	19,68 ± 0,03 ^a
ΣPUFA	36,85 ± 1,14^a	35,54 ± 0,92^{ab}	34,05 ± 1,20^{ab}	27,06 ± 1,15^c	31,89 ± 1,22^b	36,78 ± 0,10^{ab}
PUFA/SFA	1,69 ± 0,06 ^{bc}	1,40 ± 0,07 ^c	2,11 ± 0,07 ^a	1,52 ± 0,04 ^{bc}	1,75 ± 0,12 ^b	1,63 ± 0,05 ^{bc}
Σn-6	2,69 ± 0,04^{ab}	2,39 ± 0,15^b	2,40 ± 0,14^b	3,06 ± 0,23^{ab}	3,05 ± 0,18^{ab}	3,47 ± 0,06^a
Σn-3	34,16 ± 1,15^a	33,16 ± 0,80^{ab}	31,65 ± 1,31^{ab}	24,00 ± 1,09^c	28,84 ± 1,15^b	33,31 ± 0,12^{ab}
n-6/n-3	0,08 ± 0,00^{bc}	0,07 ± 0,00^c	0,08 ± 0,01^{bc}	0,13 ± 0,01^a	0,11 ± 0,01^{ab}	0,10 ± 0,00^{abc}
n-3/n-6	12,72 ± 0,48^{abc}	14,12 ± 0,72^a	13,51 ± 1,19^{ab}	8,10 ± 0,75^d	9,57 ± 0,52^{cd}	9,61 ± 0,20^{bed}

Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemlidir ($P < 0,05$; Tukey çoklu karşılaştırma testine göre).

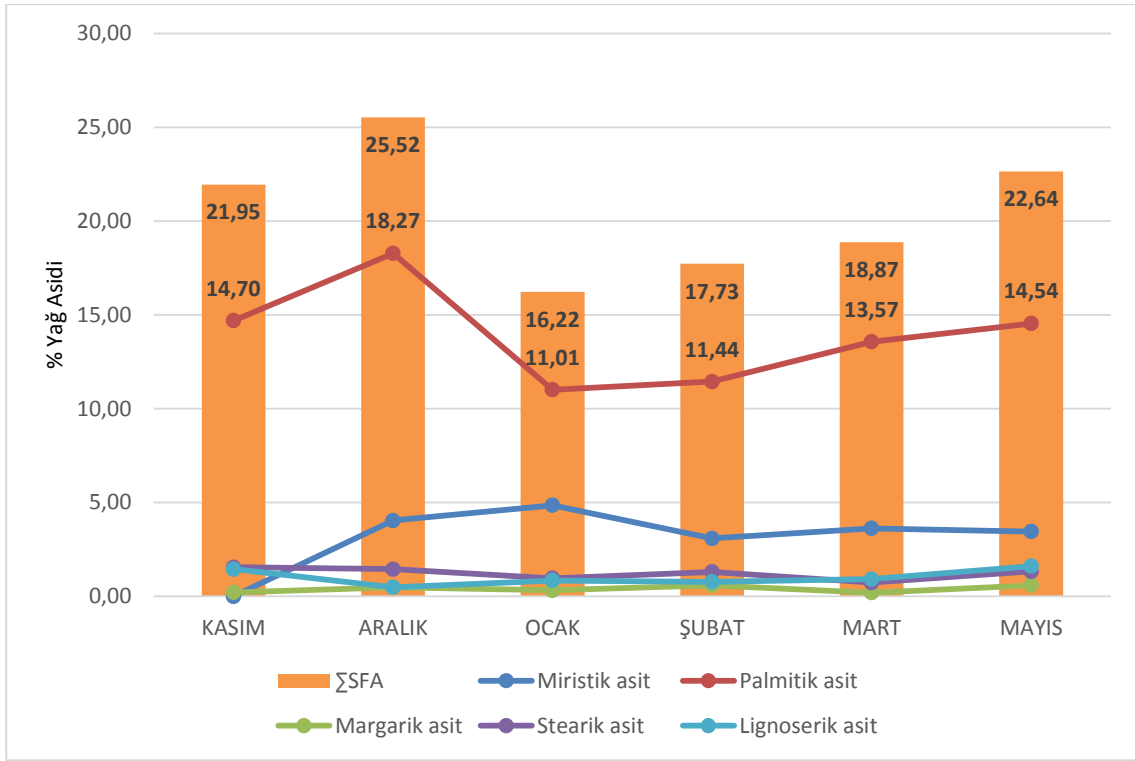
5.2.1. Doymuş Yağ Asitleri (SFA)

Doymuş yağ asitlerinden Karadeniz sularında yakalanan hamsi balığında bulunan yağ asitleri Miristik (C14:0), Palmitik (C16:0), Margarik (C17:0), Stearik (C18:0) ve Lignoserik (C24:0) asitlerdir. Hamsi balıklarının kas dokusunda tüm avlanma aylarında en yüksek yüzdeye sahip doymuş yağ asidi, Marmara sularında yakalanan hamsi balıklarında da olduğu gibi Palmitik asittir.

Toplam doymuş yağ asidi oranı %25,52 ile en yüksek Aralık ayında görülmüşken %16,22 ile en düşük Ocak ayında görülmüştür.

Toplam SFA oranında avlanma ayları arasında istatistiki açıdan farklılık gözlenmemiştir.

Hem toplam SFA hem de Miristik, Palmitik, Margarik, Stearik ve Lignoserik yağ asitleri oranlarının avlanma aylarına bağlı değişimi Şekil 5.7’de gösterilmiştir.



Şekil 5.7. Karadeniz sularında yakalanan hamsi balıklarının kas dokusundaki doymuş yağ asitleri ile toplam SFA oranlarının avlanma aylarına bağlı değişimi (%).

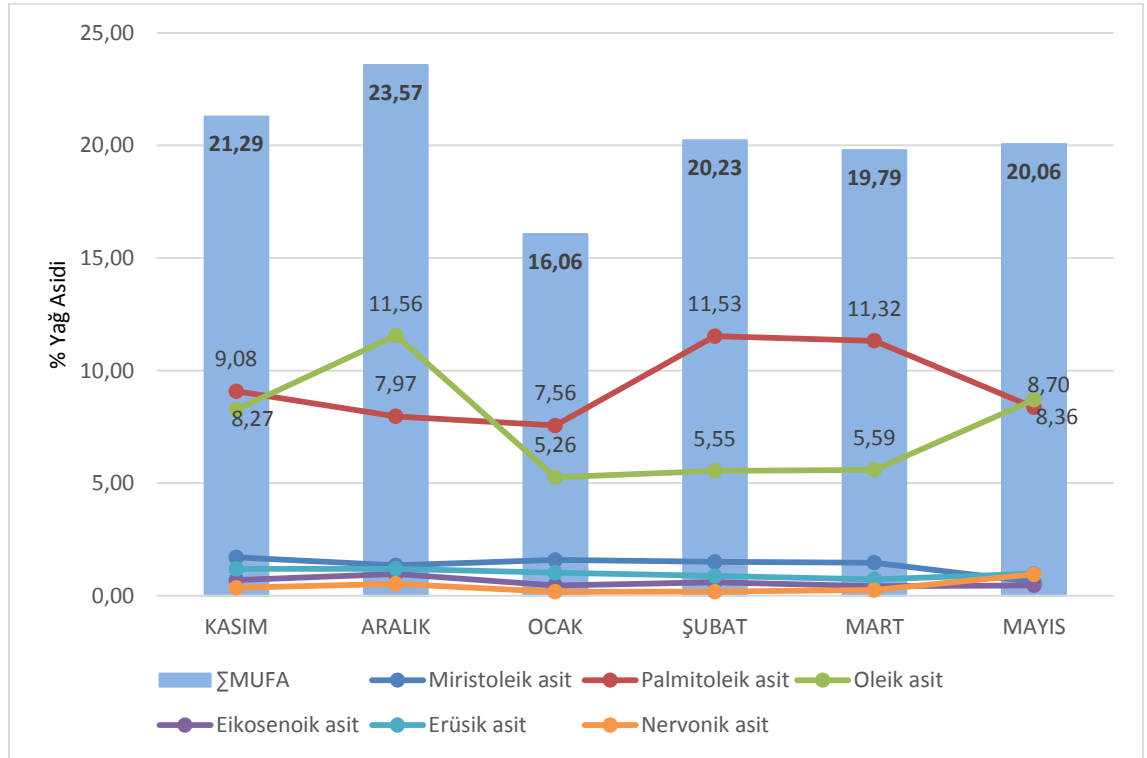
5.2.2. Tekli Doymamış Yağ Asitleri (MUFA)

Miristoleik (C14:1), palmitoleik (C16:1), oleik (C18:1), cis-11 eikosenoik (C20:1), erüsik (C22:1) ve nervonik (C24:1) asit Karadeniz sularında yakalanan hamsi balıklarının kas dokusunda bulunan tekli doymamış yağ asitleridir.

En yüksek toplam MUFA oranı %23,57 ile Aralık ayında tespit edilmişken, Aralık ayını %21,29 ile Kasım ayı takip etmiştir. En düşük toplam MUFA oranı ise %16,06 ile Ocak ayında gözlenmiştir.

Toplam MUFA oranında Kasım ve Aralık aylarında istatistiki açıdan önemli bir farklılık ($p<0,05$) gözlenirken diğer avlanma ayları arasında farklılık gözlenmemiştir.

Hem toplam MUFA hem de miristoleik, palmitoleik, oleik, cis-11 eikosenoik, erüsik ve nervonik yağ asitleri oranlarının avlanma aylarına bağlı değişimi Şekil 5.8’de gösterilmiştir.



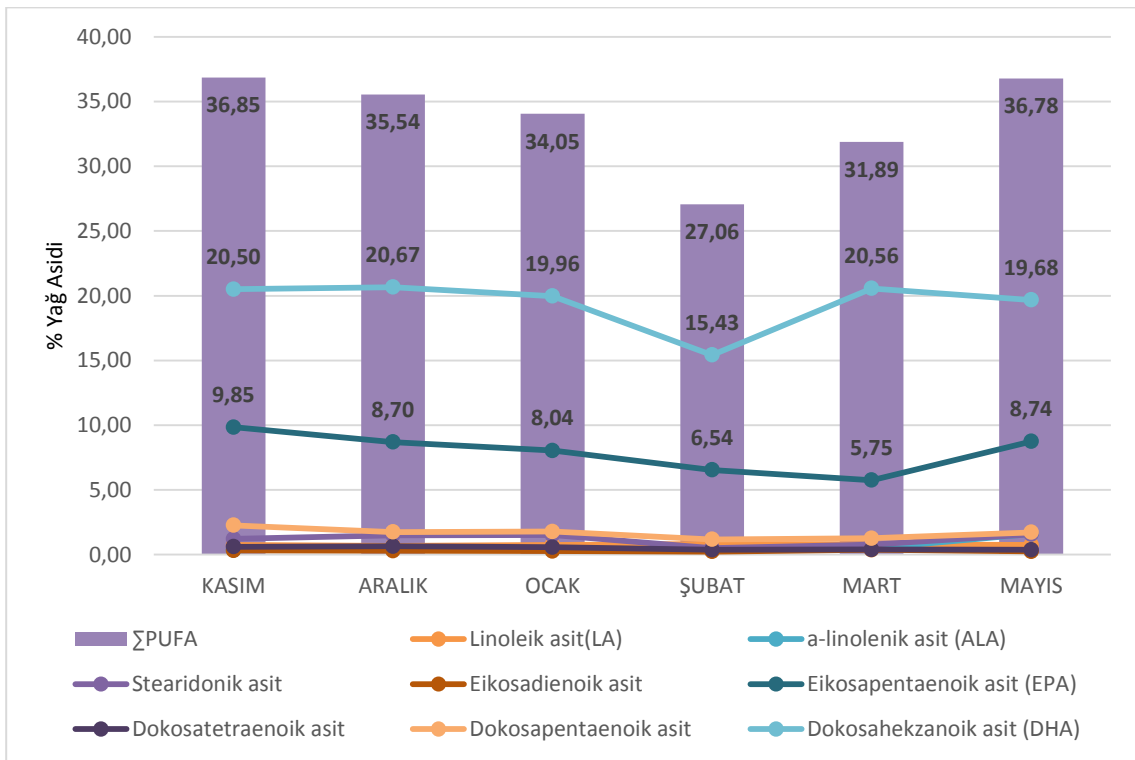
Şekil 5.8. Karadeniz sularında yakalanan hamsi balıklarının kas dokusundaki tekli doymamış yağ asitleri ile toplam MUFA oranlarının avlanma aylarına bağlı değişimi (%).

5.2.3. Çoklu Doymamış Yağ Asitleri (PUFA)

Karadeniz sularında yakalanan hamsi balıklarının kas dokusunda bulunan çoklu doymamış yağ asitleri linoleik (LA) (C18:2), a-linolenik (ALA) (C18:3), stearidonik

(C18:4), cis-11,14 Eikosadienoik (C20:2), Eikosatrienoik (C20:3), Eikosapentaenoik (EPA) (C20:5), Dokosatetraenoik (C22:4), Dokosapentaenoik (C22:5) ve Dokosahekzanoik (DHA) (C22:6) asittir.

Toplam PUFA oranı %36,85 ile en yüksek Kasım ayında gözlenirken, bu oran %27,06 ile en düşük Şubat ayındadır. Hem toplam PUFA hem de çoklu doymamış yağ asitleri oranlarının avlanma aylarına bağlı değişimi Şekil 5.9’da gösterilmiştir. Toplam PUFA oranında Kasım, Şubat ve Mart aylarında istatistiki açıdan önemli bir farklılık ($p<0,05$) gözlenirken diğer avlanma ayları arasında farklılık gözlenmemiştir.

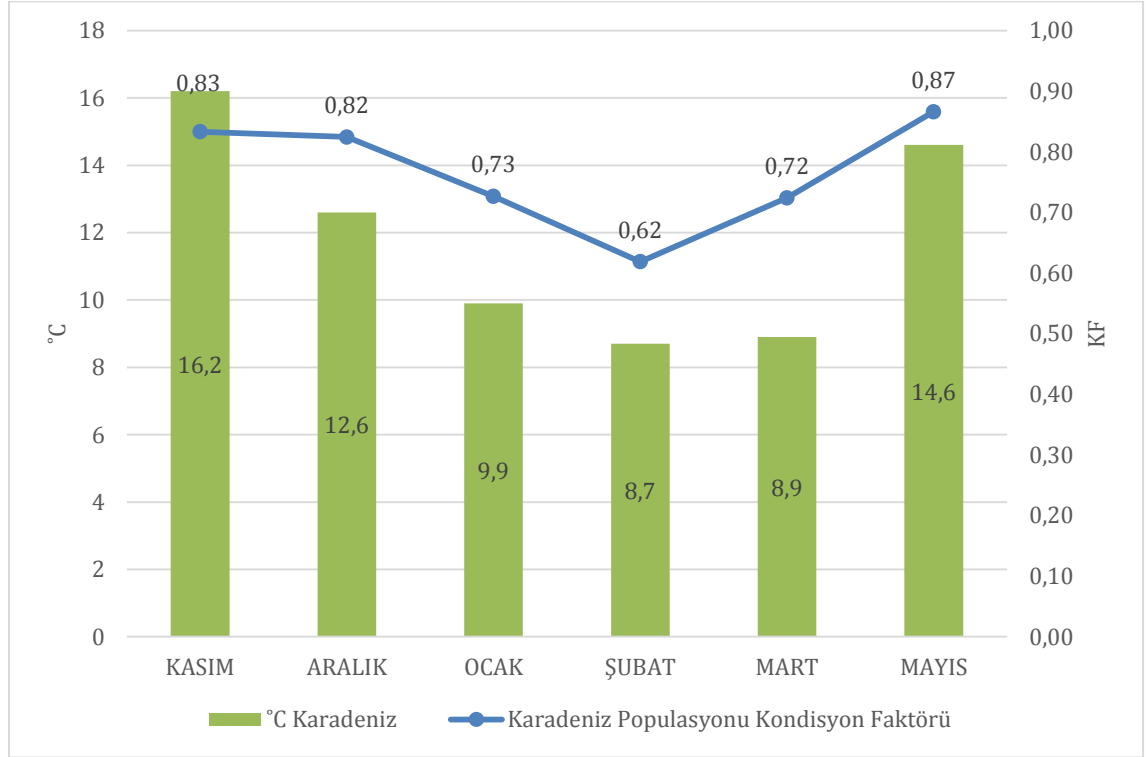


Şekil 5.9. Karadeniz sularında yakalanan hamsi balıklarının kas dokusundaki tekli doymamış yağ asitleri ile toplam PUFA oranlarının avlanma aylarına bağlı değişimi (%).

Marmara Denizi’nde olduğu gibi Karadeniz’de de DHA tüm avlanma aylarında açık ara baskınken, DHA’yı ikinci en yüksek yüzdeyle EPA takip etmiştir.

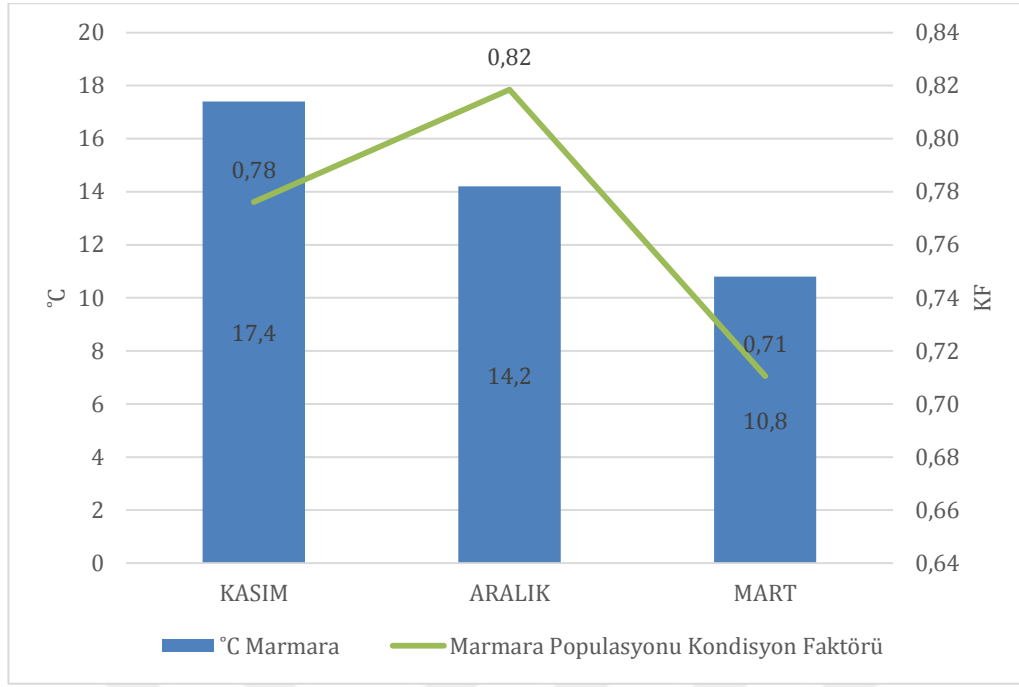
5.3. Karadeniz ve Marmara Popülasyonu Toplam Omega-3 Yüzdelerinin Kondisyon Faktörü ile Sıcaklığa Bağlı Değişimi

Karadeniz sularında avlanan hamsi balıklarının kondisyon faktörlerinde deniz suyu sıcaklığına bağlı bazı değişimler görülmüştür.

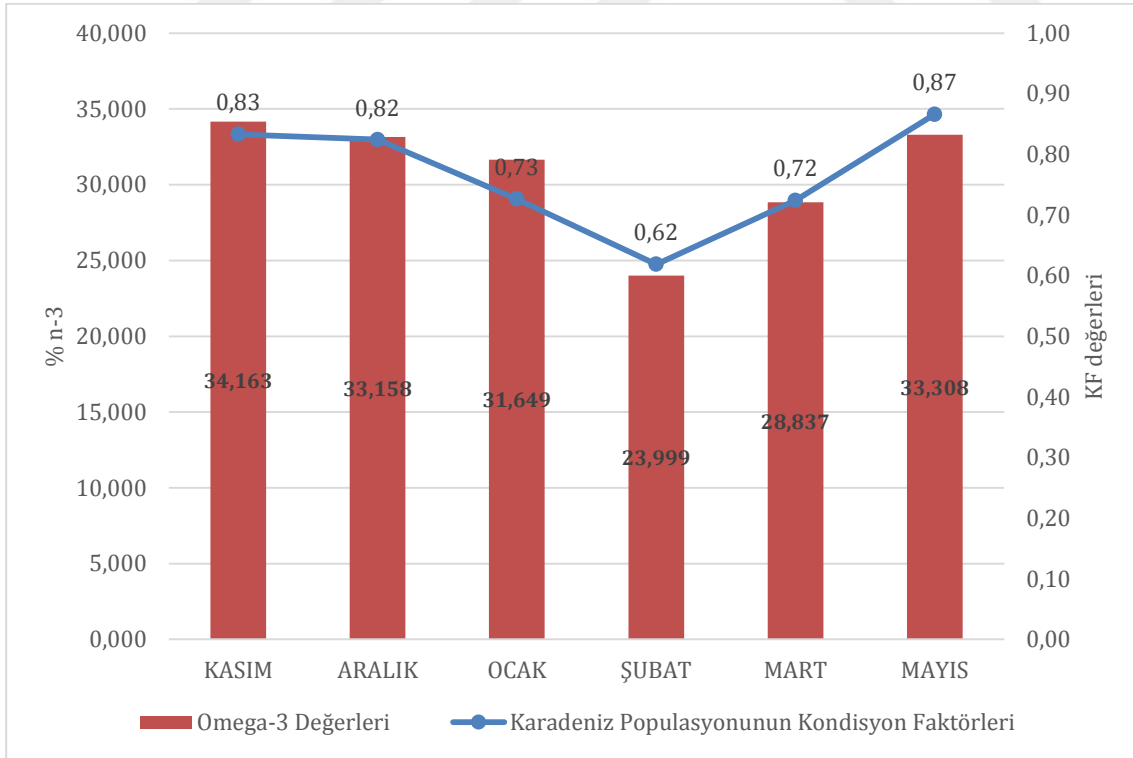


Şekil 5.10. Karadeniz popülasyonundaki kondisyon faktörlerinin aylık ve deniz suyu sıcaklığına bağlı değişimi

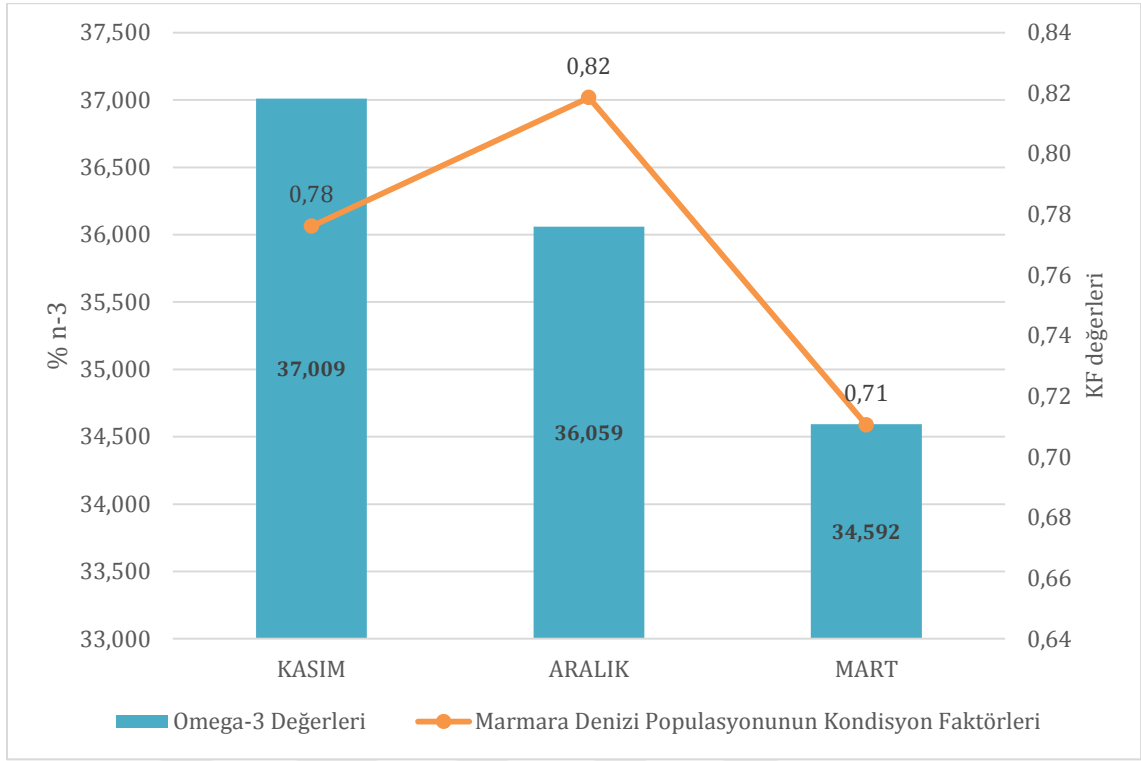
Karadeniz popülasyonunda en yüksek kondisyon faktörü değeri 0,87 ile Mayıs ayında elde edilmişken en düşük değer 0,62 ile Şubat ayına aittir. Karadeniz’e ait deniz suyu sıcaklıklarında en yüksek değer 16,2°C ile Kasım ayında, en düşük değer ise 8,7°C ile Şubat ayında görülmüştür.



Şekil 5.11. Marmara Denizi popülasyonundaki kondisyon faktörlerinin aylık ve deniz suyu sıcaklığına bağlı değişimi



Şekil 5.12. Karadeniz popülasyonu toplam omega-3 değerlerinin kondisyon faktörüne bağlı değişimi



Şekil 5.13. Marmara Denizi popülasyonu toplam omega-3 değerlerinin kondisyon faktörüne bağlı değişimi

Karadeniz popülasyonunda toplam omega-3 değerinin en düşük olduğu (%23,999) Şubat ayında kondisyon faktörü de en düşük değerindedir.

Marmara popülasyonunda toplam omega-3 değerinin en düşük olduğu (%34,592) Mart ayında kondisyon faktörü de en düşük değerindedir.

6. YORUM

Wijekoon, Parrish ve Mansour'un (2021) da bahsettikleri gibi balıkların yağ asidi bileşimi, dalgalanan su sıcaklığından da etkilenir. Azalan su sıcaklığı, akışkanlığı korumak amacıyla homeoviskoz adaptasyonun bir parçası olarak doymuş yağ asidi oranlarında azalmaya sebebiyet verirken doymamış yağ asidi oranlarını artırma eğilimindedir. Su sıcaklığının dokulardaki yağ asidi bileşimi üzerindeki etkisini inceleyen çalışmalar, sıcaklıkları genellikle iki farklı seviyede tutmuştur. Su sıcaklığındaki çoklu değişiklikleri inceleyen çalışmalar daha azdır.

Geçmişte, deniz suyu sıcaklığıyla ilişkisi olabileceği de düşünülen avlanma konumu ve mevsimi gibi çevresel faktörlerin, balık lipidlerindeki yağ asitleri kompozisyonuna etkisi olduğu gözlemlenmiştir (Lovern, 1942; Swain, 1953).

Özoğul, Özoğul ve Alagöz'un (2007) de bahsettiği gibi balıkların lipid içeriği tür, beslenme, cinsiyet, coğrafi köken ve mevsime göre değişir. Lipit kompozisyonunu etkileyen bir diğer faktörün de sıcaklık olduğu bilinmektedir. Yapılan çalışmalarda deniz sıcaklığının düşük olduğu lokasyon ve aylara kıyasla sıcak mevsimlerde ve deniz sıcaklığının daha yüksek olduğu lokasyonlarda yaşayan balıklarda Σ SFA ve Σ MUFA miktarlarının yüksek olduğu vurgulanırken, Σ PUFA miktarlarının ise soğuk lokasyon ve soğuk mevsimlerde yüksek seviyelerde bulunduğunu belirtilmiştir. Ancak çoğu çalışmanın aksine Uysal ve Aksoylar (2005), Sudak balığı ile yaptıkları çalışmada kış mevsiminde n-3 yağ asitleri ile Σ PUFA yüzdelerinin azaldığını saptamış, deniz sıcaklığının 20°C olduğu Eylül ayında Σ PUFA oranının %30 olduğunu, 10°C olduğu Mart ayında ise bu oranın %16'ya düştüğünü bildirmişlerdir.

Bu çalışmada deniz suyu sıcaklığı her avlanma ayında Karadeniz'e kıyasla daha yüksek olan Marmara Denizi'nde yakalanan balıklardaki Σ SFA oranlarının Kasım ve Mart ayında Karadeniz sularında yakalanan balıklara kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ancak Aralık ayında deniz suyu sıcaklığı daha düşük olan Karadeniz hamsisinde Σ SFA oranı daha yüksek bulunmuştur. Karadeniz'de deniz suyu sıcaklığının en düşük olduğu Şubat ve Mart aylarında Σ SFA oranlarının da diğer aylara kıyasla düşük olduğu gözlenirken, deniz suyunun daha sıcak olduğu diğer aylarda bu patern

görülmemiştir. Marmara Denizi'nde ise Kasım ve Aralık aylarında deniz suyu sıcaklığı ile Σ SFA oranı arasında doğru orantı olduğu söylenebilirken Mart ayında bu ilişkiye rastlanmamıştır. Marmara ve Karadeniz sularında avlanan hamsi balıklarının total SFA yüzdeleri sırasıyla 19,43 – 29,89 ve 16,19 – 25,52 değerleri arasındadır.

Çizelge 6.1. Bu çalışma ile diğer çalışmalarda elde edilen Karadeniz popülasyonu aylık Σ SFA değerleri (%)

	<i>Bu çalışma</i>	<i>Öksüz ve Özyılmaz, 2010</i>	<i>Tufan, Koral ve Köse, 2011</i>
Eylül			37,58
Ekim		37,91	37,17
Kasım	21,95	37,12	36,72
Aralık	25,52	36,62	33,02
Ocak	16,22	34,03	29,81
Şubat	17,73	35,92	31,51
Mart	18,87	33,40	32,36
Nisan		34,94	30,25
Mayıs	22,64		

TürKomp (2016) verilerine göre palmitik asit tüm yağ asitleri arasında baskın konumdadır. Öksüz ve Özyılmaz (2010), Karadeniz sularında yapılan çalışmada C16:0 (Palmitik Asit) 'i sadece Σ SFA'da değil, av sezonu boyunca (Mart ve Nisan ayları hariç) tespit edilen tüm yağ asitleri arasında baskın yağ asidi olarak tespit etmiştir. Benzer bulgular Sağlık ve İmre (2001) ve Tanakol ve ark. (1999) çalışmalarında da gözlenmiştir. Kocatepe ve ark. (2019), Karadeniz ve Marmara sularında yakalanan hamsi balıkları için benzer sonuçlar elde ederken Ege sularında yakalanan hamsi balıklarında C16:0 seviyesinin tüm yağ asitleri içinde baskın DHA'dan sonra ikinci sırada geldiğini bildirmiştir. Zlatanov ve Laskaridis (2007) ise Akdeniz sularında gerçekleştirdikleri bu çalışmada tüm avlanma aylarında C16:0 seviyesini Σ SFA içinde baskın bulurken, Nisan ve Haziran aylarında tüm yağ asitleri içinde palmitik asidin DHA'dan sonra ikinci baskın yağ asidi olduğunu tespit etmiştir. Öksüz, Özyılmaz ve Turan (2009), Karadeniz ve Akdeniz sularında gerçekleştirdikleri çalışmada Akdeniz'den yakalanan balıklarda C16:0 oranının Σ SFA içinde baskın olduğunu

belirtirken tüm yağ asitleri içinde DHA'dan sonra ikinci olarak baskın bulunduğunu gözlemlemişlerdir. Karadeniz'de ise C16:0 hem Σ SFA hem de tüm yağ asitleri içinde baskın yağ asidi olarak gözlenmiştir. Tufan, Koral ve Köse (2011), Karadeniz'de farklı avlanma dönemleri için yaptıkları çalışmada palmitik asidin total doymuş yağ asitleri arasında her avlanma ayında baskın olduğunu belirtirken Ocak, Şubat ve Nisan aylarında tüm yağ asitleri içinde DHA'dan sonra ikinci sırada olduğunu ifade etmişlerdir. Bu çalışmada hem Karadeniz hem de Marmara sularında C16:0 tüm avlanma aylarında Σ SFA içinde baskın yağ asidi iken tüm yağ asitleri arasında DHA'dan sonra ikinci sırada olup hem Zlatanov ve Laskaridis (2007) hem de Tufan, Koral ve Köse (2011) bulgularıyla örtüşmektedir.

Bu çalışmada, Marmara ve Karadeniz sularında avlanan hamsi balıklarının Σ MUFA yüzdeleri sırasıyla 23,78 – 24,93 ve 16,06 – 23,57 değerleri arasındadır. Karadeniz'de Σ MUFA içinde Aralık ve Mayıs aylarında C18:1 n-9 baskın bulunurken diğer avlanma ayları olan Kasım, Ocak, Şubat ve Mart aylarında C16:1 baskın bulunmuştur. Marmara'da ise Σ MUFA içinde Kasım ve Mart aylarında C18:1 n-9 baskın bulunurken, Aralık ayında C16:1 baskın bulunmuştur. Öksüz ve Özyılmaz (2010), Tufan (2011) ve Zlatanov ve Laskaridis (2007)'in farklı avlanma aylarında Karadeniz'den yakalanan hamsi balıkları için gerçekleştirdikleri çalışmalarda tüm avlanma aylarında C18:1 n-9 Σ MUFA içinde baskın bulunmuş, ikinci baskın yağ asidinin ise C16:1 olduğu belirtilmiştir. TürKomp (2016) projesinde de C18:1 n-9, Σ MUFA içinde baskın yağ asidi konumundadır.

Çizelge 6.2. Bu çalışma ile diğer çalışmalardaki baskın MUFA

	Karadeniz	Marmara Denizi	Ege Denizi	Akdeniz
<i>Bu çalışma</i>	C16:1	C18:1		
<i>Kocatepe ve ark., 2019</i>	C18:1	C18:1	C18:1	
<i>Öksüz, Özyılmaz ve Turan, 2009</i>	C18:1			C18:1
<i>Öksüz ve Özyılmaz, 2010</i>	C18:1			
<i>Tanakol ve ark, 1999</i>	C18:1			
<i>Tufan, 2011</i>	C18:1			
<i>Zlatanov ve Laskaridis, 2007</i>	C18:1			

	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Ağustos
<i>Bu Çalışma</i> (Karadeniz)			C16:1	C18:1	C16:1	C16:1	C16:1		C18:1		
<i>Bu Çalışma</i> (Marmara Denizi)			C18:1	C16:1			C18:1				
<i>Öksüz ve Özyılmaz, 2010</i> (Karadeniz)		C18:1	C18:1	C18:1	C18:1	C18:1	C18:1	C18:1			
<i>Tufan, Koral ve Köse, 2011</i> (Karadeniz)	C18:1	C18:1	C18:1	C18:1	C18:1	C18:1	C18:1	C18:1			
<i>Zlatanov ve Laskaridis, 2007</i> (Akdeniz)		C18:1		C18:1		C18:1		C18:1		C18:1	C18:1

Kocatepe ve ark. (2019), Karadeniz ve Marmara Denizi'nde; Öksüz, Özyılmaz ve Turan (2009) Karadeniz ve Akdeniz'de yaptığı çalışmalarda C18:1 n-9 baskın bulmuş ve Karadeniz hamsisindeki C18:1 n-9 seviyesinin diğer denizlerden daha yüksek olduğunu ifade etmişlerdir. Bu çalışmada ise C18:1 n-9 Karadeniz'e kıyasla tüm aylarda Marmara Denizi'nde daha yüksek seviyelerde olup Kocatepe ve ark. (2019) ile Öksüz, Özyılmaz ve Turan (2009) bulgularıyla örtüşmemektedir.

TürKomp (2016) verilerinde ortalama Σ PUFA %37,80 değerindedir. Bu çalışmada Karadeniz hamsisinde Kasım, Şubat ve Mart aylarında Σ PUFA yüzdelerinde istatistiki farklılık gözlenmiş ancak Aralık, Ocak ve Mayıs aylarında bu yüzdeler istatistiki olarak benzer bulunmuştur. Marmara hamsisinde ise avlanma sezonu boyunca Σ PUFA yüzdelerinde istatistiki bir farklılık gözlenmemiştir. Ortalama Σ PUFA yüzdeleri ise Karadeniz ve Marmara için farklılık göstermiş, Marmara sularında yakalanan hamsilerde bu yüzdenin daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgulara benzer şekilde Öksüz, Özyılmaz ve Turan (2009) Akdeniz ve Karadeniz hamsisi için Σ PUFA yüzdelerinde istatistiki farklılık gözlemiş ve Akdeniz'den yakalanan hamsi balığında bu oranın Karadeniz'e kıyasla daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 6.3. Bu çalışma ile diğer çalışmalarda elde edilen toplam SFA, MUFA, PUFA değerleri (%)

	Karadeniz			Marmara Denizi		
	ΣSFA	ΣMUFA	ΣPUFA	ΣSFA	ΣMUFA	ΣPUFA
<i>Bu çalışma</i>	20,49	20,17	33,70	25,01	24,54	38,41
<i>Kocatepe, 2019</i>	32,28	31,39	36,24	32,92	32,24	34,82
<i>Öksüz Vd., 2009</i>	35,41	29,46	30,82			
<i>Öksüz Ve Özyılmaz, 2010</i>	35,58	29,28	35,14			
<i>Tanakol ve ark., 1999</i>	42,20	22,48	35,32			
<i>Tufan, 2011</i>	33,55	20,27	35,17			

	Ege Denizi			Akdeniz		
	ΣSFA	ΣMUFA	ΣPUFA	ΣSFA	ΣMUFA	ΣPUFA
<i>Kocatepe, 2019</i>	41,31	11,18	48,10			
<i>Öksüz vd., 2009</i>				37,96	14,30	47,47
<i>Zlatanov Ve Laskaridis, 2007</i>				39,66	17,63	34,92

ΣPUFA ile Σn-3 yüzdeleri bu çalışmada, hem Karadeniz hem de Marmara Denizi'nde deniz suyu sıcaklığıyla doğru orantı yakalamıştır. Her iki denizde de su sıcaklığının en yüksek olduğu Kasım ayında ΣPUFA ile Σn-3 yüzdeleri maksimum, deniz suyu sıcaklığının en düşük olduğu Karadeniz için Şubat ve Marmara için Mart aylarında ise minimum seviyelere ulaşmıştır. Tüm avlanma ayları için hem ΣPUFA hem de Σn-3 yüzdeleri deniz suyunun hep daha sıcak olduğu Marmara Denizi'nde daha yüksek bulunmuştur.

Öksüz, Özyılmaz ve Turan (2009), Karadeniz ile Akdeniz hamsilerinin yağ asidi profillerini kıyasladıkları çalışmalarında Akdeniz'den yakalanan hamsilerin ΣPUFA ile Σn-3 yüzdelerinin Karadeniz'den yakalananlara kıyasla daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Öksüz ve arkadaşlarının bu çalışmasında deniz suyu sıcaklığı ile herhangi bir ilişki kurulmamış olsa da seçilen örnekleme ayında deniz suyu sıcaklığının

Akdeniz’de daha yüksek olduğu bilindiğinden bulguların bu çalışmadakilerle örtüştüğü yorumu yapılabilmektedir.

Bu çalışmada n-3/n-6 oranı Karadeniz’de tüm avlanma sezonu boyunca istatistiksel olarak farklılık göstermiştir. Benzer şekilde Karadeniz’de farklı avlanma ayları için çalışma yapan Öksüz ve Özyılmaz (2010) ile Tufan, Koral ve Köse (2011) da neredeyse tüm avlanma sezonu boyunca n-3/n-6 oranında istatistiki farklılık gözlemlemiştir.

Çizelge 6.4. Bu çalışma ile diğer çalışmalarda elde edilen Karadeniz popülasyonuna ait n-3 / n-6 oranları

	<i>Bu Çalışma</i>	<i>Öksüz ve Özyılmaz, 2010</i>	<i>Tufan, Koral ve Köse, 2011</i>
Eylül			5,77 ± 0,07 ^a
Ekim		5,85 ^a	7,76 ± 0,08 ^b
Kasım	12,72 ± 0,48 ^{abc}	6,11 ^{ab}	5,6 ± 0,07 ^a
Aralık	14,12 ± 0,72 ^a	7,38 ^{bc}	5,41 ± 0,08 ^a
Ocak	13,51 ± 1,19 ^{ab}	8,07 ^c	6,10 ± 0,20 ^a
Şubat	8,10 ± 0,75 ^d	6,5 ^{abc}	4,63 ± 0,24 ^c
Mart	9,57 ± 0,52 ^{cd}	6,72 ^{abc}	8,41 ± 0,02 ^b
Nisan		7,97 ^c	10,13 ± 0,38 ^d
Mayıs	9,61 ± 0,20 ^{bcd}		

N-3/n-6 oranı bu çalışmada lokasyona bağlı da farklılık göstermiş ve Marmara sularında yakalanan hamsi balıklarında daha yüksek bulunmuştur. Bu çalışmanın aksine Öksüz, Özyılmaz ve Turan (2009), Karadeniz ve Akdeniz arasında istatistiki bir farklılık gözlemlemişlerdir.

Tufan, Koral ve Köse (2011), Karadeniz’de farklı avlanma aylarında DHA’yı baskın PUFA olarak bulmuş ve DHA seviyesinde sadece Ocak ayında önemli bir farklılık tespit etmişlerdir. Benzer şekilde bu çalışmada DHA, Karadeniz hamsisinde Şubat ayı hariç avlanma ayları arasında önemli bir değişiklik olmaksızın baskın PUFA olarak bulunmuştur.

Bu çalışmada, tüm avlanma aylarında hem Karadeniz hem de Marmara hamsisinde DHA seviyeleri EPA'dan daha yüksek bulunmuştur. Benzer bulgular Karadeniz ve Akdeniz hamsisi (Öksüz, Özyılmaz ve Turan, 2009); Akdeniz'den yakalanan sardalya ve hamsi (Zlatanov ve Laskaridis, 2007) ile Karadeniz'den farklı avlanma aylarında yakalanan hamsi (Öksüz ve Özyılmaz, 2010; Tufan, Koral ve Köse, 2011) için de gözlenmiştir.

Akpınar ve Aksoylar'ın (1988) Kangal balığı üzerine yaptıkları çalışmada, Σ PUFA ve n-3 oranlarının ilkbahar mevsiminde artışının bu mevsimde dışarıdan alınan yağ asitleri miktarının fazla olmasından kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Çalışmamızda genel görüşün aksine Σ PUFA ve n-3 oranları daha soğuk deniz suyunda daha az bulunmuştur. Bu sonuca hamsi balığının farklı konum ve zamanlarda değişen beslenme düzeninin etki göstermiş olabileceği düşünülmektedir.

Diğer çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada Karadeniz popülasyonunda kondisyon faktörü ile n-3 PUFA arasında doğru orantılı bir ilişki yakalanmıştır. Kondisyon faktörünün yüksek olduğu aylarda n-3 PUFA yüzdelerinin de yüksek olduğu saptanmıştır. Marmara Denizi için bu ilişki kurulamamıştır. Marmara Denizi'nden toplanan örnek sayısının Karadeniz'e kıyasla daha az olması bu sonuca yol açmış olduğu düşünülmektedir.

Diğer birçok araştırma gibi bu çalışma da farklı lokasyon ve avlama mevsimlerine bağlı olarak hamsi etinin yağ asidi kompozisyonundaki değişimleri ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, hem su ürünlerinde besin değeri araştırmalarına veri katkısında bulunması, hem de balık işleme teknolojisi, gıda ve sağlık sektörü için fayda sağlaması açısından önemlidir.

Sonuç olarak hamsi, tüm av sezonu ve lokasyonunda önemli miktarlarda DHA ve EPA içerir. Bu açıdan çoğu balıktan ayrılmakta ve sağlıklı diyet için önemli bir tercih haline gelmektedir.

Tez çalışması kapsamında ulaşılan sonuçlara bağlı olarak daha sonra yapılacak araştırmalara yönelik iklim faktörlerinin etkisini daha iyi görebilmek için tüm avlanma ayları için örnek elde edilmesi önerisi verilebilir.

7. KAYNAKLAR

- Akpınar, M.A., Aksoylar, M.Y., Doğa TU Biyol., 12 **(1988)** 1.
- Anonim, Computer generated distribution maps for *Engraulis encrasicolus* (European anchovy), with modelled year 2050 native range map based on IPCC RCP8.5 emissions scenario, AquaMaps 2019, <https://www.aquamaps.org> (Erişim tarihi: 25 **Aralık 2021**).
- Anonim, EPA and DHA Recommendations, <https://www.issfal.org/goed-recommendations-for-epa-dha> (Erişim tarihi: 23 **Aralık 2021**).
- Arai, T., Razikin, A. and Bachok, Z., Biological Research, 48 **(2015)** 13.
- Arts, M.T., Ackman, R.G., Holub, B.J., Can. J. Fish. Aquat. Sci., 58 **(2001)** 122.
- Bang, H.O., Dyerberg, J., Adv. Nutr. Res., 3 **(1980)** 1.
- Biton-Porsmoguer, S., Bou, R., Lloret E., Alcaide, M., Lloret J., Conserv Physiol 00 **(2020)** 1.
- Breslow, J.L., American Journal of Clinical Nutrition, 83 **(2006)** 1477.
- Burgess J.R., Stevens L., Zhang W. and Peck L., American Journal of Clinical Nutrition, 71 **(2000)** 327.
- Calder, P.C., Davis, J., Yaqoob, P., Pala, H., Thies, F. and Newsholme, E.A., Clinical Science, 94 **(1998)** 303.
- Carroll, K.K., Lipits, 21 **(1886)** 731.
- Castell, J. D., Sinnhuber, R.O., Wales, J.H., Lee, J.D., J. Nutr., 102 **(1972)** 77.
- Chen, Z.Y. and Istfan, N.W., Prostaglandins Leukot. Essent. Fatty Acids, 63 **(2000)** 301.
- Christie, W.W., The Oily Press, Bridgewater, Somerset, **1990**.
- Connolly, J.M., Coleman, M. and Rose, D.P., Nutr. Cancer 29 **(1997)** 114.
- Connolly, J.M., Gilhooly, E.M. and Rose, D.P., Nutr. Cancer 35 **(1999)** 44.
- Crawford, M.A., Fatty acid ratios in free-living and domestic animals, Lancet, **1968**.
- Crawford, M.A., Gale, M.M., Woodford, M.H., Biochem J, 115 **(1969)** 7.
- Çaklı, Ş., Su Ürünleri İşleme Teknolojisi. Ege Üniversitesi basımevi Bornova, İzmir, **2007**.
- Çelik, S., Demirel, M., Y. Y. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 1 **(2004)** 25.
- Danneving, B.H., Norum, K.R., Comp. Biochem. Physiol., 73 **(1982)** 771.
- Deacon, G., Kettle, C., Hayes, D., Dennis, C., Tucci, J., Critical Reviews in Food and Nutrition, 57 **(2017)** 212.

- Demir, N., in Synopsis of Biological Data on Anchovy: *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus) 1758, Mediterranean and adjacent seas (FAO fisheries synopsis), FAO, **1965**.
- Dyerberg, J., *Nutr. Rev.*, **44** (1986) 125.
- Eaton, S.B., Konner, M., *N Engl J Med*, **312** (1985) 283.
- Erkan, N., *J FisheriesSciences.com*, **7** (2013) 194.
- Farkas, T., Csenger, I., Majoros, F., Olah, J., *Aquaculture*, **20** (1980) 29.
- Fidanbaş, Z.U.C., Bilgin, Ş., Ertan, Ö.O., *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, **11** (2016) 45.
- Frimodt, C., *Multilingual illustrated guide to the world's commercial warmwater fish*, Fishing News Books, Oxford, **1995**.
- Gamez-Meza, N., Higuera-Ciapara, L., Calderon de la Barca, A.M., Vazquez-Moreno, L., Norega-Rodriguez, J., Angulo-Guerro, O., *Lipids*, **34** (1999) 639.
- Gerster H., *Int. J. Vitam. Nutr. Res.*, **68** (1998) 159.
- Gervais, H., Boulart, R., in *Les Poissons*, Rothschild J. (Ed.), Vol. 3, Paris, **1877**.
- Gispert-Llaurado, M., Perez-Garcia, M., Escribano, J., Closa-Monasterolo, R., Luque, V., Grote, V., Weber, M., Torres-Espínola, F.J., Czech- Kowalska, J., Verduci, E., Martin, F., Piqueras, M.J., Koletzko, B., Decsi, T., Campoy, C., Emmett, P.M., *Clinical Nutrition (Edinburgh, Lothian)*, **35** (2016) 1301.
- Givens, I.D., Gibbs, R.A., *Proc. Nutr. Soc.*, **67** (2008) 273.
- Gordon, D.T., Ratliff, V., in *Advances in Seafood Biochemistry Composition and Quality*, Flick, G. J. And Martin R. E. (Eds.), Technomic Publ., Lancaster, 69-98, **1992**.
- Graciano, M.F., Leonelli, M., Curi, R., Carpinelli, A.R., *Journal of Physiology and Biochemistry*, **72** (2016) 699.
- Gunstone, F.D., Harwood, J.L., Padley, F.B., *The Lipid Handbook*, Chapman and Hall, London, **1986**.
- Güler, G.O., Aktümsek, A., Cital, O.B., Arslan, A., Torlak, E., *Food Chemistry*, **103** (2007) 1241.
- Gülyavuz H., Ünlüsayın M., *Su Ürünleri İşletme Teknolojisi*, Şahin Matbaa, Isparta, **1999**.
- Hara, A. ve Radin, N.S., *Anal. Biochem.*, **90** (1978) 420.
- Hardman, W.E., Barnes, C.J., Knight, C.W., Cameron, I. L., *British Journal of Cancer*, **76** (1997) 347.
- Hardman, W.E., *J. Nutr.*, **132** (2002) 3508.
- Hardman, W.E., Moyer, M.P., Cameron, I.L., *British Journal of Cancer*, **81** (1999) 440.

- Hardman, W.E., Moyer, M.P., Cameron, I.L., Cancer Lett., 151 **(2000)** 145.
- Harris, W.S., Schacky, C.V., Prev. Med., 39 **(2004)** 212.
- He, Y., Li, J., Kodali, S., Chen, B., Guo, Z., Food Chemistry, 219 **(2017)** 230.
- Herold, P.M., Kinsella, J.E., Am. J. Clin. Nutr. 43 **(1986)** 566.
- Hickman, C.P., Roberts, L.S., Keen, S.L., Eisenhour, D.J., Larson, A., I'Anson, H., in Zooloji Entegre Prensipler, Gündüz, E. Ve Türkan İ. (Eds.), 16. Baskıdan Çeviri, Palme Yayıncılık, Ankara, **2016**.
- Huss H.H., Fresh Fish Quality and Quality Changes, FAO, Rome, **1988**.
- ICES, Report of the Workshop on Age reading of European anchovy (WKARA), ACOM: 43, Sicily, **2009**.
- Innis, S.M., Early Human Development, 83 **(2007)** 761.
- Innis, S.M., Lipits, 27 **(1991)** 879.
- Itsiopoulos, C., Hodge, A., Kaimakamis, M., Molecular Nutrition & Food Research, 53 **(2009)** 227.
- İnan, T., Ayas, D., Kırankaya, Ş.G., Eurasian Journal of Forest Science, 7 **(2019)** 243.
- Kaçar, S., Başhan, M., Oymak, S.A., KSÜ Tarım ve Doğa Derg, 21 **(2018)** 20.
- Kalogeropoulos, N., Andrikopoulos, N.K., Hassapidou M., J Sci Food Agric, 84 **(2004)** 1750.
- Kandemir, Ş., Polat, N., Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 7 **(2007)** 27.
- Kaya, Y., Turan, H., Journal of Fisheriessciences.com, 2 **(2008)** 693.
- Kızmaz, V., Başhan, M., Çiçek, T., Journal of the Institute of Science and Technology, 11 **(2021)** 91.
- Kimura, Y., Journal of Nutrition, 132 **(2002)** 2069.
- Kocatepe, D., Erdem, M., Keskin, İ., Köstekli, B., Kaya, Y., Ukrainian Journal of Food Science, 7 **(2019)** 1.
- Koranteng, K.A., Naga ICLARM Q., 16 **(1993)** 29.
- Korkmaz, M., Zamantı Çayı'nda Yaşayan *Salmo platycephalus* (Behnke, 1968)'un Kas Dokusu Yağ Asidi Kompozisyonunun Mevsimlere Göre Değişimi, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, **2010**.
- Ledger, H.P., Symp Zool Soc London, 21 **(1968)** 289.
- Lee, J.H., Pediatric Gastroenterology, Hepatology & Nutrition, 16 **(2013)** 153.
- Lovern, J.A., The Composition Of The Depot Fats Of Aquatic Animals, Food Investigation Special Report 51, London, **1942**.

- Marventano, S., Kolacz, P., Castellano, S., Galvano, F., Buscemi, S., Mistretta, A., Grosso, G., International Journal of Food Sciences and Nutrition, 66 **(2015)** 1.
- McNamara, R.K., Journal of Nutrition & Intermediary Metabolism, 5 **(2016)** 96.
- Meriç, İ., Demir, N., Ziraat Mühendisliği, 356 **(2011)** 52.
- Metin, K., Akpınar, M.A., Turk J Biol 24 **(2000)** 627.
- Mortensen, A., Aguilar, F., Crebelli, R., Dusemund, B., Frutos, MJ., Galtier, P., Gott, D., Gundert-Remy, U., Leblanc, JC., Lindtner, O., Moldeus, P., Mosesso, P., Parent Massin, D., Oskarsson, A., Stankovic, I., Waalkens-Berendsen, I., Woutersen, R., Wright, M., Lambré, C., EFSA Journal, 15 **(2017)** 5.
- Nagy, K. Tiuca, I.D., in Fatty Acids, Intech, Chapter 1, **2017**.
- Norum, K.R., Drevon, C.A., Arteriosclerosis, 6 **(1986)** 352.
- Osendarp S.J.M., Oilseeds & fats, Crops and Lipids. 2011, 18 **(2011)** 307.
- Öksüz, A., Özyılmaz, A., Turan, C., Asian Journal of Chemistry, 21 **(2009)** 3081.
- Öksüz, A., Özyılmaz, A., Turk. J. Fish. Aquat. Sci., 10 **(2010)** 381.
- Özoğul, Y., Özoğul, F., Alagöz, S., Food Chemistry, 103 **(2007)** 217.
- Özoğul, Y., Özoğul, F., Food Chemistry, 100 **(2007)** 1634.
- Öztürk, M.O., Kocatepe Vet J, 7 **(2014)** 37.
- Palmquist, D. L., Profess. Anim.Sci., 25 **(2009)** 207.
- Phillipson, B.E., Rothrock, D.W., Connor, W.E., Harris, W.S., Illingworth, D.R., New Engl. J. Med., 312 **(1985)** 1210.
- Pinel, A., Morio-Liondore, B., Capel, F., Journal of Physiology and Biochemistry, 70 **(2014)** 647.
- Rendeiro, C., Sheriff, A., Bhattacharya, T.K., Gogola, J.V., Baxter, J.H., Chen, H., Helferich, W.G., Roy, E.J., Rhodes, J.S., Behavioural Brain Research, 315 **(2016)** 10.
- Riede, K., Global register of migratory species - from global to regional scales. Final Report of the R&D-Projekt 808 05 081, Federal Agency for Nature Conservation, Bonn, **2004**.
- Rodriguez, C., Acosta, C., Badia, P., Cejas, J.R., Santamaria, F.J., Lorenzo, A., Comp. Biochem. Phys., 139 **(2004)** 619.
- Romero, P., An etymological dictionary of taxonomy, Madrid, unpublished, **2002**.
- Sağlık, S., İmre, S., Journal of Food Science, 66 **(2001)** 2.
- Sarısaltıkoğlu, E., Karacaören I ve II Baraj Gölleri'ndeki *Cyprinus Carpio* (L., 1758) (Sazan)'nun Total Yağ Asidi Bileşiminin Mevsimsel Değişiminin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, **2012**.

- Schneider, W., FAO species identification sheets for fishery purposes: Field guide to the commercial marine resources of the Gulf of Guinea, FAO Regional Office for Africa, Rome, **1990**.
- Shirai, N., Tereyama, M., Takeda, H., Comparative Biochemistry and Physiology, 131 **(2002)** 387.
- Simopoulos A.P., The American Journal of Clinical Nutrition, 54 **(1991)** 438.
- Simopoulos, A.P., Biomed. Pharmacol., 56 **(2002b)** 365.
- Simopoulos, A.P., Asia Pasi. J. Clin. Nutr., 11 **(2002a)** 117.
- Simopoulos, A.P., in Fatty Acids and Lipids-New Findings, Hamazaki, T., and Okuyama, H., (Eds.), Karger, Basel, 18-27, **2001**.
- Simopoulos, A.P., in Omega-6/Omega-3 Essential Fatty Acid Ratio: The Scientific Evidence, Simopoulos, A.P., Cleland, K.A., (Eds.), Vol. 1, Karger, Basel, 1-22, **2003**.
- Sinn N., Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids, 77 **(2007)** 109.
- Stoll, B.A., British Journal of Nutrition, 87 **(2002)** 193.
- Swain, L.A., Fatty Acid Composition of Fish Oils. II. Herring Oil; Fisheries Research Board Canada, Progress Reports 94, Pacific Coast Stations, **1953**.
- Tacon, A.G.J., Metian, M., Reviews in Fisheries Science, 21 **(2013)** 22.
- Tanakol, R., Yazıcı, Z., Sener, E., Sencer, E., Lipids, 34 **(1999)** 3.
- Taşbozan, O., Gokce, M., in Fatty Acids in Fish, InTech, Chapter 8, **2017**.
- TEPGE, Ürün Raporu: Su Ürünleri, No: 338, Ankara, **2021**.
- Tort, O., Sánchez-Palomino, S., Escribà, T., Calvo, C., González, T., Gatell, J.M., Sala-Vila, A., Arnedo, M., AIDS (London, England), 30 **(2016)** 2733.
- Tufan, B., Koral, S., Köse, S., International Journal of Food Science and Technology, 46 **(2011)** 800.
- TürKomp, Gıda Kompozisyon Veri Kitabı, Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü, Bursa, **2016**.
- Umhau, J.C., Dauphinais, K.M., in Low- Cost Approaches to Promote Physical and Mental Health, Springer, New York, Chapter 4, **2007**.
- Uysal, K., Aksoylar, M.Y., Ecol. Food Nutr., 44 **(2005)** 23.
- Ward, O.P., Singh, A., Process Biochemistry, 40 **(2005)** 3627.
- Whitehead, P.J.P., G.J. Nelson, G.J., Wongratana, T., FAO Species Catalogue, Vol. 7, FAO Fish, Rome, **1988**.
- Wijekoon, M., Parrish, CC., Mansour, A., J Aquac Res Development, 12 **(2021)** 643.
- Zlatanov, S., Laskaridis, K., Food Chemistry, 103 **(2007)** 725.

