

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KARAKAYA BARAJ GÖLÜ'NDE YAŞAYAN *Acanthobrama marmid* HECKEL,
1843, *Leuciscus cephalus* (NORDMANN, 1840), *Chondrostoma regium* (HECKEL,
1843)'UN TOTAL GLİKOJEN, TOTAL LİPİD VE TOTAL YAĞ ASİDİ
BİLEŞİMİNİN MEVSİMSEL İNCELENMESİ

MAHMUT DAĞLI

DOKTORA TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

MALATYA
HAZİRAN 2009

Onur Sözü

Doktora Tezi olarak sunduğum “**Karakaya Baraj Gölü’nde Yaşayan *Acanthobrama marmid* Heckel, 1843, *Leuciscus cephalus* (Nordmann, 1840), *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843)’un Total Glikojen, Total Lipid ve Total Yağ Asidi Bileşiminin Mevsimsel İncelenmesi**” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığının ve yararlandığım bütün kaynakların, hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Mahmut Dağlı

ÖZET

Doktora Tezi

KARAKAYA BARAJ GÖLÜ'NDE YAŞAYAN *Acanthobrama marmid* HECKEL, 1843, *Leuciscus cephalus* (NORMDANN, 1840), *Chondrostoma regium* (HECKEL, 1843)'UN TOTAL GLİKOJEN, TOTAL LİPİD VE TOTAL YAĞ ASİDİ BİLEŞİMİNİN MEVSİMSEL İNCELENMESİ

Mahmut DAĞLI

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

143 + x sayfa

2009

Danışman: Prof. Dr. A. Ümit ERDEMLİ

Bu çalışmada, Karakaya Baraj Gölü'nde yaşayan *Chondrostoma regium*, *Leuciscus cephalus* ve *Acanthobrama marmid*'in kas dokusunda total glikojen, total lipit ve yağ asidi kompozisyonun mevsimsel değişimleri incelenmiştir. Kas dokusunda total glikojen miktarı total lipit miktarından oldukça düşük tespit edilmiştir. Her üç türde total lipit miktarı mevsimsel değişim göstermemiştir ($p>0.05$). Balıkların kas dokularındaki yağ asidi kompozisyonu yağ asidi standartları kullanılarak gaz kromatografisinde belirlenmiştir. Yağ asitlerinin karbon sayısı 14 (C_{14}) ile 22 (C_{22}) arasında değişmektedir. Bütün yıl boyunca tüm türlerin yağ asidi bileşiminde total doymamış ($\sum$ UFA) ve çoklu doymamış yağ asitlerinin oranı ($\sum$ PUFA) doymuş yağ asitlerinden yüksek ($\sum$ SFA); total çoklu doymamış yağ asitleri içinde ω -3 çoklu doymamış yağ asitlerinin oranının ω -6 çoklu doymamış yağ asitlerinin oranından yüksek olduğu tespit edilmiştir. ω -3 çoklu doymamış yağ asitleri içinde de eikosapentaenoik ve dokosaheksaenoik asit yüksek oranda bulunmuştur. Her mevsimde palmitik asit en yüksek yüzdeye sahip yağ asidi olarak bulunmuştur.

Elde edilen sonuçlar, bu türlerin çoklu doymamış yağ asitleri bakımından zengin olduğunu ve özellikle ω -3 serisi yağ asitlerinden eikosapentaenoik ve dokosaheksaenik asitlerinin mükemmel bir kaynağı olduğu göstermektedir.

ANAHTAR KELİMELELER: Total lipit, glikojen, yağ asidi, *Chondrostoma regium*, *Leuciscus cephalus*, *Acanthobrama marmid*.

ABSTRACT

PhD. Thesis

DETERMINATION OF SEASONAL VARIATIONS OF TOTAL LIPID, TOTAL GLYCOGEN AND TOTAL FATTY ACIDS COMPOSITION OF *Acanthobrama marmid* HECKEL, 1843, *Leuciscus cephalus* (NORDMANN, 1840), *Chondrostoma regium* (HECKEL, 1843) LIVING IN KARAKAYA DAM LAKE

Mahmut DAĞLI

Inonu University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology

143 + x pages

2009

Supervisor: Prof. Dr. A. Ümit ERDEMLİ

In this study, seasonal variation of total lipid, total glycogen and fatty acid composition of *Chondrostoma regium*, *Leuciscus cephalus* and *Acanthobrama marmid* living in Karakaya Dame Lake were examined. It has been determined that the level of the muscle glycogen was became too less than amount of total lipid. Total lipid content did not show seasonal variation for all species ($p>0.05$). Fatty acid compositions have been determined in muscle tissues of fish by gas chromatography using a mixture of fatty acid standards. Fatty acids compositions were determined between C:14 and C:22. Total percentages of unsaturated and polyunsaturated fatty acids were higher than saturated fatty acids in four seasons on all selected species. The ration of ω -3 polyunsaturated fatty acids were found to be higher than ω -6 polyunsaturated fatty acids in total polyunsaturated fatty acid composition in all species throughout all year. The ration of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids were found to be higher in total ω -3 polyunsaturated fatty acids composition of all species in throughout all year. Palmitic acid was determined as fatty acid which has the highest percentage for every season all species.

The results indicated that these species were excellent sources of polyunsaturated fatty acids with very high levels of ω -3 fatty acids, especially eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids.

KEYWORDS: Total lipid, glycogen, fatty acid, *Chondrostoma regium*, *Leuciscus cephalus*, *Acanthobrama marmid*.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın planlanmasında ve hazırlanmasında beni yönlendiren, yardım ve desteğini esirgemedi değerli katkılarda bulunan danışman hocam Sayın Prof. Dr. A. Ümit ERDEMLİ'ye;

Deneysel çalışmalarım esnasında Biyoloji Bölümünün imkanlarını bana sunan Sayın Prof. Dr. Murat ÖZMEN'e;

Yağ asitlerinin gaz kromatografisinde analizini gerçekleştiren Sayın Doç. Dr. Ökkeş YILMAZ'a;

Çalışmalarım esnasında manevi desteğini esirgemeyen eşim Demet Dağlı ve biricik oğlum Mehmet Ali'ye;

Ayrıca bu çalışmayı 2006 / 43 nolu projeyle destekleyen İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığına;

Teşekkür ederim

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Lipit Metabolizması.....	2
1.1.1. Lipitlerin sınıflandırılması.....	2
1.1.1.1. Yağ asitleri.....	2
1.1.1.1.1. Yağ asitlerinin isimlendirilmesi.....	3
1.1.1.1.2. Yağ asitlerinin sınıflandırılması.....	5
1.1.1.1.3. Yağ asitlerinin biyosentezi.....	8
1.1.1.1.4. Yağ asiti biyosentezinin düzenlenmesi.....	15
1.1.1.1.5. Yağ asitlerinin oksidasyonu.....	15
1.1.1.2. Gliserol türevleri.....	19
1.1.1.2.1. Triasilgliseroller.....	19
1.1.1.2.2. Mumlar.....	21
1.1.1.2.3. Gliserofosfolipidler.....	21
1.1.1.3. Sfingozin türevleri.....	23
1.1.1.3.1. Sfingolipidler.....	23
1.1.1.3.2. Glikolipitler.....	24
1.1.1.4. Bileşik Lipitler (Lipoproteinler).....	25
1.1.1.5. İzopren Türevi Lipitler.....	25
1.1.1.5.1. Steroidler.....	25
1.1.1.5.2. Terpenler.....	27
1.2. Glikojen Metabolizması.....	27
1.2.1. Glikojenez.....	29
1.2.2. Glikojenoliz.....	32
1.2.3. Glikojenez ve glikojenolizin düzenlenmesi.....	33
1.2.4. Glikoneojenez.....	34
1.2.5. Glukoneojenezin düzenlenmesi.....	37
1.3. Balık Lipitlerinin Özellikleri.....	39
1.4. Balık Lipitlerinin Sağlık Üzerine Etkisi.....	43
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	50
3. MATERYAL VE METOT.....	71
3.1. Materyal.....	71
3.1.1. Araştırma alanın özellikleri.....	71
3.1.2. Araştırma materyalinin özellikleri.....	72
3.1.2.1. <i>Acanthobrama marmid</i> Heckel, 1843'in biyolojik özellikleri.....	72
3.1.2.2. <i>Chondrostoma regium</i> (Heckel, 1843)'un biyolojik özellikleri.....	72
3.1.2.3. <i>Leuciscus cephalus</i> L., 1758'un biyolojik özellikleri.....	73
3.1.3. Balık numunelerin temin edilmesi ve dokuların saklanması.....	74
3.2. Metot.....	74
3.2.1. Lipitlerin ekstraksiyonu.....	74
3.2.2. Yağ asidi metil esterlerinin hazırlanması.....	75
3.2.3. Yağ asidi metil esterlerinin gaz kromatografik analizi.....	76

3. 2.4.	Glikojen analizi	77
3.3.	Verilerin İstatiksel Değerlendirilmesi	77
4.	BULGULAR.....	79
4.1.	Araştırmada Kullanılan Türlerin Ortalama Boy ve Ağırlık Değerleri.....	79
4.1.1.	<i>C. regium</i> 'un ortalama boy ve ağırlık değerleri.....	79
4.1.2.	<i>L. cephalus</i> 'un ortalama boy ve ağırlık değerleri.....	79
4.1.3.	<i>A. marmid</i> 'in ortalama boy ve ağırlık değerleri.....	80
4.2.	Araştırmada Kullanılan Türlerin Hepatosomatik İndeks Değerleri	80
4.3.	Total Glikojen Miktarının Mevsimsel Değişimi.....	81
4.3.1.	Kas dokusu total glikojen miktarının mevsimsel değişimi.....	81
4.3.2.	Karaciğer dokusu glikojen miktarının mevsimsel değişimi.....	82
4.4.	Total Lipit Miktarının Mevsimsel Değişimi.....	83
4.5.	Total Yağ Asidi Bileşiminin Mevsimsel Değişimi.....	84
4.5.1.	<i>A. marmid</i> 'in total yağ asidi bileşiminin mevsimsel değişimi.....	84
4.5.1.1.	<i>A. marmid</i> 'in doymuş yağ asitlerinin (SFA) mevsimlere göre değişimi	84
4.5.1.2.	<i>A. marmid</i> 'in tekli doymamış yağ asitlerinin (MUFA) mevsimlere göre değişimi.....	86
4.5.1.3.	<i>A. marmid</i> 'in çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) mevsimlere göre değişimi.....	87
4.5.2.	<i>Chondrostoma regium</i> 'un total yağ asidi bileşiminin mevsimsel değişimi....	88
4.5.2.1.	<i>C. regium</i> 'un doymuş yağ asitlerinin (SFA) mevsimlere göre değişimi.....	90
4.5.2.2.	<i>C. regium</i> 'un tekli doymamış yağ asitlerinin (MUFA) mevsimlere göre değişimi.....	91
4.5.2.3.	<i>C. regium</i> 'un çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) mevsimlere göre değişimi.....	92
4.5.3.	<i>Leuciscus cephalus</i> 'un total yağ asidi bileşiminin mevsimsel değişimi.....	94
4.5.3.1.	<i>L. cephalus</i> 'un doymuş yağ asitlerinin (SFA) mevsimlere göre değişimi.....	94
4.5.3.2.	<i>L. cephalus</i> 'un tekli doymamış yağ asitlerinin (MUFA) mevsimlere göre değişimi.....	96
4.5.3.3.	<i>L. cephalus</i> 'un çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) mevsimlere göre değişimi.....	97
4.6.	Türler Arasında Total Yağ Asidi Bileşiminin Mevsimsel Değişimi.....	99
4.6.1.	Kış mevsiminde türler arasında yağ asidi bileşiminin değişimi.....	99
4.6.1.1.	Kış mevsiminde türler arasında doymuş yağ asidi (SFA) bileşiminin değişimi	99
4.6.1.2.	Kış mevsiminde türler arasında tekli doymamış yağ asidi (MUFA) bileşiminin değişimi.....	101
4.6.1.3.	Kış mevsiminde türler arasında çoklu doymamış yağ asidi (PUFA) bileşiminin değişimi.....	101
4.6.2.	İlkbahar mevsiminde türler arasında total yağ asidi bileşiminin değişimi..	103
4.6.2.1.	İlkbahar mevsiminde türler arasında doymuş yağ asidi (SFA) bileşiminin değişimi.....	103
4.6.2.2.	İlkbahar mevsiminde türler arasında tekli doymamış yağ asidi (MUFA) bileşiminin değişimi.....	105
4.6.2.3.	İlkbahar mevsiminde türler arasında çoklu doymamış yağ asidi (PUFA) bileşiminin değişimi.....	106
4.6.3.	Yaz mevsiminde türler arasında total yağ asidi bileşiminin değişimi.....	107
4.6.3.1.	Yaz mevsiminde türler arasında doymuş yağ asidi (SFA) bileşiminin değişimi	107
4.6.3.2.	Yaz mevsiminde türler arasında tekli doymamış yağ asidi (MUFA)	

	bileşiminin değişimi.....	109
4.6.3.3.	Yaz mevsiminde türler arasında çoklu doymamış yağ asidi (PUFA) bileşiminin değişimi.....	110
4.6.4.	Sonbahar mevsiminde türler arasında total yağ asidi bileşiminin değişimi..	112
4.6.4.1.	Sonbahar mevsiminde türler arasında doymuş yağ asidi (SFA) bileşiminin değişimi.....	112
4.6.4.2.	Sonbahar mevsiminde türler arasında tekli doymamış yağ asidi (MUFA) bileşiminin değişimi.....	114
4.6.4.3.	Sonbahar mevsiminde türler arasında çoklu doymamış yağ asidi (PUFA) bileşiminin değişimi.....	114
4.7.	Türler Arasında Total Yağ Asidi Bileşiminin Yıllık Değişimi	116
4.7.1.	Türler arasında doymuş yağ asidi (SFA) bileşiminin yıllık değişimi.....	116
4.7.2.	Türler arasında tekli doymamış yağ asidi (MUFA) bileşiminin yıllık değişimi.....	118
4.7.3.	Türler arasında doymamış yağ asidi (PUFA) bileşiminin yıllık değişimi....	118
5.	TARTIŞMA ve SONUÇ.....	120
6.	KAYNAKLAR	127
7.	ÖZGEÇMİŞ.....	143

SİMGELER VE KISALTMALAR

α	: Alfa
β	: Beta
γ	: Gama
δ	: Sigma
Δ	: Delta
ω	: Omega
%	: Yüzde
cm	: Santimetre
g	: Gram
mg	: Miligram
Σ	: Toplam
GC	: Gaz kromatografisi
AA	: Araşidonik Asit
LA	: Linoleik asit
ALA	: Alfa linolenik asit
EPA	: Eikosapentaenoik Asit
DHA	: Dokosaheksaenoik Asit
SFA	: Doymuş Yağ Asidi (Saturated Fatty Acid)
UFA	: Doymamış Yağ Asidi (Unsaturated Fatty Acid)
MUFA	: Bir Çift Bağlı Doymamış Yağ Asidi (Mono Unsaturated Fatty Acid)
PUFA	: Çoklu Doymamış Asidi (Poly Unsaturated Fatty Acid)
Diğer	: Tanımlanamayan Yağ Asitleri
$\Sigma \omega 3 / \Sigma \omega 6$	: $\Sigma \omega 3$ PUFA / $\omega 6 \Sigma$ PUFA

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Doymuş yağ asitlerinin yapısı	5
Şekil 1.2.	Doymamış yağ asitlerinin yapısı.....	6
Şekil 1.3.	Oleik ve elaidik asidin cis ve trans konfigrasyonu	6
Şekil 1.4.	Araşidonik asit ve bazı önemli eikozanoidler.....	7
Şekil 1.5.	Asetil CoA'nın mitokondriden stoplazmaya geçişi	9
Şekil 1.6.	Malonil CoA'nın oluşumu.....	9
Şekil 1.7.	Yağ asidi sentetaz kompleksinin şematik modeli.....	11
Şekil 1.8.	Elongasyon ve desaturasyon ile oluşan bazı yağ asitlerinin biyosentez yolu.....	14
Şekil 1.9.	Yağ asitlerinin karnitin mekiği ile mitokondriye girişi.....	16
Şekil 1.10.	Yağ asidi oksidasyonun basamakları	18
Şekil 1.11.	Üç farklı yağ asidi ucuna sahip triaçilgliserolün yapısı	20
Şekil 1.12.	1-Palmitoleoil-2-lineoil-3-stearoil gliserolün yapısı.....	21
Şekil 1.13.	Bal mumunun yapısı.....	21
Şekil 1.14.	Fosfatidik asit ve gliserofosfolipitlerin genel yapısı.....	22
Şekil 1.15.	Seramidin genel yapısı.....	23
Şekil 1.16.	Kan grubu antijenleri.....	24
Şekil 1.17.	İzopren birimi.....	25
Şekil 1.18.	Kolesterol molekülünün yapısı.....	26
Şekil 1.19.	Hepatosit stoplazmasındaki glikojen granüllerinin elektron mikrofili..	28
Şekil 1.20.	Glikojen partiküllerinin dıştaki iki zincirinin yapısı.....	28
Şekil 1.21.	UDP-Glukozun oluşumu.....	30
Şekil 1.22.	Glikojen molekülünün glikojen sentaz tarafından elongasyonu.....	31
Şekil 1.23.	Glikojen dallanması.....	31
Şekil 1.24.	Glikojenolizin basamakları.....	32
Şekil 1.25.	Glukoneojenezde yer alan sitrik asit döngüsü ara ürünleri	35
Şekil 1.26.	Pirüvattan fosfoenol pirüvat sentezi.....	37
Şekil 1.27.	Glikoneojenezin düzenlemesi.....	38
Şekil 3.1.	Araştırma alanının konumu	71
Şekil 3.2.	<i>Acanthobrama marmid</i> Heckel, 1843.....	72
Şekil 3.3.	<i>Chondrostoma regium</i> (Heckel, 1843).....	73
Şekil 3.4.	<i>Leuciscus cephalus</i> L., 1758	74
Şekil 4.1.	<i>A. marmid</i> 'in $\sum$ SFA ve SFA oranlarının mevsimsel değişimi.....	84
Şekil 4.2.	<i>A. marmid</i> 'in $\sum$ MUFA ve MUFA oranlarının mevsimsel değişimi.....	86
Şekil 4.3.	<i>A. marmid</i> 'in $\sum$ PUFA ve PUFA oranlarının mevsimsel değişimi.....	87
Şekil 4.4.	<i>A. marmid</i> 'in toplam $\sum \omega 3$ PUFA / $\sum \omega 6$ PUFA ve EPA/DHA oranlarının mevsimsel değişimi	88
Şekil 4.5.	<i>C. regium</i> 'un $\sum$ SFA ve SFA oranlarının mevsimsel değişimi.....	90
Şekil 4.6.	<i>C. regium</i> 'un $\sum$ MUFA ve MUFA oranlarının mevsimsel değişimi.....	91
Şekil 4.7.	<i>C. regium</i> 'un $\sum$ PUFA ve PUFA oranlarının mevsimsel değişimi.....	92
Şekil 4.8.	<i>C. regium</i> 'un $\sum \omega 3$ PUFA / $\sum \omega 6$ PUFA ve EPA / DHA oranlarının mevsimsel değişimi.....	93
Şekil 4.9.	<i>L. cephalus</i> 'un $\sum$ SFA ve SFA oranlarının mevsimsel değişimi.....	94
Şekil 4.10.	<i>L. cephalus</i> 'un $\sum$ MUFA ve MUFA oranlarının mevsimsel değişimi.....	96
Şekil 4.11.	<i>L. cephalus</i> 'un $\sum$ PUFA ve PUFA oranlarının mevsimsel değişimi.....	97
Şekil 4.12.	<i>L. cephalus</i> 'un $\sum \omega 3$ PUFA / $\sum \omega 6$ PUFA ve EPA/DHA oranlarının mevsimsel değişimi	98
Şekil 4.13.	Kış mevsiminde türler arasında $\sum$ SFA ve SFA oranlarının değişimi.....	99

Şekil 4.14.	Kış mevsiminde türler arasında $\sum$ MUFA ve MUFA oranlarının değişimi	101
Şekil 4.15.	Kış mevsiminde türler arasında $\sum$ PUFA ve PUFA oranlarının değişimi	102
Şekil 4.16.	Kış mevsiminde türler arasında $\sum \omega 3$ PUFA/ $\sum \omega 6$ PUFA ve EPA/DHA oranlarının değişimi.....	103
Şekil 4.17.	İlkbahar mevsiminde türler arasında $\sum$ SFA ve SFA oranlarının değişimi	105
Şekil 4.18.	İlkbahar mevsiminde türler arasında $\sum$ MUFA ve MUFA oranlarının değişimi	105
Şekil 4.19.	İlkbahar mevsiminde türler arasında $\sum$ PUFA ve PUFA oranlarının değişimi.....	106
Şekil 4.20.	İlkbahar mevsiminde türler arasında $\sum \omega 3$ PUFA / $\sum \omega 6$ PUFA ve EPA/DHA oranlarının değişimi.....	107
Şekil 4.21.	Yaz mevsiminde türler arasında $\sum$ SFA ve SFA oranlarının değişimi.....	109
Şekil 4.22.	Yaz mevsiminde türler arasında $\sum$ MUFA ve MUFA oranlarının değişimi	110
Şekil 4.23.	Yaz mevsiminde türler arasında $\sum$ PUFA ve PUFA oranlarının değişimi	111
Şekil 4.24.	Yaz mevsiminde türler arasında $\sum \omega 3$ PUFA/ $\sum \omega 6$ PUFA ve EPA/DHA	111
Şekil 4.25.	Sonbahar mevsiminde türler arasında $\sum$ SFA ve SFA oranlarının değişimi	112
Şekil 4.26.	Sonbahar mevsiminde türler arasında $\sum$ MUFA ve MUFA oranlarının değişimi	114
Şekil 4.27.	Sonbahar mevsiminde türler arasında $\sum$ PUFA ve PUFA oranlarının değişimi.....	115
Şekil 4.28.	Sonbahar mevsiminde türler arasında $\sum \omega 3$ PUFA / $\sum \omega 6$ PUFA ve EPA / DHA oranlarının değişimi.....	116
Şekil 4.29.	$\sum$ SFA ve SFA bileşiminin yıllık değişimleri.....	116
Şekil 4.30.	$\sum$ MUFA ve MUFA bileşiminin yıllık değişimleri.....	118
Şekil 4.31.	$\sum$ PUFA ve PUFA bileşiminin yıllık değişimleri	119
Şekil 4.32.	Türler arasında $\sum \omega 3$ PUFA / $\sum \omega 6$ PUFA ve EPA / DHA oranlarının yıllık değişimi.....	119

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1.	Bazı yağ asitlerinin Δ ve ω (n) numaralandırma sistemiyle adlandırılması	4
Çizelge 4.1.	<i>C. regium</i> 'un total boy ve ağırlık değerlerinin mevsimsel değişimi.....	79
Çizelge 4.2.	<i>L. cephalus</i> 'un total boy ve ağırlık değerlerinin mevsimsel değişimi.....	79
Çizelge 4.3.	<i>A. marmid</i> 'in total boy ve ağırlık değerlerinin mevsimsel değişimi.....	80
Çizelge 4.4.	Türlerin hepatosomatik indeks değerlerinin mevsimsel değişimi.....	80
Çizelge 4.5.	Kas dokusu glikojen bileşiminin mevsimsel değişimi.....	81
Çizelge 4.6.	Karaciğer glikojen bileşiminin mevsimsel değişimi.....	82
Çizelge 4.7.	Türler arasında total lipit bileşiminin mevsimsel değişimi.....	83
Çizelge 4.8.	<i>A. marmid</i> 'in kas dokusunun mevsimsel yağ asidi bileşimi.....	85
Çizelge 4.9.	<i>C. regium</i> 'un kas dokusunun mevsimsel yağ asidi bileşimi.....	89
Çizelge 4.10.	<i>L. cephalus</i> 'un kas dokusunun mevsimsel yağ asidi bileşimi.....	95
Çizelge 4.11.	Kış mevsiminde türler arasında yağ asidi bileşiminin değişimi.....	100
Çizelge 4.12.	İlkbahar mevsiminde türler arasında yağ asidi bileşiminin değişimi	104
Çizelge 4.13.	Yaz mevsiminde türler arasında yağ asidi bileşiminin değişimi.....	108
Çizelge 4.14.	Sonbahar mevsiminde türler arasında yağ asidi bileşiminin değişimi.....	113
Çizelge 4.15.	Türlere göre yağ asidi bileşiminin yıllık değişimi.....	117

1. GİRİŞ

İnsan sağılığı için hastalıkların tedavisine verilen önem kadar, hastalıklardan korunmaya da önem verilmelidir. Bunun da başında sağılıklı beslenme gelmektedir. Özellikle kardiyovasküler hastalıkların birinci derecede beslenme rejimiyle ilişkilendirilmesi, sağılık açısından uygun gıdaların tüketilmesini gerektirmektedir. Günümüzde dengesiz ve yanlış beslenmeden kaynaklanan hastalıklardan korunabilmek için tüketilen besin maddelerinin bileşiminin nitelik ve nicelik açısından bilinmesinde önemli derecede yarar vardır.

Balık etinin kalitesini belirleyen esas bileşenler proteinler ve lipitlerdir. Balık etinin bağ dokusu yoktur, karbonhidrat miktarı da önemszenmeyecek düzeydedir. Fakat kolay sindirilebilir hayvansal protein bakımından zengindir [1]. Balıklarda protein oranı belli sınırlar içindedir ve pek fazla değişmez [2]. İnsanlar için esansiyel olan aminoasitleri yeterli miktarda içerirler. Balığın değerli bir gıda maddesi olmasını sağılayan diğer bir özellik de yapısındaki omega-3 (ω -3) olarak bilinen çoklu doymamış yağ asitlerinden kaynaklanmaktadır. Balık etinin lezzetli olması [3] ve özellikle kalp damar hastalıklarında önemli farmakolojik etkileri, yapılarındaki yağlardan ve yağ asitlerinden kaynaklanmaktadır [4].

Balıklarda lipit ve yağ asidi bileşimi esas olarak türlere, mevsim ve aylara özellikle üreme mevsimine, beslenme ortamına ve besin yapısına, suyun sıcaklığına ve kirliliğine, türün kültür ya da yabani form olup olmasına ve vücut kısımlarına göre değişiklik göstermektedir [5-8].

İç su kaynakları bakımından zengin olan bölgemizde Cyprinidae familyasından olan *Acanthobrama marmid* Heckel, 1843, *Leuciscus cephalus* (Nordmann, 1840), *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843) Fırat-Dicle nehir sisteminde yaşamakta olup, bölge halkı tarafından yakalanıp besin olarak tüketilmektedir. Araştırma bölgemizde bu türlerin hematolojik [9], bazı büyüme ve üreme özellikleri [10] ve serum proteinleri elektroforetik [11] olarak incelenmiştir. Bu çalışmayla total glikojen, total lipit ve yağ asidi içeriğinin, bu türlerin fizyolojik durumuna göre nasıl bir değişim gösterdiği belirlenerek yapılan çalışmalara katkıda bulunmak amaçlanmıştır.

1.1. Lipit Metabolizması

Biyolojik yaşamda önemli fonksiyonları olan lipitler, suda son derece zayıf çözünmemelerine karşılık eter, kloroform, benzen ve aseton gibi organik çözücülerde kolayca çözünen heterojen bileşiklerdir. Lipitler, hidrolizle yağ asitlerine ve kompleks alkollere veya yağ asidi esterlerine dönüşebilen kimyasal bileşikler olarak da tanımlanmaktadır. Endojen olarak organizmada sentezlenebilen bu bileşikler, hayvansal ve bitkisel besinlerle de eksojen olarak sağlanmaktadır [12].

Biyolojik lipitlerin dört genel işlevi tanımlanmıştır [13].

1. Metabolik yakıt formu,
2. Metabolik yakıt taşıyıcı formu,
3. Bakteri, bitki, böcek ve omurgalılarda organizma ile dış ortam arasında koruma sağlayan dış koruyucu tabakanın parçası,
4. Membranların yapısal bileşeni olarak fonksiyon gösterirler.

1.1.1. Lipitlerin sınıflandırılması

Lipitler içerdikleri kimyasal gruplara göre beş ana sınıfa ayrılır [12].

1. Yağ asitleri: Kısa ve orta zincirli yağ asitleri ve eikozanoidler
2. Gliserol türevleri: Trigliseritler, mumlar ve gliserofosfolipitler.
3. Sfingozin türevleri: Sfingofosfolipitler, glikolipitler.
4. Bileşik lipitler: Lipoproteinler.
5. İzopren türevi lipitler: Terpenler ve steroller.

1.1.1.1. Yağ asitleri

Yağ asitlerinin büyük bir kısmı hücrede yapı elamanı olarak yağ açıl esterleri şeklinde, az bir kısmı ise serbest halde bulunmaktadır. Yağ açıl esterleri çok kompleks moleküller olup, triaçilgliseroller, fosfolipitler, glikolipitler, sfingolipitler, prostaglandinler ve kolesterol esterleri gibi bir çok bileşiğin yapısında yer alırlar. Serbest yağ asitleri bütün hücre ve dokularda düşük derişimlerde bulunur. Serbest yağ asitleri dolaşımda albümine bağlanarak taşınır ve enerji sağlamak amacıyla bir çok dokuda oksitlenir [12].

Bir yağ asidi, terminal karboksil grubu bulunan bir hidrokarbon zincirinden oluşur. Fizyolojik pH'da 4,8 civarında bir pK_a değerine sahip olan uç karboksil grubu ($COOH$), $-COO^-$ şeklinde iyonize olur. Anyonik grubun suya karşı ilgisi vardır. Bu ilgi, yağ asidine amfipatik özellik kazandırır. Bununla birlikte uzun zincirli yağ asitlerinde hidrofobik kısım baskındır. Bu moleküller suda oldukça güçlü bir çözünmezlik özelliği gösterirler. Bu yüzden dolaşımda plazma proteini olan albümine bağlı olarak taşınmak zorundadırlar. Plazmada bulunan proteinlerin % 90'ından fazlası lipoproteinlerin yapısındaki yağ asidi esterleri şeklinde bulunur [14].

Yağ asitleri ve türevlerinin fizyolojik özellikleri, hidro karbon zincirinin uzunluğu ve doymamışlık derecesi ile tayin edilmektedir. Yağ asitleri ve türevlerinin erime noktaları, sahip oldukları hidrokarbon zincirinin uzunluğuna ve doymamışlık derecesine bağlıdır. Polar olmayan hidrokarbon zinciri, yağ asitlerinin suda erirliğinin zayıflamasına neden olur. Zincir uzunluğu yağ asidinin erime ısını artırır, buna karşılık çift bağlar bu ısıyı azaltır. Örneğin 25 °C'de 12-24 karbon atomuna sahip doymuş yağ asitleri katıdır, aynı sayıya sahip doymamış yağ asitleri ise sıvıdır. Bu yüzden membran lipitlerinde doymamış yağ asitlerinin bulunması akışkanlığın sürdürülmesinde önemli rol oynar. Bir yağ asidinin hidrokarbon zinciri ne kadar kısa ise o yağ asidi veya onun esteri o kadar yumuşak olur. Doymuş yağ asitleri katı, doymamış yağ asitleri ise sıvı yağlardır. Doymamış yağ asitlerindeki çift bağlar hidrojen ile doyurularak katı yağlar elde edilir. Yüksek organizmalı bitkilerde ve düşük sıcaklıklarda yaşayan hayvanlarda, doymamış yağ asitlerinin miktarı doymuş yağ asitlerine oranla daha fazladır [12].

1.1.1.1.1. Yağ asitlerinin isimlendirilmesi

Doğal olarak bulunan yağ asitlerinin hemen hepsi çift sayıda karbon atomu taşır. Yağ asidinin karboksil grubu ve ona bağlı olan uzun hidrokarbon kuyruğa yağ açıl grup denir. Bu grupta karboksil karbonu 1 nolu karbondur, bundan sonra gelen karbonlar ise sırayla numaralandırılır. Yağ asidinde karboksil karbonuna komşu olan α karbondur, ondan sonra gelenler β , γ , δ karbon olarak isimlendirilmektedir. Yağ asidinde hidrokarbon kuyruğun sonu metil (CH_3) grubu ile biter ve bu metil grubunun karbonuna omega (ω) karbon denir [12].

Yağ asitleri taşıdıkları karbon atomu sayısı ile ifade edilen zincir uzunluklarına göre adlandırılmaktadır. Yağ asitlerinin isimlendirilmesinde, yapısında bulunan karbon

sayısı ile doymuş veya doymamışlık derecesi (çift bağ sayısı) belirtilir. Doymuş yağ asitlerinde karbon sayısını belirten ismin sonuna -oik eki, doymamışlarda ise -enoik eki getirilir. Örneğin 18 karbonlu (C_{18}) doymuş yağ asiti olan stearik asit, sistematik olarak oktadekanoik asit, C_{18} 'lu bir çift bağlı doymamış yağ asidi olan oleik asit, oktadekanoik asit olarak isimlendirilir. C_{18} 'lu iki çift bağlı doymamış yağ asidi olan linoleik asit, oktadekadienoik asit olarak isimlendirilir [12].

Bir yağ asidinin karbon atomları, karboksilik gruptan başlayarak (Δ numaralandırma sistemi) veya karboksilik uca en uzakta olan metil grubundan başlayarak (ω veya n numaralandırma sistemi) numaralandırılır (Çizelge 1.1) [12].

Çizelge 1.1. Bazı yağ asitlerinin Δ ve ω (n) numaralandırma sistemiyle adlandırılması

Yaygın Adı	Δ ve ω adlandırma	Yağ asidi yapısının Δ ve ω numaralandırılması
Stearik asit	18:0	(ω) $C_1^{18}H_3-C_2^{17}H-C_3^{16}H-C_4^{15}H-C_5^{14}H-C_6^{13}H-C_7^{12}H-C_8^{11}H-C_9^{10}H-C_{10}^9H-C_{11}^8H-C_{12}^7H-C_{13}^6H-C_{14}^5H-C_{15}^4H-C_{16}^3H-C_{17}^2H-C_{18}^1OOH$ (Δ)
Oleik asit	18:1 Δ^9 18:1 $\omega-9$ (n-9)	(ω) $C_1^{18}H_3-C_2^{17}H-C_3^{16}H-C_4^{15}H-C_5^{14}H-C_6^{13}H-C_7^{12}H-C_8^{11}H-C_9^{10}H=C_{10}^9H-C_{11}^8H-C_{12}^7H-C_{13}^6H-C_{14}^5H-C_{15}^4H-C_{16}^3H-C_{17}^2H-C_{18}^1OOH$ (Δ)
Linoleik asit	18:2 $\Delta^{9,12}$ 18:2 $\omega-6$ (n-6)	(ω) $C_1^{18}H_3-C_2^{17}H-C_3^{16}H-C_4^{15}H-C_5^{14}H-C_6^{13}H=C_7^{12}H-C_8^{11}H-C_9^{10}H=C_{10}^9H-C_{11}^8H-C_{12}^7H-C_{13}^6H-C_{14}^5H-C_{15}^4H-C_{16}^3H-C_{17}^2H-C_{18}^1OOH$ (Δ)

Yağ asitleri genellikle kısa sembollerle ifade edilir. Bu sembollerde yağ asidinin karbon sayısı, çift bağ sayısı, çift bağın pozisyonu ve bu bağın bulunduğu yer belirtilir. Örneğin, 18 karbonlu (C_{18}) stearik 18:0 şeklinde gösterilir. 18 karbonlu (C_{18}) bir çift bağlı oleik asit 18:1; Δ^9 şeklinde gösterilir. Semboldeki birinci rakam yağ asidinde bulunan karbon sayısını, ikinci rakam bir çift bağ bulunduğunu, Δ^9 ise bu bağın karboksilik aside göre 9. ve 10. karbonlar arasında olduğunu ve bağın cis konfigürasyonunda olduğunu gösterir. Eğer çift bağ trans konfigürasyonunda ise bu ayrıca gösterilir. Örneğin, elaidik asit 18 karbonlu (C_{18}) ve trans pozisyonunda bir çift bağ bulunduran yağ asididir. 18:1; trans Δ^9 şeklinde gösterilir. Omega veya n numaralandırma sisteminde ise 18:1; $\omega-9$ veya 18:1; n-9 olarak gösterilir. Bu gösterim

şekli 18 karbon atomuna sahip yağ asidinde bir çift bağ bulunduğunu ve bu bağın omega karbonundan 9 karbon uzaklıkta bulunduğunu gösterir. C_{18} 'lu iki çift bağlı doymamış yağ asidi olan linoleik asit $18:2 \Delta^{9,12}$ veya $18:2 n-6 (\omega-6)$ şeklinde gösterilir. Bütün numaralandırma sistemleri günümüzde kullanılmaktadır [12].

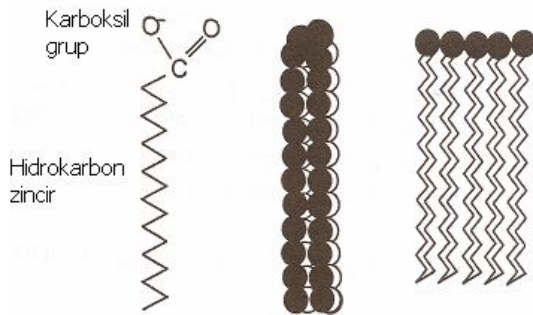
1.1.1.1.2. Yağ asitlerinin sınıflandırılması

Yağ asitleri, doymuş yağ asitleri, doymamış yağ asitleri, hidroksi yağ asitleri ve eikozanoidler olmak üzere dört gruba ayrılır [12].

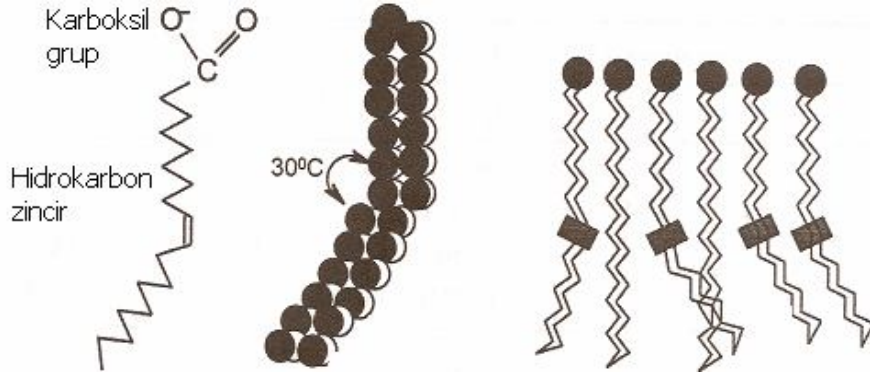
1. Doymuş yağ asitleri: Genel olarak $C_nH_{2n+1}COOH$ formülü ile gösterilir. Yapılarında çift bağ içermeyen bu bileşiklerin 8 karbondan kısa zincirli sınıfta haldedir. Doymuş yağ asitlerindeki hidrokarbon zinciri bükülebilir yapıya sahiptir ve omurgalılarıdaki tek bağlar nedeniyle, kendi etraflarında serbest hareket ettiklerinden çeşitli şekiller alabilirler (Şekil 1.1) [12].

2. Doymamış yağ asitleri: Doymamış yağ asitleri genel olarak $C_nH_{2n+1-m}COOH$ (m: molekülden ayrılan hidrojen atomu sayısı) formülü ile gösterilir. Moleküllerinden bir veya daha fazla çift bağ içerirler. Her çift bağın meydana gelmesi ile molekülden iki hidrojen atomu uzaklaşır. Doymamış yağ asitlerinin çoğunda 9. ve 10. karbonlar arasında bir çift bağ vardır. İki veya daha fazla çift bağ içeren çoklu doymamış yağ asitlerinde çift bağlar ardışık gelmeyip metilen köprüsü ile birleştirilir [12].

Doymamış yağ asitleri bir veya daha fazla çift bağ içerdikleri için kendi etrafında serbest olarak hareket etmeyen bir veya birden çok sert (rijit) bölgeye sahiptir. Bu yağ asitleri yapılarındaki atom veya grupların çift bağ eksenine etrafında dizilişlerine göre geometrik izomerizm göstermektedir. Eğer çift bağ cis pozisyonunda ise hidrokarbon zincirine göre $30^\circ C$ 'lik açı yapar (Şekil 1.2). Çift bağ trans pozisyonunda ise düz hidrokarbon zincirine benzer yapı gösterir [12].



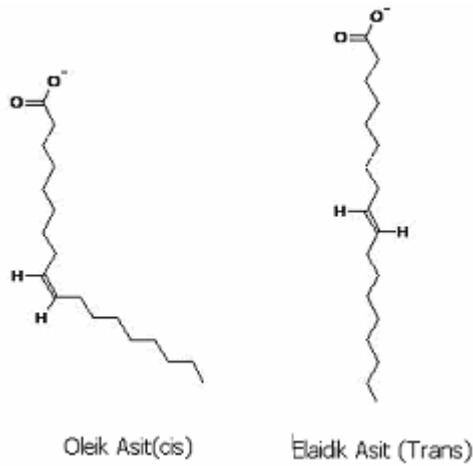
Şekil 1.1. Doymuş yağ asitlerinin yapısı [12]



Şekil 1.2. Doymamış yağ asitlerinin yapısı [12]

Doymamış yağ asitleri katalizör eşliğinde ısıtılırsa cis şeklinden trans şekline döner. Örneğin, oleik asit ısıtılırsa trans şekli olan elaidik aside döner (Şekil 1.3). Trans yağ asitleri bazı gıdalarda bulunur. Bunların çoğu sıvı yağların katılaşması veya hidrojenlenmesi (yağ asitlerinin doyurulması) sırasında ara ürün olarak meydana gelmektedir [12].

Doymamış yağ asitlerinden olan linoleik ($18:2 \Delta^{9,12}$) ve linolenik ($18:3 \Delta^{9,12,15}$) asit sınıfı yağ asitleri esansiyel yağ asitleri olup diyetle alınmak zorundadırlar. İnsanlarda bir yağ asidi zincirinin 9. karbon atomundan daha ötesine çift bağ yerleştirecek enzim sistemi bulunmaz ve oluşturulan tüm çift bağlar üç karbonluk aralıklarla yerleştirilmiştir. Bu kural yağ asidi zincir uzatılmasının yalnızca iki karbon ilaveleri ile oluşturulması kuralıyla birleştirildiğinde, bazı çoklu doymamış yağ asitlerinin de novo yapımının olanaksız olduğunu gösterir [13].



Şekil 1.3. Oleik ve elaidik asidinin cis ve trans konfigrasyonu

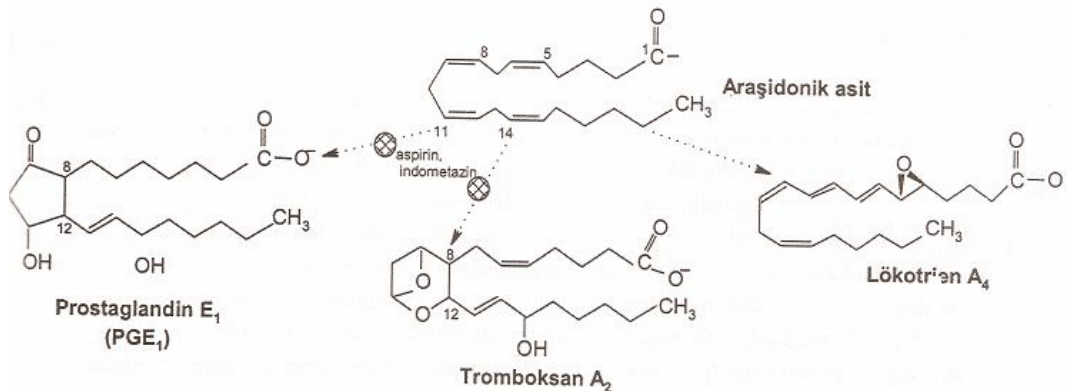
3. Hidroksi yağ asitleri: Hidroksi yağ asitleri doymuş veya doymamış yağ asitleridir. Yapılarındaki hidro karbon zincirinde, hidrojen atomları yerine hidroksil (-OH) grubu yer alır. Bu yağ asitleri beyin glikolipitlerinin yapısında yer alırlar. Aşağıda önemli hidroksi yağ asitleri görülmektedir [12].

$C_{22}H_{45}(CHOH)COOH$ (Serebronik Asit) doymuş hidroksi yağ asidi

$C_{18}H_{33}CH=CH(CH_2)_7COOH$ (Nervonik Asit) doymamış hidroksi yağ asidi

4. Eikozanoidler: 20 karbonlu çift bağlı yağ asitleri eikozanoidler (sıklıkla doymamış yağ asitleri) membran fosfolipitlerinin yapısında bulunur. Bunlardan eikozatrienoik (20:3 ω -6) ve eikozatetraenoik asitler (20:4 ω -6) linoleik asit (18:2 ω -6) türevleri olup omega-6 sınıfının üyesidirler. Eikozatetraenoik asidin genel adı araşidonik asittir. Linolenik asitten (18:3 ω -3) sentezlenen çoklu çift bağlı yağ asidi olan eikozapentaenoik asitler (20:5 ω -3) ise omega-3 sınıfının üyesidir ve eikozanoidlerin oluşumunda bir substrat olarak rol oynar. Prostaglandinler, tromboksanlar, lökotrienler, bazı hidroperoksi ve hidroksi yağ asit türevleri önemli eikozanoidlerdir (Şekil 1.4) [12].

Prostaglandinler: Prostaglandinler prostanoik asit analoglarıdır. Prostanoik asit, doğal olarak oluşmaz fakat prostaglandinlerin adlandırılmaları ve karbonlarının numaralandırılmasında temel bileşik olarak kullanılır. Prostaglandinler dokularda yaygın olarak bulunurlar fakat görevleri henüz tam olarak anlaşılmamıştır. Prostaglandinlerin çok düşük konsantrasyonlarda bir çok biyolojik olayı düzenlediği gösterilmiştir. Bunlardan bazıları, düz kasların kasılması ve gevşemesi, gastrik salgı, trombosit agregasyonu, böbrek tübüllerinde sodyum ve su tutulumu, yangısal ve trofik hormonlara yanıtıdır [13].



Şekil 1.4. Araşidonik asit ve bazı önemli eikozanoidler [12]

Tromboksanlar: Trombositlerde sentezlenen tromboksan A_2 (TXA_2), prostaglandine benziyen yapıdadır. Yarılanma ömrü 30 saniye olan bu maddenin biyolojik etkileri prostaglandinle zıt yöndedir. Damar düz kasının, glomerüler mezenkimin kasılmasını ve trombosit kümeleşmesini tetikleyen TXA_2 , hızla inaktif şekli olan tromboksan B_2 (TXB_2)'ye dönüşmektedir [12].

Lökotrienler: Araşidonik asit türevi olan lökotrienler, lökositlerde sentezlenir ve çok kısa sürede yıkılır. Prostaglandinler ve prostasiklinlerden tek farkları halkalaşmamış yapıya sahip olmalarıdır. Lökotrienler kemotaksis, enflamasyon ve alerjik reaksiyionlarda görev alan düz kas ve kronik damarların kasılmasına, küçük damarların ise gevşemesine yol açan bileşiklerdir. Bronkokonsriktör etkileri histaminden daha güçlüdür [12].

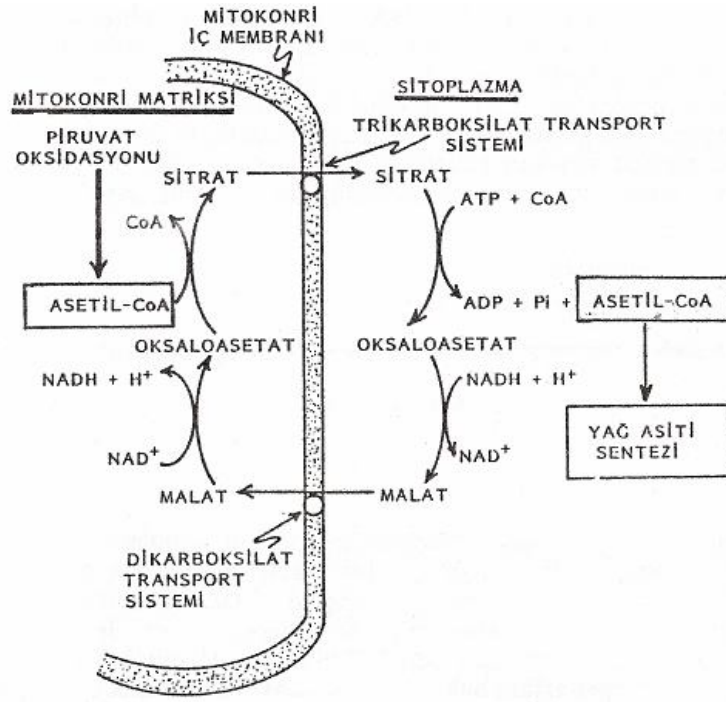
1.1.1.1.3 Yağ asitlerinin biyosentezi

İlk zamanlar yağ asiti sentezinin yıkım olayının tersine dönmesi ile oluştuğu zannediliyordu. Fakat araştırmalar ilerleyince sentezin yıkım olayının tersi olmadığı ve bazı kademelerinin yıkımdan tamamen farklı olduğu ortaya çıkmıştır [15].

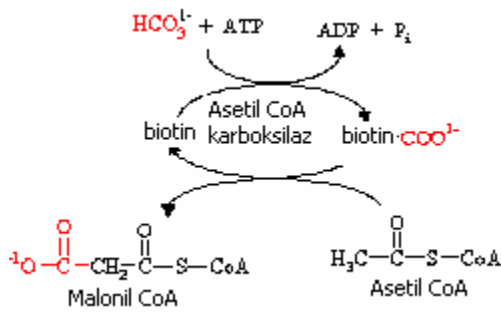
Yağ asiti sentezi hücre sitoplazmasında başarılmaktadır. Yağ asiti sentezi, yağ asidi sentetaz sistemi denen yedi enzimden meydana gelmiş kompleks bir yapı tarafından başarılmaktadır. Yağ asiti sentezinde zincir uzaması malonil-CoA'dan iki karbonun zincire katılması ile olmaktadır. Malonil-CoA ise asetil-CoA'dan sentezlenmektedir. Asetil-CoA mitokondri içinde sentezlendiğinden asetil-CoA'nın sitoplazmaya geçmesi lazımdır. Bunun için bir asetil-grubu taşıma sistemi lazımdır. Öncelikle asetil-CoA, mitokondri içindeki asetil-CoA-sitrat sentetaz enzimi aracılığı ile oksaloasetat ile birleşmekte ve sitrat meydana gelmektedir. Sitrat şekil 1.5'te görüldüğü gibi mitokondri iç membranında bulunan spesifik trikarboksilat transport sistemi aracılığı ile sitoplazmaya transfer edilmektedir. Sitoplazmaya transfer edilen sitrat, sitrat liyaz ve ATP harcanması ile tekrar oksaloasetat ve asetil-CoA'ya ayrılmaktadır. Böylece sitoplazmaya geçmiş olan asetil-CoA yağ asiti sentezine katılmaktadır. Sitoplazmadaki oksaloasetat, malat dehidrogenaz enziminin yardımıyla malata dönüşür. Malat ise mitokondri iç membranında bulunan trikarboksilat transport sistemi ile tekrar mitokondri içine taşınmaktadır. Mitokondri içine transfer edilen bu malat oksaloasetata dönüştüğü zaman döngü tamamlanmaktadır [15].

Sitozolde, asetil CoA molekülünün geri dönüşümsüz olarak karboksillenmesiyle malonil CoA oluşur. Bu reaksiyonu koenzimi biotin olan Asetil-CoA karboksilaz enzimi katalizler. Asetil-CoA karboksilazın katalizlediği reaksiyon iki basamakta gerçekleşir. Önce, Asetil-CoA karboksilaza kovalent bağlanmış olan biotin, ATP hidroliziyle katalizlenir. Bu reaksiyonda CO_2 kaynağı olarak HCO_3^- kullanılır. Oluşan enzim-karboksil-biotin kompleksi daha sonra karboksil grubunu Asetil-CoA'ya aktararak, malonil CoA'yı (Şekil 1.6) oluşturur [12].

Yağ asiti sentetaz sistemi, fonksiyonel iki sülfidril grubu ihtiva etmektedir. Bunlardan birisi ACP proteinine bağlı olan 4'-fosfopentatein koludur. Diğeri ise yağ asiti sentetaz sistemine bağlı spesifik sistein amino asitidir. Her iki sülfidril grubu da yağ asiti sentezinde görev almaktadır [15].



Şekil 1.5. Asetil CoA'nın mitokondriden stoplazmaya geçişi [15]



Şekil 1.6. Malonil CoA'nın oluşumu

Yağ asiti sentezi, hayvan hücrelerinde yağ asiti sentaz sistemi denen ve şekilde görülen yedi enzimden meydana gelmiş kompleks bir yapı tarafından başarılmaktadır (Şekil 1.7). Sülfidril grubuna açıl gruplarının doğru olarak bağlanması iki enzimatik basamaktan sonra başarılmaktadır. Birinci reaksiyon ACP-açıl transferaz tarafından katalizlenmekte ve asetil-CoA'nın asetil grubu yağ asiti sentetaz sisteminin spesifik sistein amino asidine bağlanmaktadır. İkinci reaksiyonda malonil-CoA'nın malonil grubu fosfopentateinin sülfidril grubuna taşınmaktadır. Reaksiyon ACP-maloniltransferaz tarafından katalizlenmektedir [15].

Yağ asiti sentezinde zincir uzaması; Kondensasyon basamağı, 3-Keto redüksiyon basamağı, dehidratasyon basamağı, doygunluk basamağı olmak üzere 4 basamaktan oluşmaktadır [15].

Kondensasyon basamağında sisteinin sülfidril grubuna bağlı asetil grubu, fosfopentateinin sülfidril grubuna bağlı malonil grubuna transfer edilmekte, kondensasyon reaksiyonu ile asetoasetil grubu meydana gelmekte ve reaksiyondan malonil-CoA'daki karboksil grubu CO₂ halinde ayrılmaktadır. Reaksiyon 3-Ketoaçıl-ACP-sentetaz enzimi tarafından başarılmaktadır. Enzimatik reaksiyon şematik olarak Şekil 1.7' deki gibi meydana gelmektedir [15].

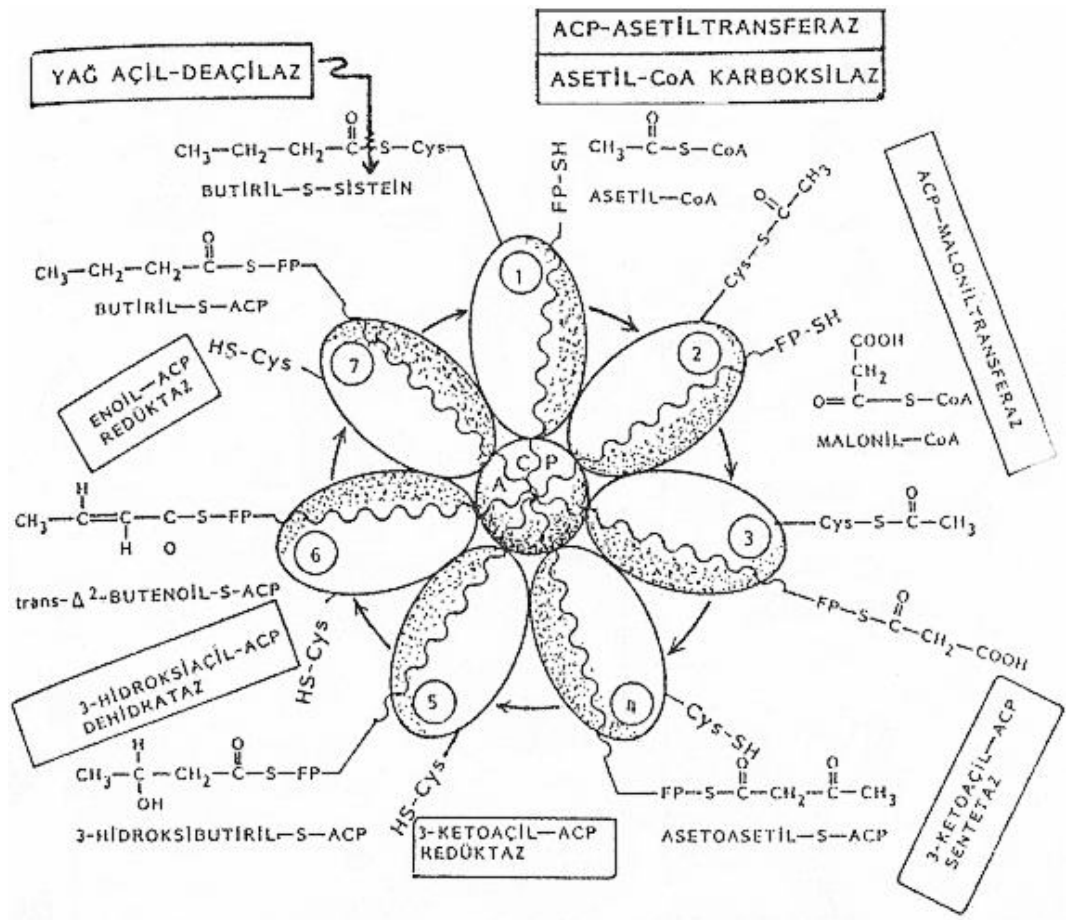
3-Keto redüksiyon basamağında, Asetoasetil-S-ACP grubu 3. karbondaki keto grubundan redüklenmektedir. Elektron donorü olarak bu reaksiyonda NADPH+H⁺ rol oynamaktadır. Bu reaksiyon sonunda D-3-hidroksibutiril-S-ACP meydana gelmektedir. Redüksiyon basamağı yağ asiti sentetaz sistemi içinde Şekil 1.7'de 4. basamakta olduğu gibi başarılmaktadır [15].

Dehidratasyon basamağında, D-3-hidroksibutiril-S-ACP dehidrate edilerek trans- Δ^2 -butenoil-S-ACP meydana gelmektedir. Yağ asiti sentezinin bu üçüncü basamağı 3-Hidroksiaçıl-ACP-dehidrataz enzimi tarafından katalizlenmektedir. Reaksiyon Şekil 1.7' de 5. basamakta olduğu gibi meydana gelmektedir [15].

Yağ asiti sentezinde dördüncü basamak olan doygunluk (Saturasyon) basamağında 2. ve 3. karbon arasındaki çift bağ redüklenerek açılmakta ve butiril-S-ACP grubu meydana gelmektedir. Reaksiyonda NADPH+H⁺ elektron donorü ve redüktör molekül olarak rol oynamaktadır. Saturasyon basamağı Enoil-ACP-redüktaz enzimi tarafından reaksiyon Şekil 1.7'de 6. basamakta olduğu gibi meydana gelmektedir [15].

Daha sonra butiril grubu fosfopentateinin -SH grubundan sisteinin grubuna transfer edilmektedir. Reaksiyon Şekil 1.7'de 7. basamakta olduğu gibi meydana gelmektedir.

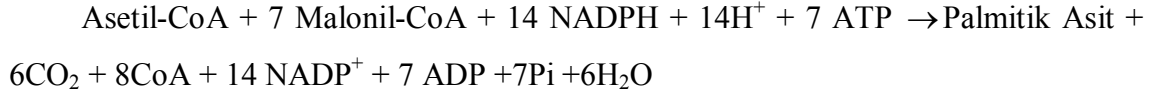
Şimdi yağ asidi sentezinde zincir uzaması ve 2 karbon ünitesinin zincire katılması için reaksiyonların yeni baştan başlaması lazımdır. Bunun için fosfopentateinin -SH grubuna ikinci bir malonil grubunun bağlanması gerekmektedir. Malonil grubunun karboksil grubu yine CO₂ halinde kaybolurken aktif metilen karbonuna, sisteinin -SH grubuna bağlı olan butiril grubu transfer edilir ve 6 karbonlu açıl grubu meydana gelir. Üçüncü karbondaki keto grubu sentetaz sisteminin daha sonraki 3 basamağında redüklenerek doymun hale getirilerek 6 karbonlu heksanoil grubu meydana gelir. Bu heksanoil grubu daha sonra fosfopentateinin grubundan yine sisteinin -SH grubuna transfer edilmektedir [15].



Şekil 1.7. Yağ asiti sentetaz kompleksinin şematik modeli [15]

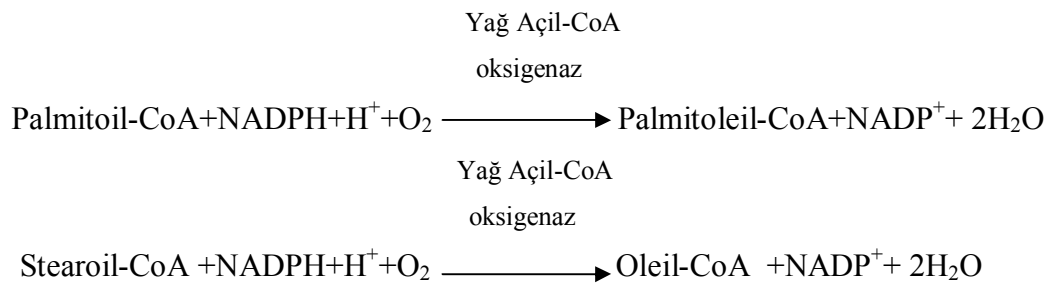
Yedi malonil-CoA'nın ve bir asetil-CoA'nın reaksiyona girerek dört yağ asiti sentez basamağının yedi defa tekrar etmesi ile 16 karbonlu palmitil-S-ACP sentezlenmektedir. Palmitil-S-ACP zincir uzaması ile oluşan 16 karbonlu yağ asitidir. Bazı organizmalarda yağ asidi sentezi 16 karbonlu palmitik asit ile son bulur ve 18

karbonlu stearik asit sentezlenmez. Halbuki stearik ve palmitik asitin fiziksel karakterleri birbirine çok benzer. Sentez sonunda meydana gelen palmitil-S-ACP, Palmitil-S-ACP deaçilaz enzimi vasıtası ile koparılmakta ve palmitik asit serbest olarak meydana gelmekte ve ACP proteinin –SH grubu serbest hale gelerek ACP-SH şekline dönüşmektedir. Palmitik asitin sentezini aşağıdaki eşitlikteki gibi yazılabilir [15].



Yağ asiti sentetaz sisteminin normal ürünü olan palmitik asit uzun zincirli yağ asitlerinin öncül molekülüdür. İki karbon daha ilave edilerek 18 karbonlu stearik asit yahut daha fazla karbon ilave edilerek daha uzun zincirli yağ asitleri meydana gelmektedir. Yağ asidi zincir uzatma sistemi endoplazmik retikulum ve mitokondride bulunmaktadır. Endoplazmik retikuluma bulunan zincir uzatma sistemi malonil-CoA'dan 2 karbon palmitoil-S-ACP grubuna transfer ederek stearoil-ACP'yi palmitat sentezine benzer bir şekilde meydana getirmektedir [15].

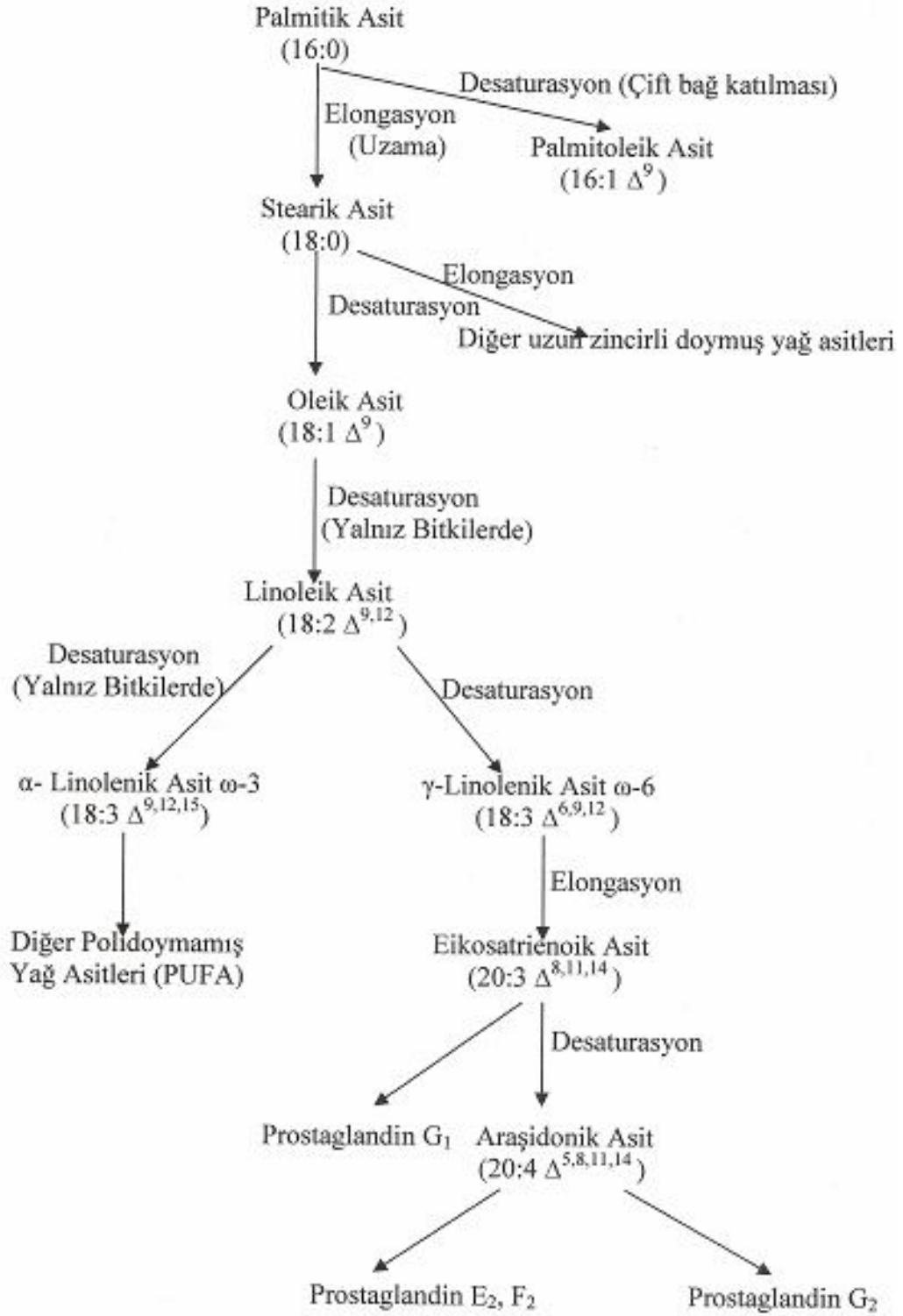
Palmitik ve stearik asit iki genel monoenoik (monoansaturated) yağ asitleri olan palmitoleik ve oleik asitlerin sentezi için öncül molekül rolü oynamaktadır. Palmitoleik ve oleik asitler Δ^9 pozisyonunda cis konfigürasyonunda bir çift bağ ihtiva etmektedir. Palmitoleik ve oleik asit sentezi yapan organizmalarda aerobik ve anaerobik olanlarda kullanılan metabolik yol ve enzimler farklıdır. Omurgalılar ve diğer aerobik organizmalardan Δ^9 karbonunda bir çift bağ sentezi yapan monooksijenaz sistemi, karaciğer ve adipoz dokunun endoplazmik retikuliumunda yerleşmiş bulunmaktadır. Reaksiyonda bir moleküler oksijen ve bir çift elektron kullanılmaktadır. Elektronlardan birisi substrat olan palmitoil-CoA veya stearoil-CoA'dan diğeri ise NADPH'dan gelmektedir. Molekülde Δ^9 çift bağının meydana getirilmesi Yağ açıl-CoA oksijenaz tarafından katalizlenmektedir. Reaksiyon aşağıdaki gibi meydana gelmektedir [15].



Bu iki reaksiyon karışık fonksiyonlu oksidasyon reaksiyonlarına örnektir. İki yağ asitinde de Δ^9 'uncu bağ çift bağ haline dönüştürülmektedir [15].

İki çift bağ ihtiva eden linoleik asit (18:2 $\Delta^{9,12}$) ve üç çift bağ ihtiva eden α -linolenik asit (18:3 $\Delta^{9,12,15}$) memeliler tarafından sentez edilemez. Bu polienoik yağ asitleri besinlerle beraber alındığı ve diğer ürünlerin sentezinde kullanıldığı için bunlara esansiyel yağ asitleri adı verilmektedir. Memeliler tarafından besinle alınan linoleik asit diğer çoklu doymamış yağ asitlerine, özellikle γ -linolenik ve araşidonik asite (20:4 $\Delta^{5,8,11,14}$) dönüştürülmektedir. Araşidonik asit pek çok hücre fonksiyonunu düzenleyen prostaglandin, lökotrien ve tromboksanların sentezinde öncül madde rolü oynamaktadır [15].

Palmitik asitten sentezlenen bazı yağ asitlerinin şematize edilmiş biyosentez yolu Şekil 1.8’de gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere palmitik asit, stearik asit, monoenoik ve polienoik yağ asitlerinin sentezinde öncül madde rolü oynamaktadır. Ayrıca şekilde esansiyel yağ asidi olan linoleik asitin diğer poli doymamış yağ asitlerine ve prostaglandinlere dönüşmesi görülmektedir. Linoleik asitten desaturasyon ile γ -linolenik asit (18:3 $\Delta^{6,9,12}$), bundan zincir uzaması ile eikosatrienoik asit (20:3 $\Delta^{8,11,14}$), ondan da desaturasyon ile dört çift bağlı araşidonik asit meydana gelmektedir. Araşidonik asitten de prostaglandin E_2 , $F_{2\alpha}$ ve G_2 sentezleri yapılmaktadır. Aynı zamanda eikosatrienoik asitten, prostaglandin G_1 sentezi yapılmaktadır. Yalnız bitkilerde linoleik asitten, α -linolenik asit (18:3 $\Delta^{9,12,15}$) sentezi yapılmakta olup bundan da diğer polienoik asitler sentez edilmektedir [15].



Şekil 1.8. Elongasyon ve desaturasyon ile oluşan bazı yağ asitlerinin biyosentez yolu

1.1.1.1.4 Yağ asidi biyosentezinin düzenlenmesi

Yağ asidinin biyosentez hızı, asetil-CoA'dan malonil-CoA sentezi yapan Asetil-CoA karboksilaz tarafından ayarlanmaktadır. Asetil-CoA karboksilaz allosterik bir enzim olup allosterik aktivatörü olan sitrat ortamda mevcut değil ise az aktivite göstermektedir. Eğer sitratın mitokondrideki konsantrasyonu yükselecek olursa dairesel döngü ile sitoplazmaya geçmektedir. Sitrat miktarının sitoplazmada artması Asetil-CoA karboksilaz enzimi için stimule edici bir sinyal sayılmakta ve asetil-CoA'nın fazlası yağ asidi haline dönüştürülmektedir. Sitrat, asetil-CoA karboksilaz enziminin allosterik bölgesine bağlanmakta ve asetil-CoA'nın malonil-CoA'ya dönüşmesini hızlandırmaktadır. Sitratın sitoplazmadaki yüksek konsantrasyonu aynı zamanda asetil-CoA için de bir kaynak olmaktadır. Çünkü sitrat oksaloasetat ve asetil-CoA'ya yıkılmaktadır. Diğer taraftan palmitoil-CoA ve triaçilgliserollerin ortamda fazla birikmesi bir allosterik sinyal sayılmakta ve Asetil-CoA karboksilaz'ı inhibe etmektedir. Yağlar palmitik asit halinde depo edilmediklerinden inhibisyonda daha çok triaçilgliseroller ve bu molekülün sentezinde rol oynayan gliserol fosfat rol oynamaktadır [15].

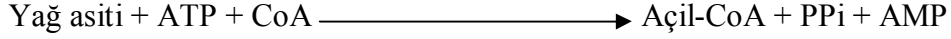
1.1.1.1.5. Yağ asitlerinin oksidasyonu

Yağ asitleri, hem asetil-CoA'ya okside olur ve hem de asetil-CoA'dan sentez edilir. İşlemlerden birinin başlangıç maddesinin, diğerinin son ürünü ile aynı olmasına ve işlemlerdeki kimyasal aşamalarının birbirleriyle karşılaştırılabilir olmasına karşın yağ asidi oksidasyonu, yağ asidi biyosentezinin basit bir ters çalışan şekli olmayıp hücrenin ayrı bir bölümünde yer alan, tamamen farklı bir işlemdir. Yağ asidi oksidasyonu mitokondrilerde gerçekleşir; her basamak ayrı bir enzimle kataliz edilen açıl-CoA türevlerini kapsar, koenzimler olarak NAD^+ ve FAD kullanılır ve enerji üretilir [16] .

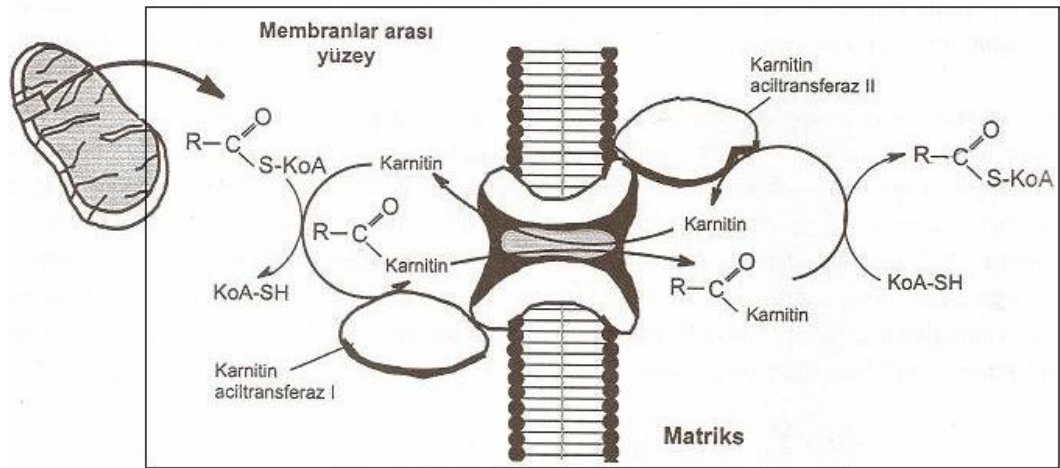
Yağ asitlerinin katabolize olmadan önce etkinleştirilmesi gerekir. Glukoz metabolizmasında olduğu gibi, yağ asitleri de daha ileri metabolizmalarından sorumlu enzimlerle tepkimeye girmeden önce ATP ile bir tepkimeye girerek etkin bir ara maddeye çevrilmek zorundadır. Bu olay 1 yağ asidinin tam yıkımı için, ATP'den gelen enerjiye gereksinim duyulduğu tek basamaktır. ATP ve Koenzim A varlığında, açıl-CoA sentetaz (tiyokinaz) bir yağ asidinin etkin yağ asidi veya açıl-CoA'ya çevrimini katalizler ve bu olaya bir tane yüksek enerjili fosfat harcanması eşlik eder. Açıl-CoA

sentetazlar, endoplazmik retikulum, peroksisomlar ve mitokondrilerin hem iç hem de dış zarında bulunur. Çok sayıda açıl-CoA sentetaz bildirilmiş olup bunların herbiri yağ asitleri veya farklı zincir uzunlukları için özgüdür [16].

Açıl-KoA sentetaz



Bir nükleotid türevi olan Koenzim A, büyük molekül ağırlıklı ve polar bir bileşik olduğundan mitokondri zarını geçemez. 12 karbondan uzun yağ asitlerinin mitokondriye taşınması için karnitin adı verilen özel bir taşıyıcı molekül gereklidir. Ancak kısa ve orta uzunluktaki yağ asitlerinin mitokondriye girişi karnitinden bağımsızdır. Uzun zincirli yağ asitleri, mitokondri içine taşınabilmek için önce karnitine transfer olurlar. Uzun zincirli yağ asitlerinin mitokondri içine taşınması üç proteinden oluşan karnitin mekiği (Şekil 1.9) ile gerçekleştirilir [12].



Şekil 1.9. Yağ asitlerinin karnitin mekiği ile mitokondriye girişi [12]

Yağ asitleri mitokondri içine 3 basamakta taşınır [12].

- 1) İç mitokondri membranının dış yüzünde bulunan karnitin açıl transferaz I, açıl grubunun CoA'nın SH grubundan karnitin hidrosil grubuna aktarılmasını katalizler.
- 2) İç mitokondri membranında bulunan açıl karnitin taşıyıcısı veya translokaz, açıl karnitini mitokondri içine naklederken serbest karnitini de mitokondri dışına çıkarır.
- 3) İç mitokondri membranının matrikse bakan yüzünde bulunan karnitin açıl transferaz II, karnitine bağlı açıl grubunun tekrar CoA'ya aktarılmasını kataliz eder.

Mitokondri içerisine alınan yağ asitlerinin oksidasyonu üç evrede gerçekleşir [12].

1. Evre yağ asitlerinin β -Oksidasyonu olup, yağ asitlerinin karboksil ucundan başlayarak iki karbonlu CoA birimleri zincirden ayrılır.

2. Evre TCA siklusu olup asetil CoA'ların asetil grubu, mitokondri matriksinde yer alan sitrik asit (TCA) siklusu enzimleriyle CO_2 ve H_2O 'ya kadar oksitlenir

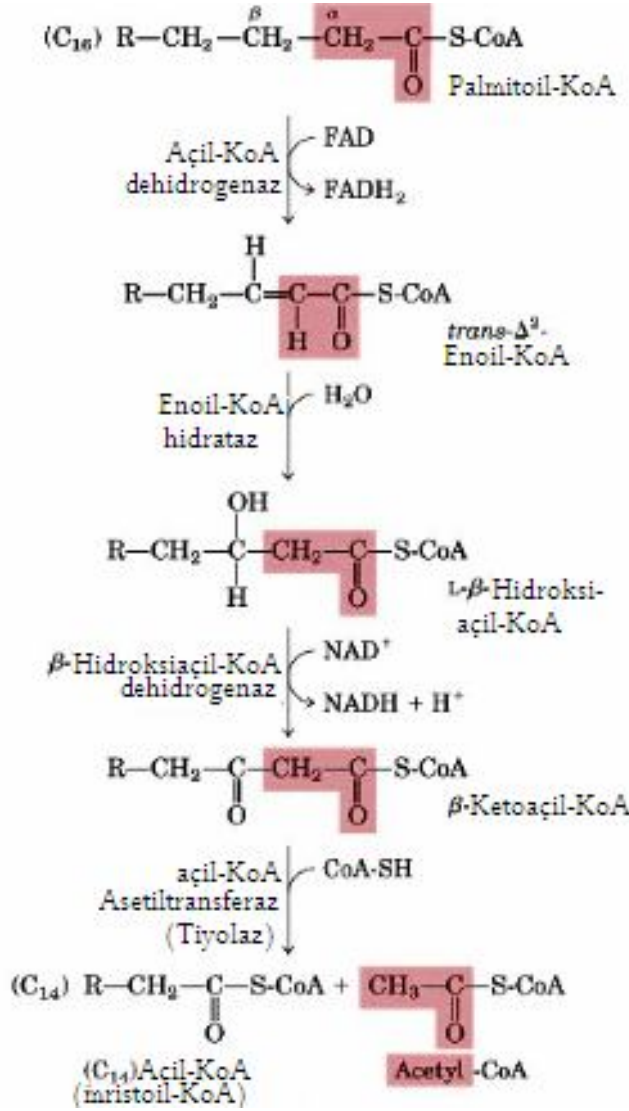
3. Evre Elektron Transport Zinciri olup β -oksidasyon ve TCA siklusu sırasında oksitlenen moleküllerden H atomu ($\text{H}^+ + \text{e}^-$) şeklinde ayrılan elektronlar, elektron transport zinciri aracılığı ile O_2 ' e aktarılırken, açığa çıkan enerji ATP sentezlemekte kullanılır.

β -oksidasyonda 4 enzim görev alır (Şekil 1.10). β -oksidasyonun ilk adımı bir dehidrojenasyon reaksiyonudur ve açıl CoA dehidrojenazlar tarafından gerçekleştirilir. Kısa, orta ve uzun zincirli yağ asitlerine etki eden üç açıl CoA dehidrojenaz izoziminin kofaktörü FAD'dır. Dehidrojenasyon reaksiyonu ile açıl KoA'nın α (2.C) ve β (3.C) karbonları arasında çift bağ kurulur, oluşan ürün trans Δ^2 -enoil CoA'dır. Bu reaksiyonla oluşan çift bağ trans, doğada bulunan doymamış yağ asitlerindeki çift bağlar ise cis konfigürasyonundadır. Oksidasyon sonucu oluşan indirgenmiş kofaktör FADH_2 , elektronlarını elektron taşıyıcı flavoprotein (ETF) aracılığıyla elektron transport zincirinde yer alan ubikinona aktarır [12].

β -oksidasyonun ikinci adımında çift bağa su katılır ve sonuçta L- β -hidroksi açıl CoA oluşur. Bu reaksiyonu enoil CoA hidrataz enzimi kataliz eder [12].

Üçüncü adımda β -hidroksi açıl CoA dehidrojenaz kataliziyle β -keto açıl CoA oluşur. Bu enzim, β -hidroksi açıl streoizomerine spesifiktir. Bu reaksiyon sonucu oluşan NADH, elektronlarını NADH dehidrojenaz (Kompleks I) üzerinde elektron transport zincirine aktarır [12].

Dördüncü ve son adımda, tiyolaz enzimi zincirin karboksil terminal ucundan 2 karbonluk birimi CoA'ya aktarır. CoA iki karbon kısalırken 1 mol asetil CoA oluşması sağlanır [12].



Şekil 1.10. Yağ asidi oksidasyonunun basamakları [17]

Şimdiye kadar anlatılan kısım karbon iskeletinde yalnız tek bağ içeren doymuş yağ asitlerinin β-oksidasyonu ile ilgilidir. Ancak bitki ve hayvan dokularının triaçilgliserollerinde ve fosfolipitlerinde yer alan yağ asitlerinin pek çoğu bir veya daha fazla sayıda çift bağ ihtiva eden doymamış yağ asitlerinden meydana gelmiştir. Bu yağ asitlerinin yapısında bulunan çift bağlar genellikle cis konfigürasyonundadır. Fakat izomeraz ve epimeraz adı verilen enzimler cis konfigürasyonundaki çift bağı trans konfigürasyonuna çevirir. İkinci bir enzimatik kademe ile çift bağın bulunduğu bölgeye Enoil-CoA-hidrataz aracılığı ile bir mol su katılarak çift bağ açılır ve daha sonra yağ asidi oksidasyonundaki basamaklar meydana gelir [15].

Tek sayıda karbon atomu içeren yağ asitleri, geride üç karbonlu bir kalıt (propiyonil-CoA) kalıncaya kadar asetil-CoA'lar üreterek β -oksidasyon yolunda oksitlenir. Bu bileşik ise, sitrik asit döngüsünün bir yapı taşı olan süksinil-CoA'ya çevrilir. Bu nedenle tek sayıda karbonlu bir yağ asitinden gelen propiyonil kalıtı, yağ asidinin glukojenik olan tek bölümüdür [16].

Yağ asitlerinin oksidasyonunda nicel olarak en önemli yol, mitokondrideki β -oksidasyondur. Öte yandan, beyin dokusunda α -oksidasyon, yani molekülün karboksil ucundan her defasında tek bir karbonun uzaklaştırılması da gözlenmiştir. Bu yol, CoA ara maddeleri gereksinmez ve yüksek enerjili fosfat üretmez. Diğer bir oksidasyon yolu olan ω -oksidasyon normalde çok önemsiz bir yoldur ve endoplazmik retikulumda, sitokromdaki P450'yi kapsayan hidroksilaz enzimleri ile gerçekleştirilir. $-\text{CH}_3$ grubu bir $-\text{CH}_2\text{OH}$ grubuna çevrilir. Bu ise daha sonra $-\text{COOH}$ 'a okside olarak sonuçta bir dikarboksilik asit oluşur. Bu da, genelde adipik (C_6) ve suberik (C_8) asite β -okside edilir ve bu iki madde idrarla atılır [16].

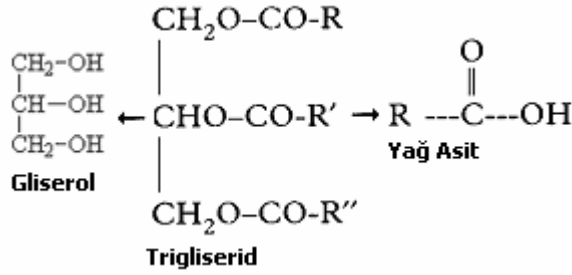
1.1.1.2. Gliserol türevleri

Bu grupta triaçilgliseroller, mumlar ve gliserofosfolipitler bulunur.

1.1.1.2.1. Triaçilgliseroller

Bir organizma tarafından yenilen ya da sentezlenen yağ asitlerinin çoğu iki sondan birine uğrar. Metabolik enerjinin depolanması için triaçilgliserollere ya da zarın fosfolipit bileşenlerine katılır. Bu alternatif yollar arasındaki dağılım organizmanın gereksinimlerine bağlıdır. Hızlı büyüme sırasında yeni zarların sentezi zar fosfolipit sentezini gerektirir. Organizma çok çeşitli yiyecek maddesine sahiptir, ancak bunların yağ asitlerinin çoğu aktif olarak büyümeye değil depo yağlarına yönlendirilir. İnsanlar karaciğer ve kas hücrelerinde ancak birkaç yüz gram glikojen depolayabilirler, bu vücudun ancak 12 saatlik enerji ihtiyacını karşılayabilir. Aksine, ortalama 70 kg olan bir erkekte depolanmış triaçilgliserollerin miktarı yaklaşık 15 kg'dır ve bazal enerji ihtiyacını 12 hafta süreyle karşılamak için yeterlidir. Triaçilgliseroller depolanmış besinlerin en fazla enerji taşıyanıdır. Karbonhidrat glikojen depolama kapasitesinden daha fazla alındığı zaman, triaçilgliserollere çevrilir ve adipöz dokuda depolanır. Triaçilgliserol metabolizması insülin, glukagon, hipofiz büyüme hormonu ve adrenal

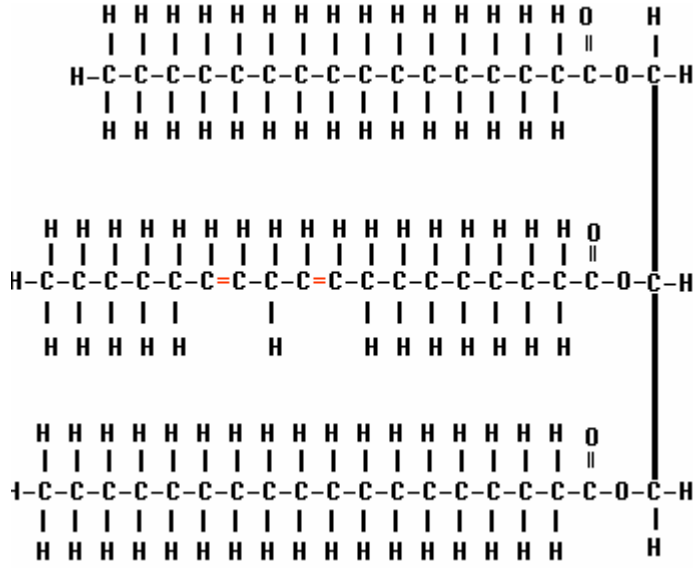
korteks hormonlarından etkilenir [18].



Şekil 1.11. Üç farklı yağ asidi ucuna sahip triaçilgliserolün yapısı

Yağ asitlerinden meydana gelmiş en basit yağlar triaçilgliserollerdir. Bunlara ayrıca trigliseridler de denir. Bir trigliserol molekülü genel olarak üç adet yağ asidi molekülünün ester bağlarıyla gliserol molekülüne bağlanması ile meydana gelir (Şekil 1.11). Gliserole bağlı yağ asitlerinin ucu farklı olabilir ve bu farklılığa göre adlandırılırlar. Örneğin, R pozisyonunda palmitik asit, R' pozisyonunda linoleik asit ve R'' pozisyonunda stearik asit içeren bir gliserol 1-palmitoleoil-2-lineoil-3-stearoil gliserol (Şekil 1.12) olarak adlandırılır [19].

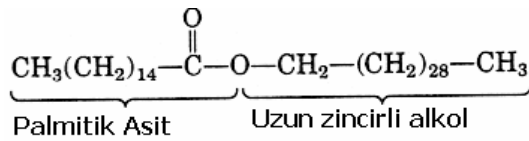
Hayvanlarda yağ asidi hücreleri (adipositler) triaçilgliserollerin sentezi ve depolanması için özelleşmişlerdir. Diğer vücut hücrelerinde sadece birkaç yağ damlacığı sitozolde bulunmasına rağmen, adipositler neredeyse yağla dolu bulunurlar. Triaçilgliserollerin enzimatik sindirimi genellikle nötr pH'larda çeşitli lipazlarla olur. Enerji kaynakları olarak kullanılmaları için, triaçilgliserollerin öncelikle böyle bir enzimatik reaksiyonla yağ asitlerine ve gliserollere parçalanmaları gerekir Bazı hayvanlarda deri altında stoklanmış lipidler sadece enerji rezervleri olarak değil, aynı zamanda o hayvanları çok düşük ısılara karşı bir izolasyon bariyeri gibi korur [19].



Şekil 1.12. 1-palmitoleoil-2-lineoil-3-stearoil gliserolün yapısı

1.1.1.2.2. Mumlar

Biyolojik mumlar uzun zincirli (14-36 karbonlu) doymuş ve doymamış yağ asitleri ile uzun zincirli (16-30 karbonlu) bir alkol zincirinden oluşmuş esterlerdir (Şekil 1.13). Mumlar triaçilgliserollerden daha yüksek erime noktalarına (60-100 °C) sahiptir. Suyu tutmayan özelliklerinden dolayı çeşitli amaçlar için kullanılırlar [19]. Mumlar deniz hayvanlarında metabolik yakıtın depo şeklidir. Bazı omurgalıların deri bezleri, saç ve deriyi korumak ve onları bükülebilir, yumuşak, yağlı ve su geçirmez halde tutmak için mum salgılarlar [12].



Şekil 1.13. Bal mumunun yapısı

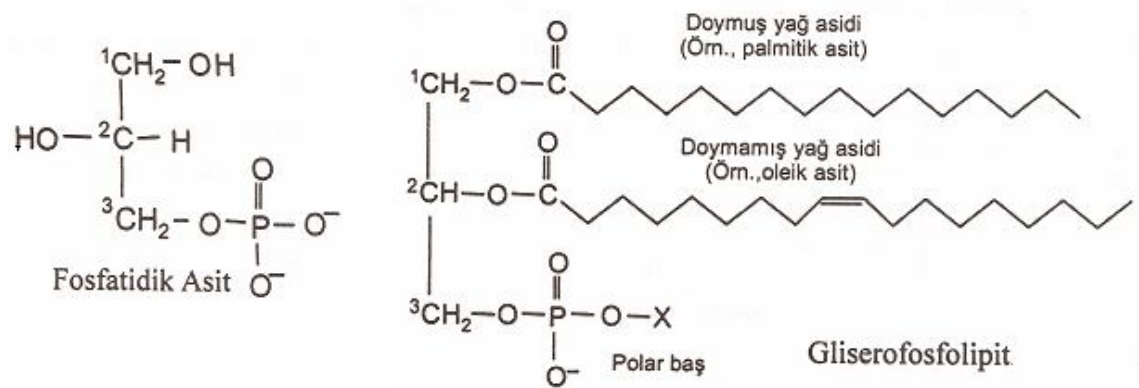
1.1.1.2.3. Gliserofosfolipitler

Karaciğer plazma membranının % 50'sini gliserofosfolipitler oluşturmaktadır. Plazma ve safra gibi vücut sıvılarında bulunan gliserofosfolipitler hücre membranlarının

önemli bileşenidir. Safrada deterjan görevi yapan gliserofosfolipitlerin (özellikle fosfatidilkolinin) sentezinde veya safraya salgılanmasındaki bir aksaklık safra kesesinde safra taşlarının oluşumuna yol açar. Gliserofosfolipitler ayrıca hücre membranında sinyal iletimine katılmakta, akciğer surfaktanlarının ve plazma lipoproteinlerinin temel bileşeni olarak görev yapmaktadır. Fosfolipitlerin temel sınıfını oluşturan gliserofosfolipitler lizozomlarda fosfolipaz olarak adlandırılan spesifik hidrolitik enzimlerle yıkılmaktadır. A tipi fosfolipazlar gliserofosfolipite ester bağıyla bağlı bulunan yağ asitlerini ester bağından hidroliz eder [12].

Gliserofosfolipitler amfipatik yapıya sahiptirler. Bu yapıda uzun hidrokarbon kuyruk ve polar bir baş bulunur. Polar başta yüklü fosfat grubu ve bu fosfat ile esterleşen çeşitli bazlar yer almaktadır. Gliserofosfolipitlerin ön maddesi fosfatidik asittir (Şekil 1.14). En basit fosfoglisericit olan fosfatidik asit, diaçilgliserolün 3. karbonunun fosfat grubu ile esterleşmesinden meydana gelmiştir. Membranların yapısında az miktarda bulunan fosfatidik asit gliserol 3-fosfattan sentezlenir. Gliserofosfolipitlerin yapısında yer alan yağ asitleri farklı özelliklerdedir [12].

Fosfatidik asidin fosfat grubunun değişik alkol gruplarına fosfodiester bağıyla bağlanmasından çeşitli gliserofosfolipitler meydana gelir. Bunlar, Fosfatidilkolin, Sefalinler, Fosfatidilinozitol, Fosfatidilgliserol, Kardioplin, Dipalmitoillesitin, Plazmojenler (Eter Fosfolipidler), Trombosit Aktifleyici Faktör (PAF) olmak üzere sekiz grupta incelenmektedir [12].



Şekil 1.14. Fosfatidik asit ve gliserofosfolipitlerin genel yapısı [11] (X, Baş kısmına bağlı grubu belirtmektedir)

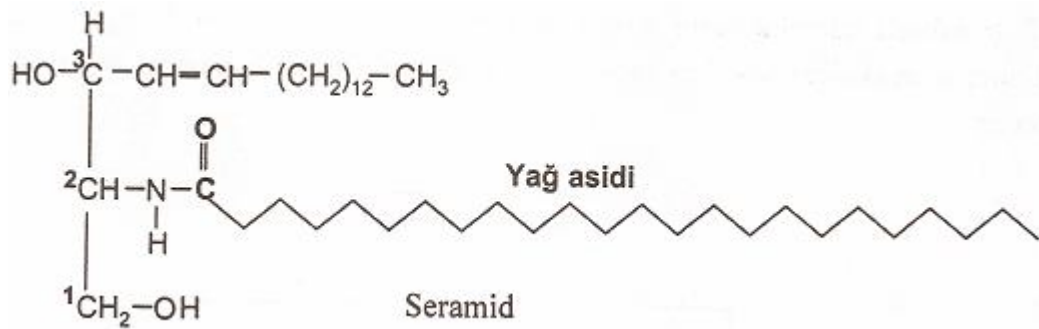
1.1.1.3. Sfingozin türevleri

Bu grupta sfingofosfolipitler ve glikolipitler yer alır.

1.1.1.3.1. Sfingofosfolipitler

Sfingofosfolipitler bitki ve hayvan hücre membranının yapısında bulunur. Organizmada sinir dokusunun sfingolipit içeriği diğer dokulardan fazladır. Gliserofosfolipitler gibi sfingolipitlerin de yapısındaki yağ açıl grupları dokulara özeldir. Bu lipitlerde iki tane apolar kuyruk ve bir polar baş içermektedir. Gliserofosfolipitlerden farklı olarak yapılarında gliserol yerine sfingozin bulunmaktadır. Sfingozin 18 karbonlu, bir çift bağlı ve iki -OH grubu olan alkoldür. Sfingozinin 1., 2. ve 3. karbonları fonksiyonel gruplar taşır, bunlar sırasıyla -OH, -NH₂ ve -OH gruplarıdır [12].

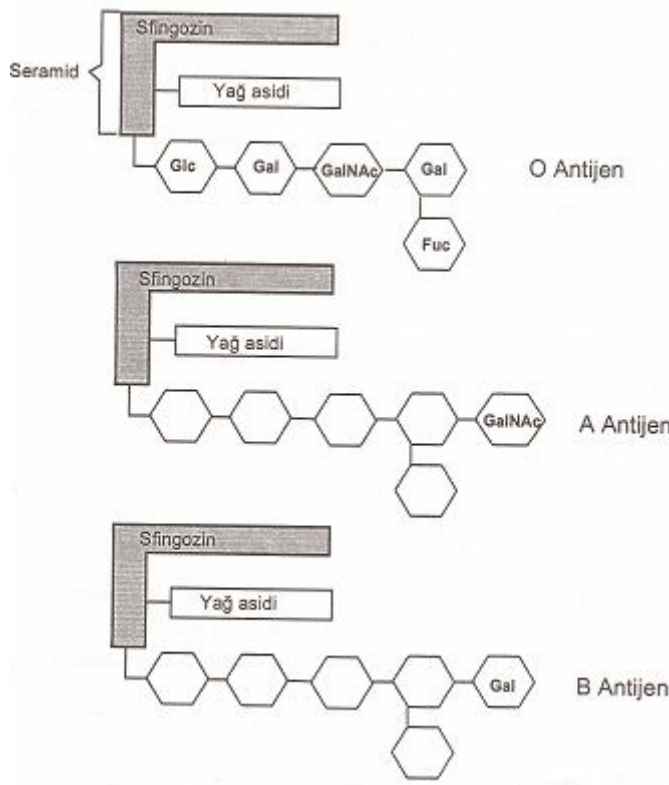
Sfingozininin -NH₂ grubuna uzun zincirli bir yağ asidinin amid bağı yaparak bağlanmasıyla seramid birimi oluşur (Şekil 1.15). Seramid bütün sfingofosfolipitlerin temel yapısal birimidir. Seramidin birinci karbonunun fosfodiester bağı ile fosfokolin veya fosfoetanolaminle esterleşmesinde sfingomyelin meydana gelmektedir. Serbest seramid sadece glikolipitlerin ve sfingomyelinin biyosentezinde ve katabolizmasında bir ara maddedir. Sfingomyelinlerin yapısında yer alan yağ asitleri genellikle palmitik, stearik, lignoserik ve nervonik asittir [12].



Şekil 1.15. Seramidin genel yapısı [12]

1.1.1.3.2. Glikolipitler

Glikolipitlerin temel yapısal birimi de seramiddir. Sfingofosfolipitlerden farklı olarak polar başta fosfat kalıntısı içermezler ve bu nedenle nötral bileşiklerdir. Glikolipitlerde seramidin 1. karbonuna bir veya birden fazla şeker ünitesi β -glikozid bağı ile bağlanmıştır. Bu şekerler D-glikoz, D-galaktoz ve N-asetil D-galaktozamindir. Yapılarında 22 ile 24 karbonlu yağ asitleri bulunmaktadır. Glikolipitler de fosfolipitler gibi membranların temel lipitleridir. Hücresel etkileşim ve oluşumun düzenlenmesinde önemli rol oynarlar. Kan grubu antijenleri (Şekil 1.16) ve tümör antijenlerinin kaynağıdır. Ayrıca kolera, difteri toksinleri ve bazı virüsler için hücre yüzey reseptörleri olarak görev yaparlar. Glikolipitler serebrozidler, gangliozidler ve sülfaditler olarak dört sınıfa ayrılırlar [12].



Şekil 1.16. Kan grubu antijenleri [12]

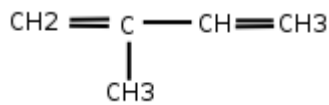
1.1.1.4. Bileşik lipitler (Lipoproteinler)

Lipitlerin proteinlerle oluşturdukları komplekslere lipoproteinler denir. Bunlar lipitlerin ince bağırsaktan ve karaciğerden kan dolaşımına ve kan dolaşımından organ ve dokulara taşınmasını sağlarlar [12].

Temel yapıları aynı olan plazma lipoproteinlerinin bileşiminde apoprotein olarak adlandırılan farklı proteinler bulunur. Lipoproteinler ultra santrifüj yöntemi ile lipit içeriklerine bağlı olarak değişen dansitelerine göre sınıflandırılır. Lipoproteinin lipit miktarı ne kadar fazla ise dansitesi o kadar düşüktür. Lipoproteinler şilomikron (dansitesi 0.92-0.96 g/ml), VLD (çok düşük dansiteli lipoprotein, dansitesi 0.95-1.019 g/ml), IDL (orta derecede düşük dansiteli lipoprotein, dansitesi 1.006-1.019 g/ml), LDL (düşük dansiteli lipoprotein, dansitesi 1.019-1.063 g/ml), HDL (yüksek dansiteli lipoprotein, dansitesi 1.063-1.21 g/ml), VHDL (çok yüksek dansiteli lipoprotein, dansitesi 1.21-1.25 g/ml) ve Lp(a) olmak üzere sınıflandırılır [12].

1.1.1.5. İzopren türevi lipitler

Bu grupta terpenler ve sterol türevleri (kolesterol, safra asitleri, D vitamini ve steroid hormonlar) bulunmaktadır. İzopren türevlerinin ard arda dizilimiyle meydana gelen bu türevler yapı ve biyolojik aktivite bakımından terpenler ve steroller olarak iki grupta incelenir. Bu grubun temel yapısı olan izopren (Şekil 1.17), 5 karbon ve 2 çift bağ içeren kısa karbonlu bir birimdir [12].



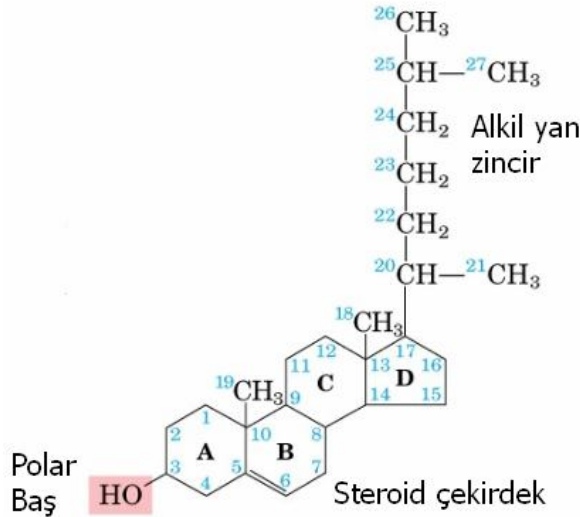
Şekil 1.17. İzopren birimi [12]

1.1.1.5.1. Steroidler

Doymuş tetrasiklik bir hidrokarbon olan perhidroksiklopentanofenanthrenenin türevidir. Farklı fonksiyon ve aktiviteye sahip pek çok steroid tabii kaynaklardan izole edilmiştir. Steroidlerde özellikle A halkasındaki 3 nolu karbona, C halkasındaki 11 nolu

karbona, D halkasındaki 17 nolu karbona farklı grupların bağlanması ile farklı steroidler meydana gelmektedir. Hayvan dokularındaki ana sterol madde kolesteroldür (Şekil 1.18). Kolesterol ve uzun zincirli yağ asidi ile esterleşmiş olan kolesterol, plazma lipoproteinlerin ve dış hücre membranlarının esas yapısal komponentidir. Kolesterol aynı zamanda pek çok steroid hormonun sentezinde öncül molekül olarak rol oynamaktadır. Erkek seks hormonu androjenleri, dişi seks hormonu estrogenleri gebelik hormonu progesteronu ve adrenokortikal hormonları bu arada saymak mümkündür [15].

Kolesterol hiç kuşkusuz, kandaki kolesterolün yüksek düzeyleriyle insan kalp-damar hastalıklarının sıklığı arasındaki ilişki nedeniyle reklamı en çok yapılmış olan lipittir. Kolesterolün safra asitleri ve steroid hormonların öncülü olarak ve bir çok zarrın yapısındaki can alıcı rolü daha az reklam yapılmıştır. Kolesterol insan dahil bir çok hayvanda çok önemli bir moleküldür fakat tüm hücrelerde basit moleküllerden sentez edilebildiği için, memelilerin diyetinde gereksinilmez. Omurgalılarda kolesterol sentezinin çoğu karaciğerde yer alır. Düzenlenmemiş kolesterol üretimi ciddi hastalıklara yol açabilir. Sentezlenen ve diyetle alınan kolesterolün toplamı safra tuzlarının, zarların ve steroidlerin sentezi için gerekenden fazla olduğu zaman, kolesterolün kan damarlarında patolojik birikimiyle aterosklerotik plak gelişir ve damarların tıkanmasına yol açar [18].



Şekil 1.18. Kolesterol molekülünün yapısı [17]

1.1.1.5.2. Terpenler

Terpenlerin yapılarındaki izopren birimleri düz zincir şeklinde bağlanmış veya halkalaşmıştır. Terpenler biyolojik pigmentlerin, A, D, E ve K vitaminlerinin, elektron taşıyıcılarının (kinoidler) yapılarına katılır. 6 izopren halkası içeren skuvalen kolesterol sentezinde ara üründür. 8 izopren biriminde oluşan terpenler hepen (karaciğerde bulunur), likopen ve karotenlerdir. α , β , γ olmak üzere üç tip karoten vardır. β -karotenden iki molekül, α ve γ karotenden bir molekül A vitamini meydana gelir.

Kolesterol bulunan her dokuda bulunan karotenler deri altı yağ dokusunda depolanır. Besinle alınan karotenler yağlar ve safra tuzları ile emilir, kanda β -globüline bağlanarak taşınırlar. Plazmadaki düzeyleri lipit düzeyleri ile bağıntılı olan karotenler safra ve deri yoluyla atılırlar [12].

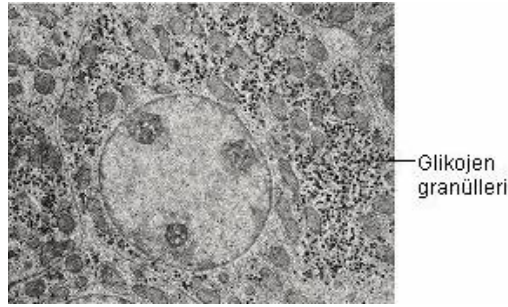
1.2. Glikojen Metabolizması

Besinlerle alınan karbonhidratlar, vücudun başlıca glikoz kaynağıdır. Ancak, insanda beslenme aralıklarıyla gerçekleştirildiği için öğünler arasındaki zaman dilimlerinde de dokuların glikoz ihtiyacının karşılanması gerekmektedir. Özellikle beyin ve eritrositler gibi sadece glikozun oksidasyonu ile oluşan enerjiyi kullanabilen dokulara glikozun sürekli olarak sağlanması, ihtiyaç halinde kolayca serbestleşmesine uygun bir polimerinin bulunmasıyla mümkündür. Bitkilerde bu amaçla kullanılan polisakkarit nişasta, insanlarda ise glikojendir. Her iki polisakkarit, α -1,4 bağlarıyla düz zincirler ve α -1,6-glikozid bağlarıyla oluşan dallanma bölgeleri içerir [12].

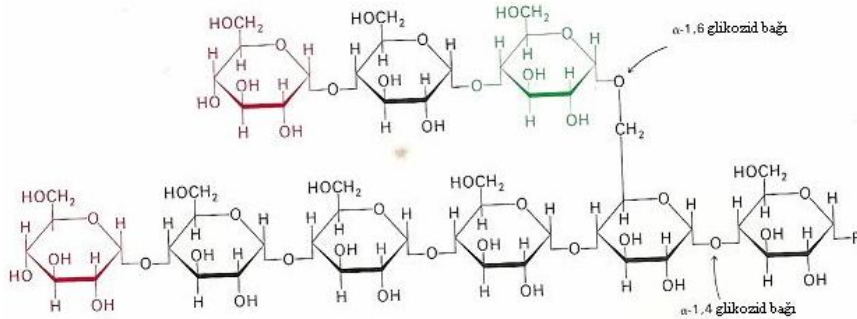
Tanecikler ve agregatlar şeklinde hücre içinde depolanan, dallanmış yapıya sahip glukoz polimerine glikojen denir. Hidroksil gruplarından dolayı polar bir bileşik olan glikojen molekülünün iç kısmı ve dış yüzeyi suyla bağ oluşturmuş haldedir. Bir gram glikojenin 1/3'ü glikoz, geriye kalanı sudur. Vücudun başlıca glikojen deposu karaciğer ve kas dokularıdır. Karaciğerin glikojen içeriği beslenmeyle, kasın glikojen içeriği ise egzersizle bağıntılı olarak değişiklik göstermektedir. Karaciğerin ağırlığının yaklaşık % 7'sini (60 g/kg doku), kas dokusunun % 2'sini (14 g/kg doku) glikojen oluşturur. Bu oranlara bakıldığında başlıca deponun karaciğer olduğu düşünülebilir. Ancak, kasın kütlesi fazla olduğundan bu dokunun glikojen içeriği, karaciğer glikojeninin dört katıdır [12].

Kas glikojeninin işlevi, bizzat kasın içinde yer alan ve glikoliz için hemen kullanılabilen heksoz birimleri kaynağı olarak davranmaktır. Karaciğer glikojeni, büyük ölçüde, özellikle yemekler arasında kan glukozunu sürdürmek için heksoz birimlerinin depolanma ve ihracıyla meşgul olur [16].

Glikojen hepatositlerde, ortalama molekül ağırlığı birkaç milyon olan yüksek ölçüde dallanmış daha küçük granül kümeleri olan büyük granüllerde bulunur (Şekil 1.19). Glikojen granülleri aynı zamanda glikojenin sentezi ve yıkımında sorumlu enzimleri de içerir. Glikojendeki her bir dal indirgen olmayan bir şekerle sonlandığından, glikojen molekülünün üzerindeki dalları kadar indirgen olmayan ucu vardır, bunun yanında sadece bir indirgen uca sahiptir (Şekil 1.20). Glikojen enerji kaynağı olarak kullanıldığında, glukoz birimi indirgen olmayan uçlardan her seferinde bir tane olmak üzere çıkarılır. Sadece indirgen olmayan uçta etkili olan parçalayıcı enzimler bir çok dalda eş zamanlı olarak çalışırlar ve böylece polimerin monosakkaritlere dönüşmesi hızlanır [18].



Şekil 1.19. Hepatosit stoplazmasındaki glikojen granüllerinin elektron mikrofilmi [20]



Şekil 1.20. Glikojen partiküllerinin dıştaki iki zincirinin yapısı (İndirgen olmayan uçtaki glikozlar kırmızı, dallanma noktasındaki yeşil renkte, glikojen molekülünün arta kalan kısmı R ile gösterilmiştir [20])

Glukozun vücutta oksidasyonla asetil CoA'ya ve glikolitik ara yolda gliserol 3-fosfata dönüşüp yağ şeklinde depolanması mümkün olmasına rağmen, glikojen şeklinde depolanmasının nedeni depo yağın hızlı ve anaerobik olarak yıkılamaması, glikojenin ise hızla glukozla dönüşmesi ve anaerobik koşullarda da enerji üretmesidir [12].

Glukozun depolanması için bir polimer bileşiğe dönüştürülmesinin değişik nedenleri vardır. Glukoz halinde depolandığı takdirde hücre içi konsantrasyonu daima yüksek olacağından kandan hücreye glukoz girişi aktif transportla sağlanabilecek, bu nedenle de ATP harcanacaktır. Ayrıca, glukozun molar konsantrasyonunun artması, hücrenin ozmotik basıncını değiştirecektir. Oysa hücrede yaklaşık 400 mM konsantrasyona eşdeğer glukoz, 0,01µM glikojen halinde depolanabilmektedir. Bunların yanında, glukozun birinci karbonundaki serbest aldehit grubunun olması, molekülün bazı hücre bileşenleriyle etkileşime girmesine yol açacaktır. Glikojen molekülünde ise aldehit grupları 1,4-glikozid bağına katılmış olduğundan indirgeyici özellik bulunmaz. Glukoz yerine bir polimer bileşiğin kullanılmasının başka yararları da vardır. Örneğin glukoz, membrandan geri çıkmaması için hücrede fosforillenmiş olarak tutulduğundan, glukozun polimerleşerek depo edilmesi fosfat havuzunun tükenmesini önler. Bu örnekler çoğaltılabilir [12].

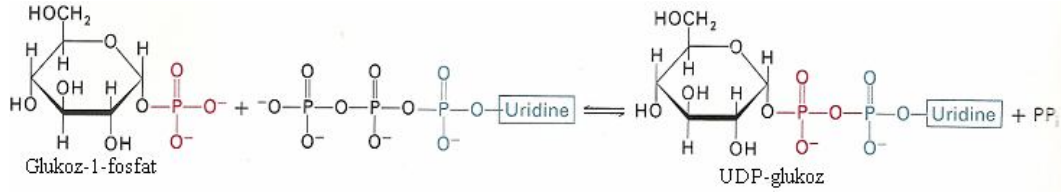
Glikojen sentezi glikojenez ve glukoneojenez olmak üzere iki basamakta meydana gelmektedir. Glikojen yıkımı ise glikojenoliz olarak adlandırılan basamakta gerçekleşmektedir.

1.2.1. Glikojenez

Glukozdan glikojen sentezi demektir. Glikojen sentezi organizmanın tüm hücrelerinde yapılmakla birlikte, bu işteki en faal iki organ kana glukoz sağlamakla yükümlü karaciğer ve kasılma için enerji depolayan kas dokusudur. Glikojenez bir sentez reaksiyonudur ve enerji gerektirir. Enerji UTP'den sağlanır. Enerji yüklü glukoz molekülleri enzimler aracılığı ile primer glikojen molekülüne $\alpha 1 \rightarrow 4$ ve $\alpha 1 \rightarrow 6$ bağları yaparak bağlanır ve sentez gerçekleşir [19].

Glikojen sentezinin ilk aşamasında glukoz-6-fosfat, fosfoglukomutaz ile tersinir olarak glukoz-1-fosfata dönüştürülür ($\text{Glukoz-6-fosfat} \leftrightarrow \text{Glukoz-1-fosfat}$) Bundan sonra glikojenezin temel reaksiyonu gelişir. Glukoz-1-fosfat, UDP-glukoz pirofosforilaz tarafından UTP katkısıyla UDP-glukoza çevrilir (Şekil 1.21). ($\text{Glukoz-1-fosfat} + \text{UTP} \rightarrow \text{UDP-glukoz} + \text{PPi}$). Bu reaksiyon sonunda açığa çıkan pirofosfat

molekölünün pirofosfatazla ekzergonik olarak ortofosfata çevrilmesi nedeniyle reaksiyon tersinir değildir [19].



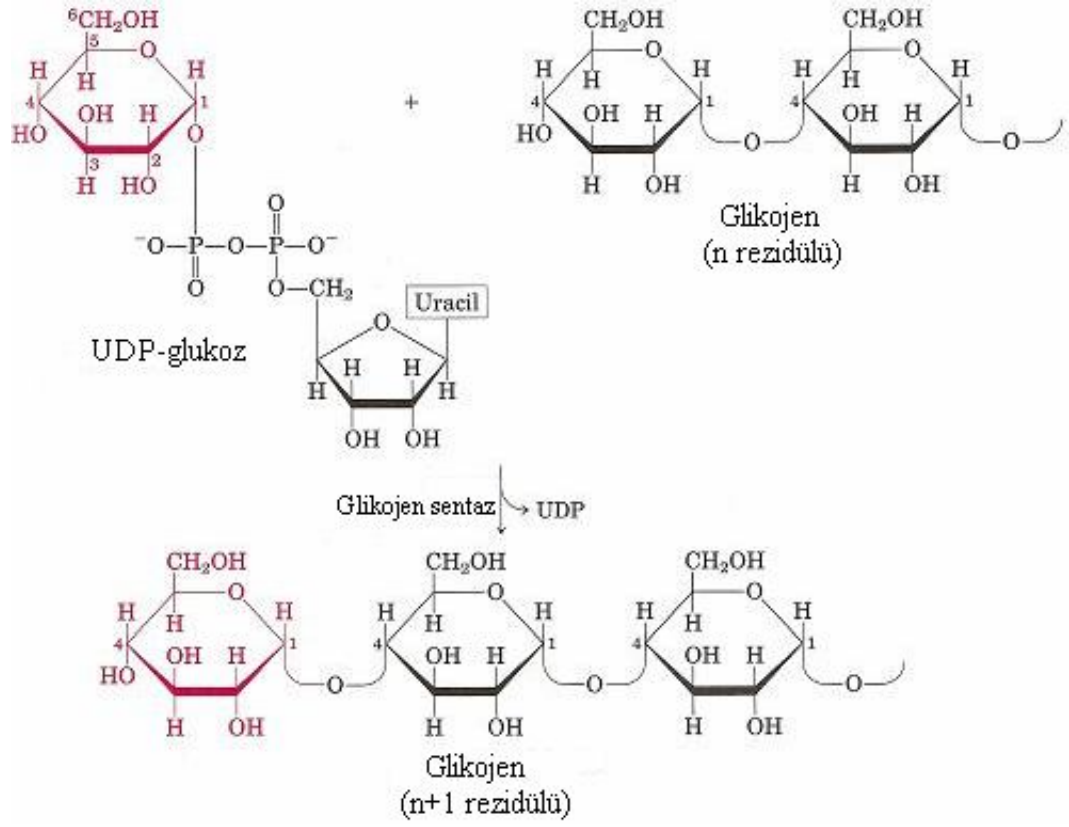
Şekil 1.21. UDP-glukozun oluşumu [20]

Enerji yüklü UDP-glukoz, artık sentez için hazırdır. Glikojen sentaz, UDP-glukoz içindeki glukoz molekülünü, mevcut enerjiden yararlanarak $\alpha 1 \rightarrow 4$ bağıyla primer glikojene bağlar. Glikojen primeri, glikojenin adı verilen bir protein yardımıyla oluşmuş en az 4 glukoz ünitesinden ibaret yapıdır. Bu işlem sonunda glikojen molekülü bir glukoz ünitesi kadar uzar (Şekil 1.22) [19].

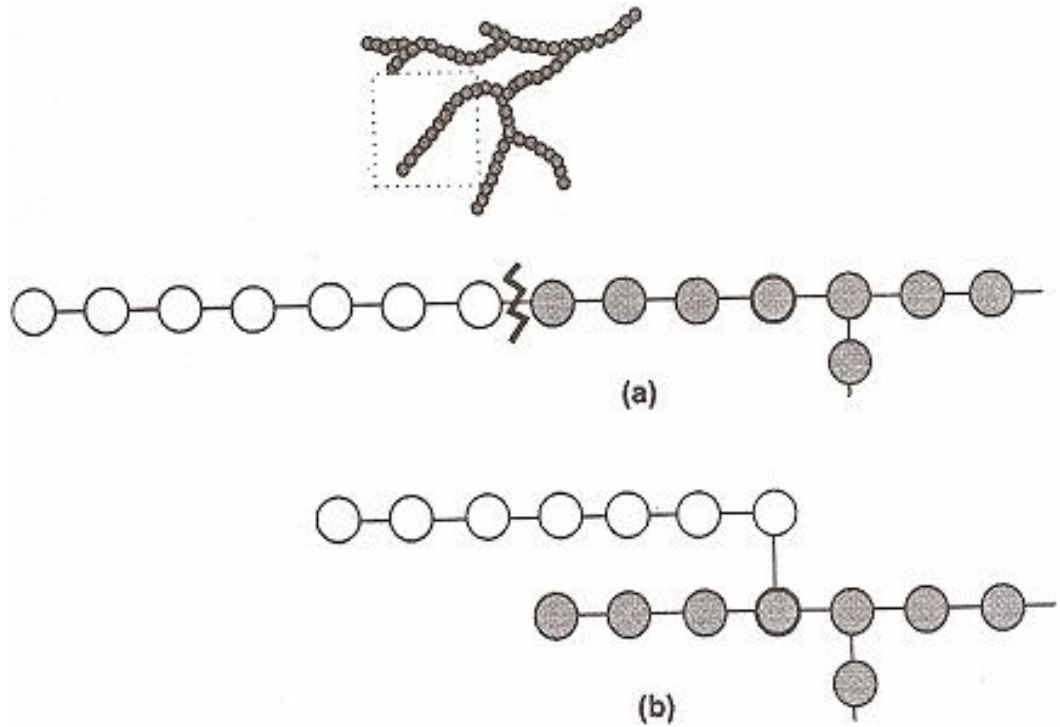


Dallanmalar, amilo 1-4:1-6 transglikozidaz (glikozil-4:6-transferaz) enzimiyle oluşturulur. Sadece transferaz aktivitesi gösteren enzim, en az onbir glikozun dizildiği bölgeden yedi glukozluk segmenti önce kendi üzerine (aspartat kalıntısına) daha sonra zincirdeki sondan dördüncü glikozun 6. karbonuna transfer eder. Oluşturulan yeni dal yedi glukoz, dallanma noktasından itibaren ana zincir en az dört glikoz uzunluğundadır (Şekil 1.23). Bu sayılar çok özgün olmayıp yeni dalın uzunluğu 6-9 glikoz arasında değişebilir. Her yeni dal, onbir glukozluk uzunluğa ulaştığında tekrar dallanabilir. Dallanmalarla ilerleyen glikojenezin nerede durması gerektiği bilinmemektedir. Ancak molekülün büyümesinin sınırlı olduğu saptanmıştır. Her glikojen partikülü, en fazla 60 bin glikoz taşıyacak kadar büyüyebilir. Kasta glikojen miktarı 15 mg/g'ı geçmez. Karaciğerde glikojen daha fazla büyümekle beraber, dokunun maksimum glikojen depolama kapasitesi olan ≈ 60 mg/g aşıldığı takdirde glukoz yağa dönüştürülür [12].

Glikojende her dal indirgen olmayan bir hidroksil grubu ile sonlanır. Bu durum glikojene suda daha iyi çözünme özelliği kazandırır ve sonuç olarak gerek glikojen sentaz ve gerekse fosforilaz glikojen üzerinde daha etkin hale gelir [19].



Şekil 1.22. Glikojen molekülünün glikojen sentaz tarafından elongasyonu [17]



Şekil 1.23. Glikojen dallanması [12]. a) Uçtan yedi glukozluk segmentin kopması, b) Kopan segmentin dört glukoz geriden bağlanması

1.2.2. Glikojenoliz

Glikojenolizde hız kısıtlayıcı basamak, fosforilaz tarafından kataliz edilen basamaktır. Bu enzim, glikojenin 1→4 bağlarının glukoz 1-fosfat vermek üzere fosforolitik yıkımı için özgüdür. Glikojen molekülünün en dış zincirlerindeki uç glukozil birimleri, bir 1→6 dalının her iki yanında yaklaşık 4 glukoz birimi kalıncaya kadar ardışık olarak uzaklaştırılır (Şekil 1.24). Bir diğer enzim olan α -[1-4]→ α -[1-4] glukoz transferaz, 1→6 dallanma noktasını çıplak bırakmak üzere, bir dala ait bir trisakkarit birimini bir diğer dala aktarır. 1→6 bağlarının hidrolitik koparılması özgül bir dal koparıcı enzim amilo [1→6] glukozidaz etkisini gerektirir. Dalın koparılması ile fosforilazın daha fazla etki yapması sağlanır. Fosforilaz ve bu diğer enzimlerin ortaklaşa etkisi glikojenin tamamen yıkılmasına yol açar. Fosfoglukomutaz tarafından kataliz edilen tepkime geri dönüşümlü olduğundan, glukoz 1-fosfattan, glukoz 6-fosfat oluşabilir. Kas hariç, karaciğerde (ve böbrekte), glukozun hücreden kana geçmesine olanak sağlayan, glukoz 6-fosfattan fosfat ayırıcı özgül bir enzim olan glukoz 6-fosfataz bulunur. Bu olay, hepatik glikojenolizin son basamağı olup kendisini kan glukozunda bir artışla gösterir [16].



Şekil 1.24. Glikojenolizin basamakları [15]

1.2.3. Glikojenez ve glikojenolizin düzenlenmesi

Glikojenez ve glikojenoliz birbirinden farklı iki metabolik yoldur ve hiçbir zaman beraberce cereyan etmezler. Bu olay, iki önemli enzimin glikojenezde glikojen sentaz, glikojenolizde fosforilaz aktivitelerinin beraberce ancak birbirinin tersi olacak bir biçimde kontrolü ile gerçekleşir. Bu kontrol kovalan modifikasyon ve allosterik olarak sağlanır. Fosforilaz kovalan bir bağla yapısındaki serin amino asidine bir fosfat grubu bağlandığı zaman aktive olur (fosforilaz a). Defosforilasyonla aktivasyon kaybolur (fosforilaz b) . Öte yandan aynı şekilde fosforile edilen glikojen sentaz inaktiftir (glikojen sentaz b) , ancak yüksek glukoz-6-fosfat konsantrasyonunda aktiftir ve bu nedenle D (dependent) form glikojensentaz olarak da isimlendirilmiştir. Defosforile glikojen sentaz ise aktiftir (glikojensentaz a), glukoz-6-fosfata bağımlı değildir ve glukoz-6-fosfatın varlığında veya yokluğunda aktiftir, bu nedenle I (independent) glikojen sentaz ismini alır [19].

Enzim proteininin fosforilasyonu protein kinaz'la, defosforilasyonu ise protein fosfataz-1'le sağlanır. cAMP, cAMP bağımlı protein kinazı (protein kinaz A) aktive eder. cAMP bağımlı protein kinaz molekülü birbirine yapışık dimerik R (regülatuar) ve dimerik C alt birimlerinden oluşmuştur. cAMP aktivasyon etkisini R ve C ünitelerini birbirinden uzaklaştırarak gerçekleştirir [19].

Glukagon ve epinefrin hücre içi cAMP konsantrasyonunu artırır, insülin azaltır ve böylece, glukagon ve epinefrinin glikojenezi yavaşlatırken glikojenolizi hızlandırdığı, insülinin ise tam tersine glikojenezi hızlandırırken glikojenolizi yavaşlattığı anlaşılmış olur. Glikojenez ve glikojenolizde gelişen olaylar ve bunların kontrolü aşağıda topluca özetlenmiştir.

Fosforilaz ve glikojen sentaz'da görülen aktivasyon değişiklikleri cAMP ile başlatılan bir seri reaksiyonla gerçekleşir. cAMP, enzimleri fosforile ederek aktivasyon değişikliğine yol açan protein kinaz A'yı aktive eder. Aktif protein kinaz A, ATP harcıyarak fosforilaz kinaz b'yi aktifleştirir ve böylece fosforilaz kinaz a oluşur. Fosforilaz kinaz A da inaktif fosforilaz b'yi aktif fosforilaz a'ya çevirir. Bu aşamalarda fosfat grubu bağlayarak aktifleşen enzimler, bu grubun protein fosfataz-1'le uzaklaştırılması sonucu aktivasyonlarını kaybeder ve inaktif konuma geçerler. cAMP'nin protein fosfataz-1 üzerine olumsuz etkisi vardır. cAMP protein yapısındaki inhibitör-1 denen maddeyi protein kinazlar aracılığıyla ve fosfat grubu bağlamak suretiyle aktive eder. Aktifleşen inhibitör-1 de protein fosfataz-1'i inhibe eder. Sonuç

olarak cAMP etkisiyle fosforilaz aktif konumda kalır. Fosforile edilen glikojen sentaz inaktiftir. Glikojen sentaz fosforilasyonu da cAMP tarafından sağlanan protein kinaz aktivasyonu ile gerçekleşir. Özetle cAMP glikojen sentazı inaktif konumda tutar. cAMP, fosfodiesteraz ile parçalanır. İnsülin fosfodiesterazı aktive eden bir hormondur. O halde insülin etkisi ile cAMP aktivitesinde azalma olurken glikojen sentezi artar, glikojen yıkımı ise azalır [19].

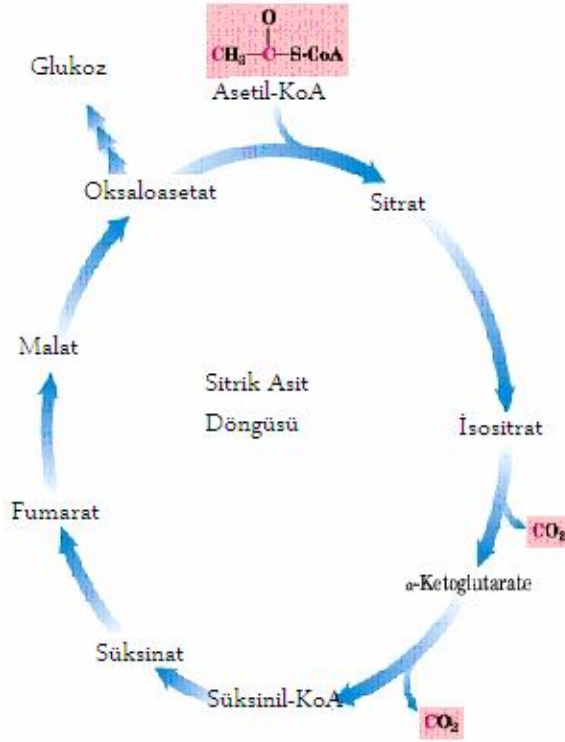
cAMP, hücre içinde hormonal mesaj iletilmesinden sorumlu bir nükleotittir. Glukagon karaciğer hücresinde, epinefrin ise etkin olarak kas hücresinde cAMP konsantrasyonunu artırarak glikojenezi yavaşlatır, buna karşılık glikojenolizi hızlandırır [18]. Epinefrin hormonunun karaciğerde cAMP üzerinden yaptığı etkiye ek olarak bir başka etki biçimi vardır. Epinefrin karaciğerde özel bir reseptöre bağlanır ve bu reseptörün uyarılması ile karaciğer hücresinde Ca^{++} düzeyi artar. Bu durumda fosforilaz b kinaz fosforilasyon olmaksızın Ca^{++} tarafından allosterik olarak aktive edilir ve glikojen yıkımı gerçekleşir [19].

1.2.4. Glukoneojenez

Heksoz olmayan öncüllerden glukozun oluşumu glukoneojenez olarak adlandırılır. Glukoneojenez tüm hayvanlarda, bitkilerde, mantarlarda ve mikroorganizmalarda görülür. Bütün bu organizmalardaki tepkimeler esasta aynıdır. Hayvanlardaki en önemli öncüller laktat, pirüvat, gliserin ve belli aminoasitlerdir. Proteinlerden açığa çıkan amino asitlerin bazı veya tüm atomları sonuçta pirüvata veya sitrik asit döğüsünün bazı ara ürünlerine dönüşür (Şekil 1.25). Bu amino asitler glukoz dönüşebilir ve bunlara glikojenik amino asitler denir. Memelilerde, yağ asitlerinin glukoz net dönüşü mümkün değildir. Çift karbon sayılı yağ asitleri oksidatif bölünme sonucunda sadece asetil Co-A'yı oluşturur ve memeliler asetil Co-A'yı glukoz öncülü olarak kullanamazlar. Sitrik asit döğüsüne giren her iki asetil-CoA karbonu için iki karbon, karbondioksit olarak kaybedilir. Yağ asitlerindeki karbon atomları glukoz sentezinde kullanılsalar bile, yağ asitlerin oksidasyonu ile oluşan enerji glukoz sentezinde kullanılır [18].

Her ne kadar glukoneojenez tepkimeleri bütün organizmalarda aynı ise de metabolik amaç ve yolun düzenlenmesi açısından türler arasında ve dokular arasında farklılıklar vardır. Glukoneojenez yüksek hayvanlarda büyük miktarda karaciğerde ve

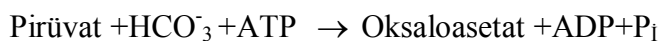
çok az oranda adrenal kortekste görülür. Oluşan glukoz kan dolaşımına katılarak dokulara taşınır [18].



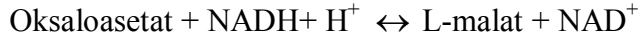
Şekil 1.25. Glukoneojenezde yer alan sitrik asit döngüsü ara ürünleri [17]

Glukozun glikolizle pirüvata çevrilmesi karbonhidrat yıkımının merkezi bir yolu olması gibi, pirüvatin glukoz dönüşümü de glukoneojenezde merkezi bir yoldur. Hayvanlarda her iki yolun da sitozolde yer alması, bu yolların karşıt ve koordineli düzenlenmesini gerektirir. Bu iki yol, çeşitli basamakları ortak olmakla beraber, aynı değildir. Glukoneojenezin on enzimatik tepkimesinden yedisi glikolizdeki tepkimelerin tersidir. Glikolizin üç tepkimesi esas olarak *in vivo* geri dönüşümsüzdür ve glukoneojenezde kullanılmaz. Bunlar, glukozun heksokinazla glukoz 6-fosfata çevrilmesi, fruktoz 6-fosfatın fosfofruktokinaz 1'le fruktoz 1,6-bifosfata fosforillenmesi, fosfoenol pirüvatin pirüvat kinazla pirüvata çevrilmesidir [18].

Glukoneojenezdeki baypas tepkimelerinin ilki, pirüvatin fosfoenol pirüvata çevrilmesidir. Pirüvat öncelikle sitozolden mitokondriye taşınır veya mitokondride alaninin transaminasyonundan oluşturulur. Sonra pirüvat biotin içeren bir mitokondri enzimi olan pirüvat karboksilazla oksaloasetata dönüştürülür [18].



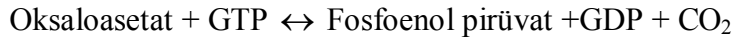
Pirüvat karboksilaz glukoneojenez yolundaki ilk düzenleyici enzimdir; pozitif efektör olarak asetil-CoA'ya gereksinir. Pirüvattan oluşturulan oksaloasetat NADH kullanan, mitokondri malat dehidrogenazıyla malata indirgenir [18].



Malat mitokondri iç zarındaki malat- α -ketoglutarat taşıyıcısıyla mitokondriyi terk eder ve sitozolde tekrar oksaloasetata yükseltgenirken NADH oluşturulur [18].



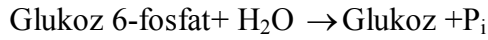
Oksaloasetatdan sonra, fosfoenol pirüvat kinazla fosfoenol pirüvata (PEP)'e çevrilir (Şekil 1.26). Bu Mg^{+2} 'a bağımlı tepkime fosfat vericisi olarak da GTP'ye gereksinir [18].



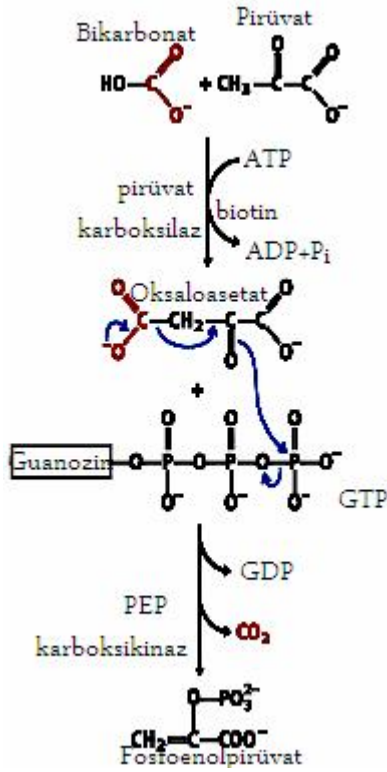
Yukarıdaki baypas tepkimeleri toplu olarak şöyle yazılabilir.



Glukoneojenezdeki baypas tepkimelerinin ikincisi, Fruktöz 1,6-bifosfatın fruktoz 1,6-bifosfataz enzimiyle fruktoz 6-fosfata dönüşümüdür. Bu enzim Mg^{+2} 'ye bağımlıdır, esas olarak C-1 fosfatın geri dönüşümsüz hidrolizini katalizler (ADP'ye fosforil grubu transferi değildir) [18].



Mg^{+2} 'la aktive edilen enzim hepatositlerin ve böbrek hücrelerinin endoplazmik retikulumunun lümenine bakan yüzünde yerleşmiştir. Bu enzim glukoneojenezin beyin ve kas hücrelerinde bulunmaz. Bunun yerine karaciğer veya böbrekte glukoneojenezde üretilen veya besinlerle alınan glukoz kan dolaşımıyla beyin ve kasa götürülür [18].



Şekil 1.26. Pirüvattan fosfoenol pirüvat sentezi [17]

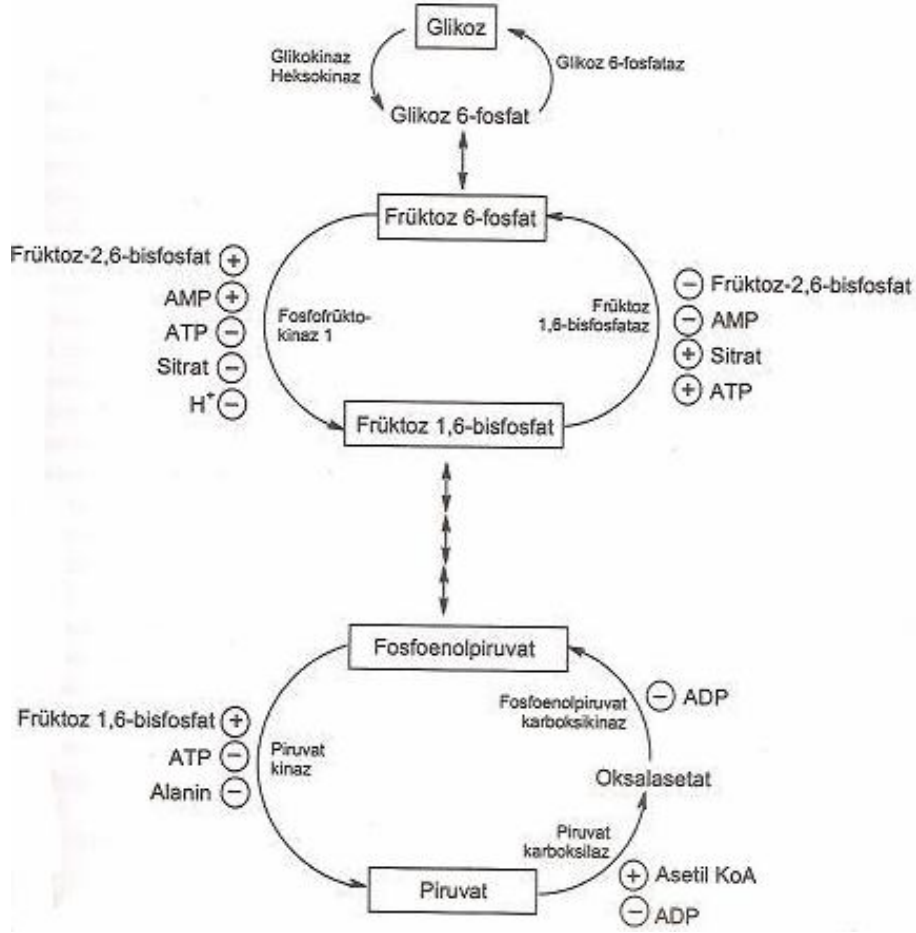
1.2.5. Glukoneojenezin düzenlenmesi

Glikoneojenezin hızı substratların varlığı, allosterik düzenleyiciler ve hormonlar tarafından düzenlenir. Glikoneojenez, ön maddeleri olan laktat, gliserol ve amino asit düzeyleri arttığı zaman uyarılır. Yağlı besinler ya da uzun süreli açlık gliserol düzeylerini arttırarak glikoneojenezde artışa yol açar [12].

Glikoneojenezde görevli dört enzim allosterik düzenleyiciler tarafından kontrol edilir. Bu enzimler piruvat karboksilaz, foenolpiruvat karboksikinaz, früktoz 1,6-bifosfataz ve glikoz 6-fosfatazdır. Früktoz 1,6-bifosfataz ATP tarafından uyarılır, buna karşılık AMP ve früktoz 2,6-bisfosfat tarafından inhibe edilir. Piruvat karboksilazın allosterik aktivatörü ise asetil CoA'dır (Şekil 1.27) [12].

Hormonlar, diğer metabolik yollarda olduğu gibi, allosterik düzenleyicilerin düzeylerini etkileyerek veya anahtar enzimlerin sentez hızını düzenleyerek glikoneojenezi etkiler. Glukagon cAMP'ye bağlı protein kinaz A etkisiyle früktoz 2,6-bifosfatazın aktif şeklinin oluşumuna ve böylece früktoz 2,6-bisfosfat düzeylerinde azalmaya yol açar. Früktoz 2,6-bisfosfat düzeylerindeki bu azalma fosfofrüktokinaz 1

enziminin aktivitesini azaltır, buna karşılık früktoz 1,6-bisfosfataz enziminin aktivitesini artırır. Glukagon cAMP'ye bağımlı protein kinaz A aracılığı ile, karaciğer hücrelerinde piruvat kinazın inaktif şeklinin oluşumuna böylece fosfoenolpiruvat düzeylerinde artışa yol açar [12].



Şekil 1.27. Glikoneojenezin düzenlemesi [12]

Hormonlar, aynı zamanda enzimlerin sentezlerini etkilerler. Kortizol glikoneojenezde görevli enzimlerin sentezini artırır. Glukagon da fosfoenolpiruvat karboksikinas, früktoz 1,6-bisfosfataz ve glikoz 6-fosfataz gibi glikoneojenez enzimlerinin sentezini artırır. Buna karşılık, insülin glikokinaz, fosfofrüktokinaz 1 ve fosfofrüktokinaz 2 gibi glikolizde görevli enzimlerin sentezini uyarır. Hormonlar bu işlevlerini karaciğer hücrelerinde bazı hedef proteinlerin fosforillenme durumunu ve/veya gen ekspresyonunu etkileyerek yaparlar. Bu çerçevede insülin/glukagon oranı çok önemlidir. Karbonhidratlı bir öğünden sonra insülin/glukagon oranı yükselir ve

karaciğerde glikoliz uyarılır, glikoneojenez ise baskılanır. Buna karşılık açlıkta veya yağdan zengin, karbonhidrattan fakir bir beslenmede insülin/glukagon oranı azalır. Bu koşulda karaciğerde glikoneojenez uyarılır, glikoliz ise baskılanır. ATP düzeyleri glikoneojenezin resiprokal düzenlenmesinde ikinci önemli faktördür. Fosfofrüktokinaz 1, früktoz 1,6-bifosfataz gibi piruvat kinaz basamağındaki kontrol da çok önemlidir. Çünkü fosfoenolpiruvat düzeyleri glikoliz ve glikoneojenezi kontrol etmede anahtar rol oynar [12].

1.3. Balık Lipitlerinin Özellikleri

Lipitler, balık vücudunun en önemli biyokimyasal bileşikleridir [21]. Balık yağlarının yapısına giren başlıca bileşenler, yağ asitleri, trigliseritler, fosfolipitler, waks esterleri, hidrokarbonlar, gliseril eterleri, eter lipitleri, plazmalojenler ve vitaminlerdir [22].

Memeliler lipitleri adipoz dokuda depo ederler, balıklar ise iskelet kası ve karaciğer dokusunda depo ederler [22]. Balıklarda yağ oranı % 1'i geçtiğinde bir enerji deposu olarak görev yapar. Depolanan lipitlerin bir kısmı açlık, soğuk, hareket, üreme, büyüme ve uyku hali gibi değişik ihtiyaçlara göre gereken yerlere nakledilir [5].

Balıklar yağ içeriğine göre 3 ayrı gruba ayrılmaktadır. Yağ oranı % 5'in altında olanlar yağsız balıklar, yağ oranı % 5-10 arasında olanlar yağlı balıklar, yağ oranı % 10'un üzerinde olan balıklara ise çok yağlı balıklar denilmektedir. Beyaz etli; kalkan, mezgit, sudak, dil balığı az yağlı balıklardandır. Alabalık, sazan, deniz alası, uskumru, orkinos, palamut, hamsi gibi kırmızı etli balıklar da yağlı balıklardandır. Yılan balığı, sardalya gibi balıklar ise çok yağlı balıkları oluşturmaktadır [23]. Yağlı balıklar lipitleri kas dokuda depo ederken yağsız balıklar lipitlerin çoğunluğunu karaciğer veya karın bölgesinde depo ederler, kas dokusu yağsızdır [24]. Yağlı balıklarda yağ vücuda her zaman homojen dağılmamaktadır. Örneğin; Pasifik somon balığında baş çevresinin yağ içeriği, kuyruk kaslarının hemen hemen iki katıdır [25]. Kas dokusu içindeki yağın bulunma şekli, balığın dokusal özellikleri ile birebir olarak ilişkilidir. Kas içindeki yağ miktarının, etin gevrekliği ve yumuşaklığına olumlu etki yaptığı bildirilmektedir [26-27].

Birçok balık türünde yağ depolarını, diğer omurgalılarıdaki gibi trigliseritler oluşturur. Lipitlerin bir kısmı hücrenin temel yapısal parçası olarak görev yaparlar. Depo lipitleri olmayan bu kısım balık dokusunun % 1'inden daha az kısmını oluşturan

fosfolipitlerdir. Fosfolipitler, genellikle enerji rezervi olarak kullanılmaz. Bununla beraber kas dokusunda yağ depo etmeyen morina gibi yağsız balıkların uzun açlık periyotları esnasında fosfolipitlerin bir kısmını kullandıkları bildirilmiştir [24]. Balık yağlarında bulunan fosfolipitlerin başlıcaları, sefalin ve lesitindir. Palmitik ve oleik asit, sefalin ve lesitinde bulunan başlıca yağ asitleridir. Fosfolipitlerdeki yağ asitlerinin başlıcaları 20:5 ve 22:6 çoklu doymamış yağ asitleridir [22].

Eterik yağlar, balıkların karaciğer yağlarında yüksek oranda bulunur ve kıkırdaklı balıklarının vücut kaslarındaki yağların ana bileşenlerini oluştururlar. Plazmalojenler, balık yağlarında yalnızca küçük miktarlarda bulunurlar [22].

Balık yağlarında bulunan yağ asitleri büyük ölçüde doymamış yağ asitlerinden oluşmaktadır. Doymamış yağ asitlerinin oranı % 70-80 iken doymuş yağ asitlerinin oranı % 20-30 civarında bulunmaktadır [28-29].

Balık yağları içinde en fazla miktara sahip olan yağ asitleri ise palmitik asit, oleik asit ve dokosaheksaenoik asittir [30].

Doymuş yağ asitleri C_5 'ludan C_{24} 'luya kadar olabilir. C_5 'lu (izovalarik asit), yunus balığı cinsinden bir kaç balık türünün yağında bulunduğu tespit edilmiştir. Bazı balıklarda çok az miktarda C_8 ve C_{10} 'lu yağ asitleri bulunabilir. En fazla bulunan yağ asitleri, C_{12} ve daha fazla sayıda C atomuna sahip olanlardır. Başlıca doymuş yağ asitleri palmitik asit (16:0), miristik (14:0) ve stearik asittir (18:0) [22, 31-32].

Balık yağlarında bulunan bir çift bağlı (monoenoik) yağ asitlerinin başlıcaları palmitoleik asit (16:1 n - 7), oleik asit (18:1 n - 9) ve oleik asidin izomeri olan cis-vaccenik (18:1 n - 7) asittir [22]. Bazı balık yağlarında C_{10} ve C_{12} 'lu küçük miktarda bir çift bağlı yağ asitleri de bulunmuştur [32].

Balık yağlarındaki aşırı doymamış yağ asitlerinin zincir uzunlukları genelde 18 karbonun üzerindedir. Bitkisel ve hayvansal yağlarda zincir uzunluğu 18 karbonu geçen yağ asitleri miktarı % 1-5 arasında iken balık yağında % 25-33 arasındadır ve bu oran % 50'ye kadar çıkabilir. Balık yağları 4, 5 ve 6 çift bağ içeren aşırı doymamış yağ asitlerini çoklukla içerir. Özellikle ω -3 serisinden olan eikosapentaenoik asit (20:5 ω -3) ve dokosaheksaenoik asitler (22:6 ω -3) balık yağına özgüdür. Balık yağları ω -6 yağ asitlerinden daha çok ω -3 yapısındaki yağ asitlerini içerir. Bu özelliği ile balık yağı hayvansal ve bitkisel kaynaklı katı ve sıvı yağlardan farklı besleme ve klinik özelliklere sahiptir [33].

Çoklu doymamış yağ asitlerinden dokosaheksaenoik, eikosapentaenoik ve araşidonik asit balıklardaki biyokimyasal, hücresel ve fizyolojik fonksiyonlarda rol

oynamaktadır. Örneğin, bu yağ asitlerinin hücre membranlarının fonksiyonel bütünlüğünün ve akışkanlığının korunmasında rol aldıkları belirtilmektedir [34-35].

Besin zincirinin ilk halkasını oluşturan tek hücreli fitoplanktonlar ve deniz yosunlarından orjinlenen 20:5 ve 22:6 ω -3 yağ asitleri karada yaşayan bitkiler tarafından sentezlenememektedir. Bu bitkiler tohumlarında daha çok ω -6 yağ asitlerini sentezleme eğilimindedirler. Bu bitkilerden yalnız 3 türün (*Linium usitatissimum*, *Brassica spp.*, *Glycina max*) linolenik asit (18:3 ω -3)'i önemli miktarda sentezledikleri belirtilmiştir [4].

Memelilerin sentez edemediği esansiyel yağ asitlerinden linoleik asit (18:2 ω 6) özellikle bitkisel yağlarda, linolenik asit (18:3 ω 3) ise balık yağında bol miktarda bulunur. Linoleik asit bitki tohumlarından elde edilen yağlarda en fazla bulunan poliansature yağ asididir. Linoleik asitten karbon zincirinin uzaması (elongasyon) ve çift bağ sayısının artması (desaturasyon) sonucu araşidonik asit meydana gelir [36]. Linoleik asit balık yağında en çok bulunan dienoik asit olup miktarı yalnızca % 1'dir [37]. Balık yağlarındaki yağ asitlerinin % 90'dan fazlası ω 3 yapısındadır. Bunlardan en önemlileri olan EPA (20:5) ve DHA (22:6) balık yağlarındaki PUFA'ların % 80'ini oluştururlar. EPA ve DHA α -linolenik asidin vücutta metabolize edilmesiyle oluşurlar. α -linolenik asitler, pek çok sebze ve yağlı tohumlardan kolaylıkla alınabilirken, EPA ve DHA'nın ise ancak balık yağlarından direkt olarak alınımı mümkündür. Balık yağları % 5-30 civarında EPA + DHA içerirler [38].

Balıklar için, esansiyel yağ asitleri ve miktarı balık türüne göre değişmektedir. Bazı yağ asitlerinin sentezi ise çok yavaş olmaktadır. Balıkların, bu yağ asitlerini dışarıdan besinlerle alması gerekir. Aksi takdirde büyüme ve gelişme yavaşlamakta, hatta durmaktadır. Hızlı büyüme ve gelişme için; gökkuşağı alabalıkları için ω -6'dan çok ω -3, kalkan balıkları için ω -3, sazan ve yılan balıkları için hem ω -3 hem de ω -6, tilapia için ise sadece ω -6 yağ asitlerinin esansiyel olduğu tesbit edilmiştir [39].

Farklı balık türlerinin yağ ve yağ asitleri yapı olarak farklılık gösterdiği gibi, aynı tür balığın değişik coğrafik alanlarda yaşayan bireylerinde de değişiklikler gösterir. Aynı zamanda, bir balık türünün vücut kaslarının yağları ile diğer organlarının yağları arasında kimyasal yapı bakımından farklılıklar bulunmuştur [31, 40]. Balıklarda göğüs bölgesinden kuyruk bölgesine doğru gidildikçe kastaki lipid miktarı artmaktadır. Kuyruk bölgesinde depolamanın daha fazla olması, bu bölgede enerjiye daha fazla gereksinme olmasındandır [41].

Balıklarda lipit ve yağ asidi bileşimi, türlere, eşeye, mevsim ve aylara, beslenme ortamına, suyun sıcaklığına ve kirliliğine, türün kültür ya da yabani form olup olmamasına göre değişmektedir [42-52]. Yağ içeriğindeki mevsimsel değişimler, özellikle karaciğerde dikkate değerdir [53].

Balığın büyümesi, gelişmesi ve yağ asidi bileşimi üzerine besinin etkisi; kültür balıkçılığı alanında en çok araştırılan konular arasındadır. Besinin, balıktaki toplam doymuş yağ asitleri oranına organizmanın regüle edebilme yeteneği nedeniyle bir etkisinin olmamasına karşın, besindeki doymamış yağ asitleri oranının balık dokusundaki doymamış yağ asitlerine yansıdığı tespit edilmiştir [39, 54-56]. Örneğin fitoplanktonların, zooplanktonlara nazaran daha kısa zincirli yağ asitlerini içerdiği, zooplanktonlarla beslenen balık larvalarında uzun zincirli doymamış yağ asitlerinin baskın olduğu dolayısıyla kullanılan besinlerin yağ asidi profillerinin balığın vücut yağ asidi bileşimini yansıtmaktadır [57-59]. Ayrıca, kültürü yapılan tatlı su balıklarının ağırlıklı olarak bitkisel yağlarla desteklenmiş yemlerle beslenmeleri nedeniyle, dokularında ω -6 yağ asitleri miktarının daha da arttığı bildirilmektedir [60-62].

Balıklar poikloterm hayvanlar olduğundan, tüm metabolik faaliyetlerde çevre sıcaklığının etkisi büyüktür. Düşük sıcaklıkta yaşayan poikiloterm hayvanların sinir ve diğer dokularının hücre zarı fosfolipidleri yüksek sıcaklıkta yaşayan hayvanlara göre daha fazla doymamış yağ asidi içerir. Bu özellik, düşük sıcaklıkta balıkların hücre zarı geçirgenliğini ve viskozitesini koruması için gereklidir [63-65]. Özellikle soğuk ve derin deniz balıklarında bu yağ asitlerinin fazlaca bulunması, ω -3 yağ asitlerinin ω -6 yağ asitlerine göre erime sıcaklığının daha düşük olması ve balıkların membran yapısına daha fazla katılmasından kaynaklanmaktadır. Ilıman ve sıcak bölgelerde yaşayan tatlı su balıklarında ise erime sıcaklığı daha yüksek olan ω -6 yağ asitleri daha fazladır [66].

Üreme evresinden önce gonatların gelişimi için protein, karbohidrat ve lipide olan gereksinim oldukça fazladır. Karaciğer, gonat gelişimi ve gamet oluşturulması esnasında kullanılacak lipidin büyük bir kısmını depo eder. Bununla beraber, üreme için gerekli olan enerji daha çok kas dokusundaki lipitlerden sağlanır [67-70]. Eşey hücrelerinin oluşmasında aşırı doymamış yağ asitlerine (PUFA) büyük gereksinim vardır. Bu yağ asitlerinin eksikliği kısırlığa sebep olur. Eşeyssel olgunlaşma ile lipit metabolizmasındaki değişimlerin aynı periyoda rastladığı ve depo yağlarının yumurta ve sperm oluşumu için kullanıldığı belirtilmiştir [5, 7, 71]. Gonatların olgunlaşması sırasında yağ, karaciğer ve kaslardan gonatlara taşınır. Yumurtlama sırasında yağ

miktarında hızlı bir düşüş görülür. Yumurtlamadan sonra ise; balık hızla beslenmekte, karaciğer ve kas dokularında yağ miktarı artmakta, gonatlarda ise düşmektedir [25, 72].

Balık yağlarının besleyicilik yönünden diğer önemli özelliği A ve D vitaminleri bakımından zengin olmalarıdır. Tabii antioksidantlar olarak bilinen E vitamini de balık yağlarında önemli düzeyde bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi, alfa tokoferollerdir [22].

1.4. Balık Lipitlerinin Sağlık Üzerine Etkisi

Yapılan araştırmalar, insanların karşılaştıkları bir çok hastalığa besin maddelerinin ve beslenme alışkanlıklarının neden olduğunu ortaya koymaktadır. Bundan dolayı insanlar beslenmelerine dikkat etmek zorundadırlar. Yüksek kolesterolden ileri gelen hastalıkların, önemli oranda kırmızı etten kaynaklandığı artık bütün insanlar tarafından bilinmektedir. Bunun için daha sağlıklı olan doymamış yağ asitleri yönünden zengin gıdaların tüketilmesi tavsiye edilmektedir [73].

Tüketilen gıdalardaki yağların, doymamış yağlarca zengin olması çok önemlidir. Çünkü ω -3 serisi yağ asitlerinin vücutta, biyokimyasal ve fizyolojik aktivitelerde önemli görevler üstlendiği artık kesin olarak bilinmektedir. Yağ asitleri, insan vücudunda göz, beyin, testis ve plasentada toplanır. Gözlerin uygun şekilde çalışmasına ve beyinin fonksiyonlarını eksiksiz olarak yerine getirmesine yardımcı olur. Kandaki yağ konsantrasyonunu düzenler [74].

Diyet uzmanları doymuş yağlardan elde edilen kalorinin % 10'dan az olmasını, yağlardan elde edilen günlük kalorinin ise % 30'dan fazla olmamasını önermişlerdir. Endüstriyel şehirlerde yaşayan birçok insan, bu miktarlardan daha fazla yağ tüketmekte ve bu da kalp hastalıklarına, bazı kanserlere ve diyabet hastalıklarına yakalanma riskini artırmaktadır. Yine de pek çok insan çoklu doymamış yağ asitlerini tüketmemektedir. Özellikle; İngiliz Beslenme Vakfı diyetlerdeki kalorinin % 6'sının omega-6 yağ asitlerinden, % 1,5'unun ise omega-3 yağ asitlerinden sağlanması gerektiğini belirtmişlerdir [75-77]. Buna göre, alınması tavsiye edilen günlük ortalama miktarlar aşağıda verilmiştir [77].

1. Linoleik asit: Erkekler 17.0 g, Bayanlar 13.0 g
2. Alfa-linoleik asit: Erkekler 3.0 g, Bayanlar 2.0 g
3. EPA ve DHA: Erkekler 1.4 g, Bayanlar 1.1g

İlk insanların diyetindeki n-6 / n-3 oranı 1:1 iken günümüzde bu değer yaklaşık olarak 10:1 düzeyindedir [78]. Bu durum, gıdalarla n-3 yağ asidi alımının azalması ve bitkisel yağ kullanımının yaygınlaşması nedeniyle ortaya çıkmıştır [79]. Normal bir batılı diyetinin n-3'leri yeterince fazla içermediği, bunları sağlayan en iyi kaynağın balık olduğu bilinmektedir [80].

Yapılan çalışmalar, n-6 çoklu doymamış yağ asitlerinin aşırı miktarda tüketiminin insanlarda, çeşitli fizyolojik anormallikler meydana getirebileceğini göstermiştir [4]. Bu fizyolojik anormallikler psoriasis, trombosit, astım ve arthrit, tümör gelişiminin artırması, metastasiz ve kanseri içine almaktadır.

Yağsız diyetle beslenen fareler üzerinde yapılan araştırmada; büyümenin gecikmesi, böbrek fonksiyon bozuklukları, cilt sorunları, üreme fonksiyon bozuklukları gibi rahatsızlıklar bulunmuştur. Ancak söz konusu araştırma, sorunun yağ asidi eksikliğinden değil, linoleik asit (omega-6) adlı yağ asidi eksikliğinden kaynaklandığını göstermiştir. Vücudun üretemediği ve mutlaka besinler yoluyla alınması gereken bu yağ asidi çeşidi o yıllarda esansiyel yağ asidi olarak adlandırılmıştır. Araştırmalar devam ettikçe, linolenik asidin (omega-3) de vücut için esansiyel olduğu saptanmıştır ve bugün yapılan birçok araştırma, omega-3 ve omega-6 yağ asitlerinin dengeli alınmasının sayısız faydaları olduğunu göstermektedir [81].

Çoklu doymamış yağ asitlerinden linoleik ve alfa-linolenik asit esansiyel yağ asitleri olduğundan vücuda dışardan gıdalarla alınmaları gerekir. Vücut, linoleik asidi (LA) kullanarak gamma-linoleik asit, dihomogamma-linoleik asit ve araşidonik asit gibi birçok omega-6 yağ asitlerini sentezleme fonksiyonuna sahiptir. Alfa-linolenik asit (ALA), eikosapentaenik asit (EPA) ve dokosaheksaenik asit (DHA)'ın sentezlenmesinde görev alır [82-84].

Araşidonik asit ve EPA'den farklı biyolojik özellikleri olan prostoglandinler, tromboksanlar ve lökotrienler sentezlenmektedir [85]. Omega-3 yağ asidinden türeyen üçüncü seri tromboksan daha az vazokonstriktif, prostoglandin ise daha güçlü vazorelaksandır. Omega-3 yağ asidi sonuçta damar tonusunu vazorelaksasyon lehine çevirmekte, kan basınçları ve trombosit agregasyonunu azaltmaktadır [86].

Diyet ile alınan linoleik ve α -linolenik esansiyel yağ asitlerinin optimal oranı yaklaşık 4:1 olmalıdır. ALA eksikliğinin en önemli sonucu olarak ALA'nın son ürünleri özellikle de DHA yeterince üretilmez. DHA retina ve beynin fosfolipit membranlarının ana ögesidir ve eksikliği bu organlarda anomaliliklere sebep olur. Batı diyetlerinde LA'nın kandaki değerinin ALA'nın kandaki değerine oranı yaklaşık 100:1'dir. Diyetle

n-6'nın n-3'e göre yüksek olması ALA'deki eksikliği vurgular. Diyet ile LA fazla alındığı zaman n-3 yağ asidi eksikliği yükselir. Çünkü desaturasyon ve elongasyon yollarında ALA ve LA arasında aşırı doymamış yağ asitleri ve eikosanoidleri oluşturmada bir rekabet söz konusudur [85].

ω -3 ve ω -6 yağ asitleri vücutta birbirlerine dönüştürülemezler ve hemen hemen tüm hücre membranları için önemli bir komponenttirler. Doymuş yağlar membran permeabilitesini azaltırken esansiyel yağ asitleri eikosanoid metabolizması, gen ekspresyonu ve hücre içi haberleşme üzerinde etkilidir. Hücre membranındaki PUFA içeriği büyük ölçüde diyet alımına bağlıdır. Bu nedenle perhiz yapanlarda uygun miktarlarda ω -3 ve ω -6 yağ asitlerinin alınımının sağlanmasına dikkat edilmelidir [87].

Balık yağının sağlık açısından önemli kılan özellik, balıkların yağ asidi bileşiminde karbon sayısı ve doymamışlığı yüksek yağ asitlerinin bulunmasıdır. Bu yağ asitlerinin başında kısaca EPA olarak bilinen eikosapentaenoik asit ve DHA olarak bilinen dokosaheksaenoik asit gelmektedir [88-93].

Omega-3 yağ asitlerinin kalp hastalıklarından kansere, AIDS'ten beyinle ilgili rahatsızlıklara kadar birçok hastalığa karşı etkisi bulunmakta olup; fetüs gelişimi aşamasından yaşlılık dönemine kadar bu yağ asitlerince zengin yağlı balıkları ya da bu balıkların yağlarını tüketmenin büyük önem taşıdığı bilinmektedir [94].

n-3 aşırı doymamış yağ asitleri, serum trigliserit ve kolesterol seviyesini düşürmede oldukça etkilidir [4]. Ayrıca balık yağı ihtiva eden besinler, kanın pıhtılaşmasında inhibitör etkiye sahiptir [95]. Balık yağlarındaki ω -3 aşırı doymamış yağ asitleri, bu inhibitör etkilerinden dolayı kalbin ani olarak felç durumu geçirmesi ve kalp krizinin başlıca sebebi olan trombosiz riskini azaltmaktadır [4].

Balık yağının bileşiminde yer alan aşırı doymamış yağ asitleri hücre zarlarının yapısına katılarak hücre zarlarının akışkanlığı ve dolayısıyla geçirgenliğinde rol oynarlar. Eikosanoidler, özellikle EPA gibi yirmi karbonlu aşırı doymamış yağ asitlerinden türerler. Bunlara ilaveten bu aşırı doymamış yağ asitlerinin derideki geçirgenlik bariyerinin devamında, kolesterol metabolizmasında ve taşınmasında önemli görevleri vardır [96]. Balıkların bileşiminde bulunan DHA, hücre membranının fonksiyonel bütünlüğü ve temel yapısal özelliklerinin devamı için gereklidir [97]. Ayrıca membranlarda yer alan bu aşırı doymamış yağ asitleri membrandaki enzim aktivitesini de etkiler [98].

Omega-3 yağ asidi karaciğerden; diaçilgliserol açiltransferaz, yağ asidi sentetaz ve açil-coA karboksilaz enzimlerinin aktivitesini baskılayarak lipit sentezini azaltmaktadır

[99]. Balık yağlarının ω -3 çoklu doymamış yağ asitleri, hiperlipidemiye önlemede bitkisel yağlardan çok daha fazla etkili olduğu gösterilmiştir. Ayrıca bu yağ asitlerinin, karaciğerde yağ asidi sentezi ve lipoprotein oluşumunu etkili bir şekilde önlediği ve lipoprotein yıkımını artırdığı açıklanmıştır [4, 100].

Araştırmalar, omega-3 yağ asidi içeren balık yağlarının ateroskleroz ve endotel disfonksiyonu üzerine yararlı etkilerinin olduğunu göstermiştir. Ayrıca, yüksek kan trigliserit (TG) düzeyini düşürdüğü, LDL kolesterol boyutunu arttırdığı, aterosklerozda rol alan adhezyon moleküllerinin ve sitokinlerin üretimini azalttığını ortaya koymuştur [101-103].

Omega-3 yağ asidi, trigliserit başta olmak üzere total kolesterol, LDL düzeylerini azaltmakta, HDL düzeylerini de artırmaktadır [104]. Omega-3 yağ asitlerinin hipotansif etkilerinin olduğunu ve bu etkilerin doza bağımlı olduğu belirtilmiştir [105-106].

Balık yağlarının önemli bileşeni olan DHA, retina ve beyin için çok önemlidir ve buradaki sinirlerde bulunan yapısal yağların % 30'dan fazlasını oluşturur [107]. DHA, cenin ve bebeğin normal gelişimi için beyin zarının % 15-20, retinanın da % 30-60'ının oluşmasına yardım eder. Yetişkin bir insan beyinde 20 g DHA bulunması gerekir. Yüksek oranda DHA içeren balıkları tüketen insanlarda zihinsel gelişimin arttığı gözlenmiştir. DHA, insan beyin hücrelerinin yenilenmesine yardım eder ve beyin ile retina hücrelerinin çoğalmasını sağlar. Bu hücrelerde DHA seviyesinin düşmesi, depresyon, hafıza kaybı, şizofreni ve görme bozuklukları gibi problemlerin ortaya çıkmasına yol açar. Araştırmalar, depresyon ve EPA seviyesinin düşük olması arasında da açık bir ilişkinin olduğunu göstermektedir [73].

Kanda bulunan araşidonik asit (AA), EPA ve DHA gibi doymamış yağ asitlerinin düşük olması şizofrenik belirtileri artırabilir. Yapılan çalışmalarda yağ asitleri özellikle EPA'nın normal dozda alınması ile bu belirtilerin ortadan kalktığı gözlenmiştir. Halisünasyon gören ve bundan çok etkilenen insanlara 6 ay boyunca günde 2 g EPA verilmiş ve şizofrenik belirtilerin % 85 oranında azaldığı anlaşılmıştır [107].

Balık tüketimi ile kalp hastalıkları arasındaki ilişkilerin araştırıldığı ilk çalışmalar, Greenland eskimoları ile Danimarkalılar üzerinde yapılmış ve koroner kalp hastalığı (CHD)'nden ölümlerin çok düşük seviyede olduğu belirlenmiştir. PUFA yönünden zengin balina yağı ile diğer deniz ürünlerini tüketen eskimoların kanlarında kolesterol, trigliserit, LDL, VLD kolesterol düzeylerinin düşük, HDL kolesterolün ise yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmalara ilaveten epidemiyolojik olarak yapılan incelemelerde, deniz ürünlerinin fazlaca tüketildiği Hollanda, Norveç, Japonya ve ABD

gibi ülkelerde balık yağı tüketen erkeklerin hiç balık tüketmeyenlere göre koroner kalp hastalığı riskinin çok düşük olduğu belirlenmiştir [108].

Kalp-damar hastalıkları üzerinde n-3 PUFA'larca zengin balık yağlarının yararlı etkisi çok faktörlü olup antikoagüent özelliğinin bu olayda katkısının olduğu düşünülmektedir [109]. Kan basıncını düşürmek, kanın yoğunluğunu düşürmek, ritim bozukluğunun gelişimini yavaşlatmak, kandaki kolesterolü düşürmek gibi yararları olduğu da bilinmektedir [2]. Herkesin haftada 2 kez yağlı balık türlerini tüketmesinin ve koroner kalp hastalarının da yağlı balıktan elde edilmiş EPA ve DHA içeren ürünleri diyet takviyesi olarak her gün alması önerilmektedir [110].

Balık yağlarının kanser üzerine olumlu etkileri vardır. Tümörlü fareler üzerinde yapılan bir araştırmada diyeti n-3 içeren yağlarla veya saflaştırılmış n-3 yağ asitleriyle desteklenen farelerde akciğer, kolon, meme, prostat gibi çeşitli kanser tiplerinin yavaşlatılabildiği tespit edilmiştir. Ayrıca kemoterapi ilaçlarının etkinliği diyete n-3 yağ asidi ilavesi sonucunda artırılmıştır. İnsanlarda da n-3 yağ asitlerinin kanserle ilişkili kaşeksiyi azalttığı ve yaşam kalitesini artırdığı bilinmekte olup, göğüs kanserinde yapılan kemoterapinin daha çok n-3 yağ asidi tüketmiş olan hastalarda az tüketenlere oranla daha başarılı sonuç verdiği anlaşılmıştır. Balık yağlarının tümör gelişimini yavaşlattığı da bilinmektedir [111].

Balık yağları, kan damarlarının yüzeyini genişletip dokulara daha fazla oksijen girişine yardımcı olduğu için astım hastalarına önemli faydaları vardır. Balık tüketiminin çocukların % 20-25'inde görülen astım hastalığına etkili olduğu yapılan çalışmalarla da kanıtlamıştır. Wyoming Üniversitesi'nde yapılan bir araştırmada astım rahatsızlığı olan ve sigara içmeyen 19-25 yaş grubundaki astımlı hastalar incelenmiş ve günde ortalama 3 gram balık yağı tüketenlerin % 40'ının nefes alma yeteneği önemli ölçüde gelişmiş ve hastalığa dirençleri artmıştır [112].

Yapılan araştırmalarla balık yağlarının, bağışıklık sisteminde olumlu etkilerinin bulunduğu ve hastalıklara karşı vücudun direnç kazanmasına yardımcı olduğu ortaya konmuştur. Yüksek düzeyde balık etinin tüketilmesi ile hücre duvarının sağlamlaştığı görülmüştür. Günde ortalama 120-180 gr civarında balık tüketmek bu etkiyi artırmaktadır [108].

Diyetle yeterli miktarda n-3 tüketimi kadınlarda menstural sendromun ve menopoz sonrası sıcak basmasının önlenmesinde olumlu etkiler sağlamaktadır [80]. DHA içeren gıdaları almayan annelerde doğum sonrası depresyon ve yüksek kan

basıncı gibi olumsuzlukları görülebildiği bilinmekte; özellikle hamileliğin son 3 ayında annelerin balık tüketmesi daha da önem kazanmaktadır [113].

PUFA'nın sigara kullananlarda, akciğerleri zorlayan kronik hastalıktan (COPD) koruyabileceği ihtimali araştırılmıştır. Omega-3 yağ asitlerinin prostaglandin ve leukotrien sentezini azalttığı, hastalık yapıcı nötrofillerin akciğere geçişini yok ettiği belirtilmiştir. Aynı zamanda daha az balık tüketen insanlar arasında akciğer fonksiyonunun daha düşük olduğu ve COPD hastalığına yakalanma riskinin daha yaygın olduğu gözlenmiştir [114].

Günlük 171 mg eikosapentaenik asit (EPA) ile 114 mg dokosaheksaenik asit (DHA) omega-3 kapsülü verilen romatizmal kireçlenmesi olan hastaların, 12 ay sonra şikayetlerinin tamamen azaldığını rapor edilmiştir [75]. Benzer birkaç çalışmada, romatizmal kireçlenmesi olan insanların omega-3 yağ asidi kaynakları bakımından zengin balık yağları ile beslenmesi durumunda bu rahatsızlıkların hafiflediği yapılan araştırmalarda belirtilmektedir [75, 115].

HIV nedeniyle olan AIDS'in tedavisi konusunda halen etkin bir çözüm olmasa da yaşam süresini uzatabilen seçenekler söz konusu olabilmektedir. Esansiyel yağ asitleri ve onların metabolitlerinin bu anlamda yararlı olabildiği belirtilmektedir. Gama linolenik asit (GLA), Araşidonik asit (AA), EPA ve/veya DHA ile AIDS üzerine yapılacak çalışmaların önem taşıdığı belirtilmekte olup, diyetle katkı olarak bu yağ asitlerinin kullanımının AIDS konusundaki etkisi dikkate alınması gereken bir konudur [116].

1980'lerde pediatri uzmanları omega-3 eksikliğinden ileri gelen; anormal görme, beyin fonksiyonunda ve ikincil nöropatinin zayıflaması belirtileriyle omega-3'ün önemini anlamışlardır. Gerçekten, dokosaheksaenik asit (DHA) beyin ve retinada bulunan fosfolipitlerdeki toplam yağ asitlerinin yarısını oluşturmaktadır. Bu yüzden hamile kadınların özellikle sinirsel gelişimin en belirgin olduğu hamileliğin üçüncü ayında yeterli miktarda PUFA (Omega-3) almaları gerekmektedir. Nispeten bebekler daha yüksek düzeylerde omega-3'e gereksinim duymaktadır. Gelişme öncesi bebekler Omega-3 ihtiyacını anne sütünden yada zenginleştirilmiş gıdalardan alabilmektedir. Sonuç olarak hamile ve emzirme dönemindeki kadınlarda omega-3 bakımından eksiklik olabilmekte ve bunu aldıkları gıdalarla artırmaları gerekmektedir. Yine gelişme öncesi bebeklerde, doğum sonrasında düşük yağ düzeyleri görüldüğü için özellikle omega-3'e ihtiyaçlarının olduğu belirtilmektedir[117, 118].

Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından 2002 yılında bebek mamalarına omega-3 ve omega-6 yağ asitlerinin belirli oranlarda eklenmesi onaylanmıştır. Her ikisi de nöral ve retinal gelişim için gereklidir [119, 120]. Ancak, anne sütü almanın omega-3 ilave edilmiş mamaları alanlara oranla görme yetisi üzerindeki etkilerinin daha olumlu olduğunu da vurgulamak gerekmektedir. Gebelikte ve emzirme döneminde balık tüketiminin artması anne sütünde gerekli olan DHA'nın yeterli miktarlarda oluşmasını sağlar [121, 122].

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Balık eti bileşenleri temel olarak nem, protein, yağ, vitamin ve mineral maddelerden oluşmaktadır. Su ürünleri etlerinin % 64-84 nem, % 15-24 protein, % 0.1-22 yağ, % 0.8-2 mineral madde ve % 1 civarında karbonhidrat (glikojen) içerdiği bildirilmektedir [123-125].

Akıntılı sularda yaşayan balık türlerinde, su akıntısına dolayısıyla balığın hareket aktivitesine bağlı olarak şekillenen çizgili kas dokusu, düz kaslara göre daha fazla lipid içermektedir [126-128].

Ackman [5], Kuzey Amerika tatlısu balıklarından olan *Aplodinotus grunniens*'in kas dokusu total lipid miktarını % 11.9, *Coregonus artedii*'nin % 8.0, *Lota lota*'nın % 3.7 ve *Alosa pseudoharengus*'un % 9.6 olarak bulmuştur. Bu balıklarda yağ asidi bileşimi sırasıyla % 25.5, % 23.2, % 20.6 ve % 24.9 oranında doymuş yağ asitlerinden meydana gelmekte olup bunun da % 60'lık kısmını palmitik asit oluşturmaktadır. Bu türlerin yağ asidi bileşimindeki MUFA oranının % 35-50 arasında olduğu bildirilmiştir. PUFA oranının *Aplodinotus grunniens*'de % 25.1, *Coregonus artedii*'de % 26.4, *Lota lota*'da % 30.1, *Alosa pseudoharengus*'da % 38.1 olduğu tespit edilmiştir. ω -3 yağ asitlerinden eikosapentaenoik (20:5) ve dokosaheksaenoik (22:6), bu balıkların lipidlerinde yüksek oranda bulunduğu belirtilmiştir. Üreme periyodu öncesinde lipid miktarının arttığı ve üreme periyodu sonunda da azaldığı rapor edilmiştir.

Deng vd. [6], *Mugil cephalus*'un kas dokusu total lipid ve yağ asidi bileşimini Florida kıyılarının 4 ayrı bölgesinden alınan örneklerde incelemiştir. Bu bölgeler arasında total lipid miktarının farklı olduğu ve lipid içeriğinin Eylül ve Kasım ayları arasında en yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çoklu doymamış yağ asitleri içeriği genellikle, Ağustos ve Ekim ayları arasında en yüksek bulunmuştur.

Keban Baraj Gölü'nde yaşayan Cyprinidae familyasına mensup balıklardan; *Acanthobrama marmid*'de kas total lipid oranı % 1.64, *Capoeta capoeta umbla*'da % 1,78 ve *Barbus capito pectoralis*'de % 1.08 [129]; mezgitte % 1.17 ve istavritte % 3.65 [130]; Çapalı Gölü turna balıklarında % 0.47 [131] olarak tespit edilmiştir.

Kinsella vd. [132], onsekiz tatlısu balığı türünün kaslarındaki yağ asidi bileşimini tayin etmiştir. Lipid içeriğinin vücudun anatomik bölgelerine göre değiştiğini tespit edilmiştir. Alabalık ve Salmon'un anterior ventral bölgeleri, posterior dorsal kısımlarından daha çok lipid ihtiva ettiği saptanmıştır. Türler arasında yağ asidi kompozisyonunda belirgin değişimler gözlenmiştir. En fazla miktarda bulunan yağ

asitleri, palmitik (16:0), palmitoleik (16:1), oleik (18:1), eikosapentaenoik (20:5 ω -3) ve dokosaheksaenoik (22:6 ω -3) asitlerdir. Yağ asitleri karbon sayısı ve çift bağların durumuna göre sıralanmıştır. Bir kaç türde önemli miktarda linoleik (18:2 ω -6) ve araşidonik (20:4 ω -6) asit bulunmuştur.

Hazel [133], Gökkuşluğu alabalığı (*Salmo gairdneri*)'nin karaciğer membranındaki lipid bileşimi üzerine sıcaklık değişiminin etkisini araştırmıştır. 5 °C'ye adapte olan balıkların 20 °C'ye göre daha büyük karaciğere ve daha az nötral lipid oranına sahip olduğu, karaciğer glikolipit, fosfolipit ve kolesterol miktarlarının sıcaklıkla önemli derecede değişmediği tespit edilmiştir. Soğuğa maruz kalan balıklarda fosfatidiletanolaminin nisbi olarak arttığı, sfingomyelin ve kardiolipinde ise azalma olduğu görülmüştür. Soğuğa adapte olan örneklerin bütün fosfaditleri (fosfatidiletanolamin, fosfatidilkolin, fosfatidilserin, fosfatidilinositol, lisolesitin, kardiolipin, sfingomyelin) incelendiğinde yağ asidi bileşiminde çoklu doymamış yağ asidi miktarının arttığı, doymuş yağ asitleri miktarında azalma olduğu ve bir çift bağlı ile iki çift bağlı yağ asitlerinin toplam miktarında az bir değişimin olduğu belirtilmiştir. Soğuk şartlara maruz kalan *S. gairdneri*'nin fosfatidlerdeki ω -3 yağ asitlerindeki artışın, ω -6 yağ asitlerine oranla daha fazla olduğu ve linolenik asit (ω -3) familyasına ait olan yağ asitlerinin artışının tercih edildiği belirtilmiştir.

Sinclair [134], Avusturalya'nın kuzeybatı sahilinde yakalanan on balık türünün yağ asidi bileşimini incelemiştir. Total lipid miktarı % 0.6-3.3 oranında olup, bütün balıklarda ω -6 yağ asitleri yüksek düzeyde (% 9.6-23.1) bulunmuştur. ω -6 yağ asidi serilerinden en çok araşidonik asidin bulunduğu (% 5.9-14.8) ve dokosatetraenoik (22:4) ve dokosapentaenoik (22:5) asitlerin toplamının % 3-8 olduğu saptanmıştır. ω -3 yağ asitlerinin ω -6 yağ asitlerine oranı 0.38-0.93 arasında bulunmuştur. Bu oran Kuzey Yarım Küre'deki balıklarla karşılaştırdığında (0.16), Güney Yarım Küre'deki denizsel besin zincirinin ω -6 yağ asitlerince zengin olduğu ileri sürülmüştür.

Gibson vd. [135], 22 tür Malezya balığının yağ asidi bileşimini incelemiştir. Malezya balıklarının genellikle doymuş yağ asitlerini (% 36-55) içerdiğini, temel yağ asitlerini palmitik ve stearik asitlerin oluşturduğu belirtilmiştir. Tekli doymuş yağ asitlerinin oranı değişken olup 20:1 ve 22:1 yağ asitleri eser miktarda görülmüştür. Araşidonik asit (20:4 n-6) % 2-12 aralığında bulunmuştur.

Agren vd. [7], tatlı su levreği (*Perca fluviatilis*), *Coregonus albula* ve aynı alandan kültürü yapılan gökkuşluğu alabalığı (*Salmo gairdneri*)'nin kas ve karaciğer lipidlerinin yağ asidi seviyelerini karşılaştırmıştır. *P. fluviatilis* ve *C. albula*'nın

kasındaki toplam lipid içeriği, *S. gairdneri*'nin lipid içeriğinden % 50 daha az bulunmuş ve total lipid içeriğinde mevsimsel varyasyon yalnız *C. albula*'da belirgin olarak gözlenmiştir. Çoklu doymamış yağ (ω -3) asitlerinin nisbi miktarları, *C. albula* ve *P. fluviatilis*'de kültür formu olan *S. gairdneri*'den daha yüksek bulunmuştur. ω -6 yağ asidi grubundan olan araşidonik asit *C. albula* ve *P. fluviatilis*'de *S. gairdneri* 'den daha fazla bulunmuştur. Bir çift bağlı doymamış yağ asitlerinin miktarı ise *S. gairdneri*'de daha yüksek bulunmuştur. Yağ asitlerinin doymamışlık derecesindeki mevsimsel değişimlere kas dokusunda az rastlanmıştır. *S. gairdneri*'de çoklu doymamış yağ asitlerinin nisbi miktarları total lipid miktarının artışı ile azaldığı tespit edilmiştir.

Akpınar [136], Mogan Gölü'nde (Ankara) yaşayan *Cyprinus carpio* L.'nin kas dokusu yağ asitlerinin değişimini eşeye ve mevsime bağlı olarak araştırmıştır. Her iki eşeyin kas dokusu yağ asidi bileşiminin kantitatif yönden farklı olmadığı belirlenmiştir. Buna rağmen, uzun zincirli aşırı doymamış yağ asitlerinin miktarında önemli düzeyde değişimler gözlenmiş, bu değişimlerin nedenlerinin gonat gelişimi ve üreme periyodu ile ilgili olabileceği ifade edilmiştir.

Akpınar ve Aksoylar [137], Kangal Balıklı Kaplıca'sında (Sivas), aşağı yukarı 35 °C sıcaklıkta yaşayan *Gara rufa* (Heckel, 1843)'nın kas dokusundaki yağ asidi bileşimine sıcaklığın, besinsel yağ asitlerinin ve açlığın etkilerini araştırmıştır. 35 °C sıcaklıkta 20 ve 22 C'lu doymamış yağ asitlerinin azaldığı, 24 °C sıcaklıkta ise bu yağ asitlerinin arttığı gözlenmiştir. Besinsel yağ asitlerinin (miristik asit, palmitik asit, palmitoleik asit, oleik asit, linoleik asit ve linolenik asit) doğrudan depo edildiği belirlenmiştir. Açlık sırasında palmitoleik, stearik, linoleik, linolenik ve araşidonik asitlerin yüzdelerinde önemli bir azalış, oleik asit yüzdesinde ise artış saptanmıştır.

Bautista ve Cruz [138], linoleik ve linolenik asitle beslenen balıklardaki büyüme ile hiç lipid içermeyen besinlerle beslenen balıklardaki büyümenin farklı olduğunu ve ilkinde daha fazla büyüme olduğunu göstermiştir. En iyi büyümenin ise linolenik asitle beslenen balık gruplarında olduğu görülmüştür. Lipitsiz ve sadece laurik asidin bulunduğu besinin balıklarda tek çift bağlı (monoik) yağ asitlerinin seviyesini arttırdığı fakat linoleik ve linolenik asitlerin ilavesinin ise bunlardan biri veya her ikisinin bu monoiklerin (MUFA) düzeyini sınırladığı ve uzun zincirli doymamış yağ asitlerinin (PUFA) ise düzeyinin arttığı görülmüştür.

Lie vd. [139], farklı su sıcaklıklarında (8 °C, 12 °C ve 16 °C) beslenen morina balıklarının (*Gadus morhua*) eritrosit hücre membranlarındaki, fosfatidilkolin, fosfatidiletanolamin, fosfatidilserin ve fosfatidilinositol fosfolipidlerinin yağ asidi

kompozisyonlarını belirlemiş ve su sıcaklığındaki düşüş ile birlikte çoklu doymamış yağ asitlerinde genellikle artış, tekli doymamış ve doymuş yağ asitlerinde düşüş olduğunu belirtmiştir.

Wang vd. [140], Superior Gölü balıklarından, ticari öneme sahip olan 8 türün kas dokusu yağ asidi bileşimini incelemiştir. Bu türlerde total lipit içeriğinin % 1-25.7, doymuş yağ asitlerinin (SFA) % 16.8-31, doymamış yağ asitlerinin (UFA) % 68.1-88.4, tekli doymamış yağ asitlerinin (MUFA) % 20.1-42.3, çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) % 34.8-54.7 oranında olduğu tespit edilmiştir. Doymuş yağ asitlerinin % 68-79'unu oluşturan palmitik asit, tekli doymamış yağ asitlerinden oleik asit, çoklu doymamış yağ asitlerinden linoleik, linolenik, eikosapentaenoik ve dokosaheksaenoik gibi yağ asitleri dominant olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, Superior Gölü balıklarının çoğunun ω -3 yağ asitlerinden eikosapentaenoik (20:5) ve dokosaheksaenoik asidi (22:6) yüksek miktarda içerdiği belirtilmiştir.

Aggelousis ve Lazos [141], Yunanistan tatlı sularında yaşayan, *Abramis brama*, *Cyprinus carpio*, *Leuciscus cephalus*, *Carassius carassius*, *Leuciscus idus*, *Chondrostoma nasus*, *Lucioperca lucioperca* ve *Siluris glanis*'in toplam lipit ve yağ asitlerinin analizini yapmıştır. Total lipit miktarı % 0.6-3.5 arasında bulunmuştur. İncelenen türlerde en çok bulunan yağ asitlerinin palmitik asit (16:0), palmitoleik asit (16:1), oleik asit, eikosapentaenoik asit (20:5) ve dokosaheksaenoik asit (22:6) olduğunu tespit edilmiştir. Palmitik asit, toplam doymuş yağ asitleri içinde ortalama % 56 oranı ile en fazla bulunmuştur. Bir çift bağlı doymamış yağ asitleri içinde de oleik asidin dominant olduğu belirtilmiştir. ω -3 PUFA'ların toplam oranı (% 12-31.8) ω -6 PUFA'ların toplam oranından fazla olup bunların birbirine oranı 1.2-2.9 arasında değişmektedir. Majör ω -3 PUFA'ları eikosapentaenoik (% 6.0-11.8), dokosaheksaenoik (% 4.0-15.3) asitler, majör ω -6 PUFA'ları ise linoleik (% 2.8-8.0) ve araşidonik (% 0.8-3.8) asitler oluşturmaktadır. Bu sonuçlardan tatlı su balıklarının eikosapentaenoik ve dokosaheksaenoik asitlerin iyi bir kaynağı olduğu belirtilmiştir.

Gallaher vd. [142], Atlantik kurbağa balığı (*Micropogonias undulatus*), deniz kefali (*Mugil cephalus*) ve dil balığı (*Paralichthys dentatus*)'nın kas lipitleri ve yağ asidi bileşimini üç hasat döneminde incelemiştir. Dil balığında total lipit miktarının değişmediğini, Atlantik kurbağa balığı ve deniz kefalinde ise önemli derecede değiştiği belirtilmiştir. Dil balığında çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) Haziran ve Ağustos aylarına göre Ocak ayında önemli derecede arttığı, bunun da dokosaheksaenoik asit (22:6 n-3) miktarındaki artıştan kaynaklandığı belirtilmektedir.

Atlantik kurbağa balığının da PUFA içeriği (22:6 n-3) önemli derecede artmıştır. Ancak deniz kefalinin PUFA içeriği önemli derecede değişmemiştir. Bu sonuçlara göre balıkların lipid ve yağ asidi kompozisyonu ile ilgili bir genellemenin yapılamayacağı belirtilmektedir. Atlantik kurbağa balığı ve deniz kefalinin lipid içeriğinde belirleyici faktörün yumurtlama mevsimine hazırlanma ve yeterli besin mevcudiyetine bağlı olduğu, dil balığının PUFA içeriğinde ise sıcaklık değişiminin daha önemli olduğu ileri sürülmüştür.

Linko vd. [143], *C. albula*'nın kas dokusunun nötral lipid ve polar lipidlerinin total lipidlerle uyumlu olarak mevsimsel değiştiğini belirtmektedir. Nötral lipidler kas dokusunda baskın, polar lipidler ise plankton kompozisyonundaki orana yakın bulunmuştur.

Sağlık [144], denizlerimizde yaşayan levrek, sinarit, mercan, karagöz, tekir, dil, uskumru, lüfer, çinekop, kılıç ve sardalya balıklarının kas dokusu total yağ içeriğini % 0.54-16.96, doymuş yağ asitleri oranının % 32.1-% 56.9 ve doymamış yağ asitlerinin oranının % 42.1-63.0 arasında değişim gösterdiğini tespit etmiştir.

Yılmaz ve Konar [145], *Capoeta capoeta umbla*'nın dişi ve erkek bireylerin kas dokularında total lipid ve yağ asidi miktarlarında mevsimsel farklılıklar görülmediği halde, erkek bireylerde lipid ve yağ asidi miktarlarının sonbahar ve kış mevsimlerinde yüksek olduğunu belirtmiştir.

Soriguer vd. [146], 28 balık, 4 kabuklu ve 1 yumuşakçanın kimyasal kompozisyonunu mevsimsel olarak incelemiştir. Balıklardaki total lipid miktarı % 0.6-8.72 arasında bulunmuştur. Bu çalışmanın sonucunda herhangi bir türdeki yağ asidi kompozisyonundaki değişimin total lipid miktarından bağımsız olmadığı ve total lipid miktarı arttığında n-3 konsantarasyonun azaldığı, n-9 konsantarasyonun ise arttığı ve n-3 ile n-9 arasında negatif bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Tür içi ve türler arasında doymuş yağ asitlerinin daha az varyasyon gösterdiği ve bu yağ asitlerinin endojen kökenli olduğundan diyetteki yağ asidi tipinden çok az etkilendiği belirtilmiştir.

Serot vd. [147], kalkan balığının doğal formunun kültür formuna göre kas dokusunda total lipid, ω -3 PUFA ve araşidonik asit (20:4 ω -6)'leri daha az, 20:1 ve 22:1 yağ asitlerini ise daha fazla içerdiğini belirtmiştir. Kas dokusunda bulunan temel yağ asitlerinin palmitik, oleik ve dokosaheksoenik asit olduğunu ve bunların toplamının total lipidlerin % 63-65'ini, nötral lipidlerin % 44-55'ni ve fosfolipitlerin % 64-68'ini oluşturduğu tespit edilmiştir.

Ünlüsayın [148], gökkuşağı alabalığı, yılan balığı ve sudak balıklarının yağ asidi bileşimini araştırmıştır. Yılan balıkları yağlarının % 16.09'u doymuş, % 67.30'u doymamış ve % 16.61'i aşırı doymamış yağ asitlerinden oluştuğu tespit edilmiştir. Gökkuşağı alabalıklarının yağ asidi kompozisyonunun ise % 19.79'unun doymuş, % 57.77'sinin doymamış, % 4.14'ünün aşırı doymamış yağ asitlerinden meydana geldiği saptanmıştır. Sudak balıklarının yağ asidi analizinde doymuş yağ asitlerinin oranı % 40.14, doymamış yağ asitleri oranı % 41.31 ve aşırı doymamış yağ asitleri oranı ise % 17.97 olarak tespit edilmiştir.

Ahlgren vd. [149], Atlantik salmon balıklarının kültüre edilmişlerinde aşırı doymamış yağ asidi miktarının (% 28), doğal ortamda yetişmiş (% 18) olanlara göre daha yüksek olduğunu belirtmiştir. $\omega 3$ / $\omega 6$ oranı ise kültür balıklarında doğal olanların yaklaşık iki katı bulunmuştur.

Konar vd. [150], *Capoeta trutta* ve *Barbus rajanorum mystaceus*' un kas dokusundaki total lipit ve yağ asidi miktar ve bileşimlerinin üreme periyodu boyunca değişimini incelemiştir. Total lipit miktarının, *C. trutta* ve *B. rajanorum mystaceus*'un dişi ve erkek bireylerinin kas dokularında haziran ayında yükseldiği, ağustos ayında ise total lipit ve yağ asidi miktarlarının azaldığı belirlenmiştir. *C. trutta*'nın dişi bireylerinin kas dokusundaki doymamış yağ asitleri, üreme mevsimi sonunda, düzenli bir şekilde azaldığı halde, erkek bireylerdeki değişimin daha düzensiz olduğu belirlenmiştir. Total lipit, yağ asidi miktarı ve bireysel yağ asidi oranlarının değişiminde, üreme periyodundaki faaliyetlerin etkili olduğu belirtilmiştir.

Akpınar [151], Kangal Balıklı Kaplıcası'nda (Sivas) 35 ± 0.5 °C sıcaklıkta doğal olarak yaşayan *Cyprinion macrostomus* (Heckel 1843)'un 35 °C ve 24 °C sıcaklıkta beslenmesi ve aç bırakılması suretiyle kas dokusu yağ asidi bileşiminde meydana gelen değişimleri araştırmıştır. 35 °C sıcaklıkta beslenen ve aç bırakılan balıkların yağ asidi bileşiminde kalitatif olarak bir değişiklik meydana gelmemiştir. 24 °C sıcaklıkta beslenen ve aç bırakılan balıklarda ise besinde bulunmayan dokosapentaenoik asit (22:5) ve dokosahekzaenoik (22:6) asidin sentezlenebildiği ve linoleik asit (18:2) yüzdesinin çok azaldığı saptanmıştır. 35 °C ve 24 °C sıcaklıkta beslenen ve aç bırakılan balıklardan en fazla değişime uğrayan yağ asitlerinin uzun zincirli aşırı doymamış yağ asitleri olduğu belirtilmiştir (18:2, 18:3, 20:3, 22:4, 22:5, 22:6). 35 °C'de yaşayan *C. macrostomus*'ların üremelerinin verimli olmadığı, bu balıkların 24 °C'de yaşamaları durumunda aşırı doymamış yağ asitlerini sentezleyebildikleri ve bu sıcaklıkta üremelerinin verimli hale getirilebileceği ileri sürülmüştür.

Çelik [152], su akıntısı altında hareket etmek zorunda bırakılan ve durgun suda tutulan gökkusağı alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss*) filetolarında insan sağlığı açısından oldukça önemli olan ω -3 yağ asitleri bakımından bir farkın olup olmadığını araştırmıştır. Hareketli grupta ω -3 yağ asitlerinden 18:3, 18:4, 20:4, 20:5 ve 22:5'in daha yüksek 22:6'nın ise daha düşük, ω -3 yağ asitlerinin toplamı dikkate alındığında iki grup arasında bir farkın olmadığı tespit edilmiştir. Her iki grup için aynı rasyon aynı miktarlarda sunulduğundan aradaki farkın gruplarda farklı lipit metabolizmasının şekillenmesinden olabileceği belirtilmiştir.

Metin ve Akpınar [153], *Cyprinion macrostomus*'un gonatlarında total lipit ve yağ asidi miktarının mevsimsel değişimini araştırmıştır. Erkek ve dişi balıklarda gerek gonat ağırlıkları gerekse gonat total lipit ve yağ asidi miktarındaki değişimlerin özellikle gonat gelişimi ve yumurtlama periyodunda daha belirgin olduğu görülmüştür. Yumurtlama periyodunda en yüksek düzeye ulaşan total lipit ve yağ asidi miktarı, yumurtlama periyodu sonrasında ise azalma göstermiştir.

Uysal [154], Eğirdir Gölü'nde yaşayan sudak balıklarının kas, karaciğer ve gonatlarının total lipit, total yağ asidi ve yağ asidi bileşiminin eşeye ve mevsime bağlı değişimlerini araştırmıştır. Kas ve karaciğerleri iki aylık aralıklarla; testis ve ovaryumları ise, gonat gelişimin hızlandığı kasım ve gelişiminin yaklaşık tamamlandığı mart aylarında çalışılmıştır. Araştırma sonucunda sudakların kas dokusu yağ oranının yıl içinde hiçbir zaman % 1'i geçmediği ve her iki eşeyde de karaciğer yağ içeriğinin kas dokudan yaklaşık 8-10 kat daha fazla olduğu saptanmıştır. Kas ve karaciğer total lipit içeriğinin üremeden sonra mayıs ayında minimum seviyeye düştüğü daha sonra artarak eylül ve kasım aylarında maksimumu seviyeye ulaştığı tespit edilmiştir. Ovaryum total lipit içeriği testislerden önemli derecede yüksek bulunmuştur. Kasım ve mart aylarında testis total lipit içeriği değişmezken gonat total lipit içeriğinin önemli derecede arttığı görülmüştür.

Kara ve Çelik [155], *Chondrostoma regium* dişi ve erkek bireylerinin üreme öncesi ve sonrasında gonatlarındaki yağ asidi bileşimini tayin etmiştir. Dişi ve erkek bireylerin gonatlarındaki yağ asidi içeriği üreme dönemi öncesinde üreme dönemi sonrasına göre yüksek bulunmuştur. Bireylerin yağ asidi bileşimindeki yağ asidi oranlarının dönemler arasında değişik varyasyonlar gösterdiği belirlenmiştir. Dişi ve erkek bireylerde yağ asitlerinin miktarının üreme sonrasında azaldığı, bazı doymamış yağ asidi oranlarında ise önemli değişim olmadığı belirlenmiştir.

Kara [156], *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843)'un dişi ve erkek bireylerinin kas dokusundaki yağ asitlerinin değişimini üreme durumu esas alınarak tayin etmiştir. Dişi ve erkek bireylerin yağ asidi miktarlarında üreme sonrasında önemli miktarda azalma olduğu belirtilmiştir.

Xu vd. [157], Avrasya tatlı su levreği (*Perca fluviatilis*)'ni 10 hafta boyunca yağ oranları farklı (% 11.7, %15 ve % 19.3) üç diyetle beslemiştir. İç organlar ve karaciğerdeki yağ içeriğinin diyetteki yağ içeriğinin artmasından önemli derecede etkilendiği, kas dokusunun ise etkilenmediği belirtilmiştir.

Ünlüsayın vd. [158], Gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792), yılan balığı (*Anguilla anguilla* L., 1766) ve sudak balıkları (*Sander lucioperca* L., Kottelat 1997)'nin sıcak dumanlama sonrası etlerindeki lipitlerin kimyasal değişimlerini araştırmıştır. Yılan balığı, gökkuşağı alabalığı ve sudak balığının dumanlama sonrası doymuş yağ asitlerinde artış, doymamış yağ asitlerinde ise azalma saptanmıştır.

Haliloğlu ve Aras [159], aynı şartlar altında yetiştirilen farklı üç Alabalık türünün (*Salvelinus alpinus*, *Salmo trutta fario*, *Oncorhynchus mykiss*) kas dokusu yağ asidi kompozisyonunu belirlemiştir. Doymuş yağ asitleri (SFA) ve tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) bakımından türler arasında önemli farklılıklar bulunurken, çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) bakımından önemli farklılıklar bulunmamıştır. Toplam SFA içerisinde palmitik asit (16:0), MUFA içerisinde oleik asit (18:1 n-9), PUFA içerisinde dokosaheksaenoik asit (22:6 n-3) en çok bulunan yağ asitleri olup türler arasında önemli farklılıklar bulunmuştur. DHA oranı *O. mykiss*'de % 19.17 *S. alpinus*'da % 15.48 , *S. trutta fario*'da % 12.74 olarak tespit edilmiştir.

Bulut [160], Mayıs-Eylül ayları arasında Apa (Konya) ve Selevir Baraj Gölü'nde (Afyon) yaşayan *Cyprinus carpio* L.'nun kas dokusu yağ asitleri ve kolesterol seviyelerini incelemiştir. Yağ asidi yüzdeleri baraj gölü, cinsiyet ve zaman periyodu arasında farklılık göstermiştir. Doymuş yağ asitleri Apa Baraj Gölü'nde % 26.71-35.67, Selevir'de % 27.34-30.44 arasında; tekli doymamış yağ asitleri Apa'da % 35.68-44.42, Selevir'de % 25.05-35.13 arasında ve çoklu doymamış yağ asitleri Apa'da % 7.24-19.61, Selevir'de % 18.01-31.71 arasında bulunmuştur. Çoklu doymamış yağ asitleri yüzdesi ve kolesterol miktarı her iki barajda temmuz ayında düşmüştür. Sazan, üreme döneminde harcadığı enerjinin büyük bir kısmını çoklu doymamış yağ asitlerinden sağlamıştır. Apa Barajı'nda zoo ve fitoplankton hem tür, hem de birey sayısı Selevir'den fazla olmasına rağmen çalışma süresince Apa'da çoklu doymamış yağ asidi

yüzdesi düşük çıkmıştır. Ortamda yeteri kadar plankton bulunduğu durumda çoklu doymamış yağ asitlerinin miktarının sadece besin bolluğuna bağlı kalmayıp, aynı zamanda metabolik ve ekolojik faktörlere de bağlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Akpınar ve Konar [161], yağ asidi bileşimi farklı iki yemle beslenen ve aç bırakılan *Oncorhynchus mykiss*'in kas dokusu yağ asidi bileşimini araştırmıştır. Beslenen ve aç bırakılan balıkların yağ asidi bileşiminde kalitatif olarak bir değişiklik meydana gelmemiştir. Tek çift bağlı ve aşırı doymamış yağ asidi yüzdelерinin, uzun süreli açlık periyodunda azaldığı belirlenmiştir. Beslenmede kullanılan hazırlanmış besinin ticari besine göre farklı bir etki yapmadığı saptanmıştır. Bu besinin yağ asidi bileşimi yönünden balık beslenmesinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Shirai vd. [162], sardalye (*Sardinops melanostictus*) balığının yağ asidi kompozisyonun mevsimsel değişimine temel besin maddelerini oluşturan planktonların etkisini araştırmıştır. Lipit içeriği şubat ayında düşük (% 1.8), Temmuz-Eylül aralığında yüksek (% 7.2) bulunmuştur. Total lipitte bulunan miristik asit (14:0), palmitik asit (16:0), stearik asit (18:0), palmitoleik asit (16:1 n-7), oleik asit (18:1 n-9), eikosapentaenoik asit (20:5 n-3) ve dokosaheksaenoik asit (22:6 n-3) majör yağ asitlerini oluşturmaktadır. Temmuz ayında sardalya balığının yağ asidi kompozisyonu planktonlarınkine benzerlik göstermiştir. Bu çalışmada sardalya balığının yağ asidi kompozisyonun plankton kompozisyonun mevsimsel değişiminden etkilendiği belirtilmiştir.

Tocher vd. [163], *Danio rerio* (zebra balığı) ile yaptıkları çalışmada, balık yağı ile beslenen balıkta, triağılglicerol ve total nötral lipitlerin, bitkisel yağ ile beslenen balıktan önemli ölçüde daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Balık yağı ile beslenen *Danio rerio*'nun bütün vücudunda 20:5 n-3 ve 22:6 n-3 oranlarının artması yüzünden total n-3 PUFA oranı ve total PUFA oranı yüksek çıkarken, bitkisel yağ ile beslenenlerde 18:3 n-3, 20:4 n-6 ve total n-6 PUFA oranları yüksek bulunmuştur. Balık yağı ve bitkisel yağ ile beslenen balıklarda doymuş yağ asitleri bakımından önemli bir fark bulunmamıştır. Yine balık yağı ile beslenen balıklarda 20:1 ve 22:1 oranı bitkisel yağ ile beslenenlerden yüksek iken 18:1 n-9 oranının düşüklüğü yüzünden total MUFA'ların oranı daha düşük bulunmuştur.

Uysal vd. [164], Kültür koşullarında yetiştirilen Abant alabalığı (*Salmo trutta abanticus* T., 1954) ile gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792) 'nın biyokimyasal kompozisyonlarını belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada gökkuşığı

alabalıklarında ham yağ oranını % 1.62, Abant alabalıklarında ise % 1.44 olarak bulmuştur.

Hisar vd. [165], farklı sıcaklık derecelerinde (8 °C, 16 °C ve 28 °C) tutulan aynalı sazanlarda (*Cyprinus carpio*) eritrosit hücrelerinin yağ asidi kompozisyonlarını belirlemiştir. Sıcaklık düşüşü ile birlikte eritrositlerde doymuş (% 44.49 - % 38.40) ve tekli doymamış (% 13.99 - % 26.30) yağ asidi miktarlarında önemli miktarda azalış, çoklu doymamış yağ asidi (% 29.21 - % 47.59) miktarlarında ise önemli miktarda artış tespit edilmiştir.

Çelik ve Gökçe [166], Seyhan Baraj Gölü'nde ağ kafeslerde yetiştirilen *Tilapia rendalli*, *T. zilli*, *Oreochromis aurea* ile tatlı su havuzlarında yetiştirilen *O. niloticus* ve Seyhan Nehri'nden yakalanan *Tilapia spp.*'lerin yağ asitlerini incelemiştir. Doğadan yakalanan tilapiaların kas dokusundaki toplam tekli doymamış, omega-3 ve omega-6 yağ asitleri, havuzda ve kafeslerde yetiştirilen diğer tilapia türlerine göre önemli düzeyde yüksek bulunmuştur. Toplam ω -3 yağ asitleri ortalamaları karşılaştırıldığında, doğadan yakalananlarda en fazla bulunmuş olup bunu sırasıyla *O. aurea*, *O. niloticus*, *T. rendalli* ve *T. zilli* izlemiştir. ω 3 / ω 6 oranına bakıldığında ise en yüksek oran doğadan yakalanan *Tilapia spp.*'de saptanmıştır.

Aras vd. [167], Çoruh havzası Kazandere Çayı'nda yaşayan olgun yabani alabalıkların (*Salmo trutta labrax*, Pallas 1811) kas, karaciğer, gonat, adipoz dokularında bulunan yağ asitlerinin kompozisyonunu araştırmıştır. Toplam doymuş yağ asitleri (SFA) yüzdesi en fazla kasta (% 37.20 $\pm$ 1.13) ve en az yumurtada (% 27.12 $\pm$ 2.53) çıkmış ve dokular arası fark önemli bulunmuştur. Tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) bakımından ise dokular arası fark önemsiz bulunurken, çoklu doymamış yağ asitlerinden n-3 PUFA miktarı yumurtada (% 48.09 $\pm$ 9.37) diğer dokulardan yüksek çıkmıştır. Yağ asitleri genel kompozisyonunda ağırlıklı olarak 16:0, 18:1 n-9 cis, 22:6 n-3 yağ asitleri şeklinde yoğunlaşmış olup, dokular arasındaki fark çok önemli bulunmuştur.

Cengiz vd. [168], *Gambusia affinis*'in fosfolipit fraksiyonundaki yağ asidi bileşimine besinsel yağ asitlerinin etkilerini incelemiştir. ω 6 / ω 3 oranı 5:1 olan yapay balık yemleri ile 30 gün boyunca beslenen balıkların fosfolipit fraksiyonundaki ω 3 yağ asidi yüzdeleri, arazideki formların yüzdeleri ile karşılaştırıldığında artış gözlenmiştir. Çalışma sonucunda balık lipidlerinin ω 6 / ω 3 oranlarının diyet lipidlerinin ω 6 / ω 3 oranı tarafında büyük bir şekilde etkilendiği belirtilmiştir.

Sağlık vd. [169], *Sparus aurata* ve *Dicentrarchus labrax*'ın doğal ve kültür formlarının total lipid ve yağ asidini analizini incelemiştir. Her iki türün kültür

formlarının kas dokusundaki total lipit miktarı, doğal formlarının 1.7-5.0 katı bulunmuştur. Doymuş yağ asitleri içerisinde en çok bulunan yağ asidi palmitik asit (16:0), monoenoik yağ asitleri içerisinde oleik asit (18:1) majör yağ asitleridirler. Her iki türün doğal ve kültür formlarının n-6 polienoik yağ asitleri içerisinde ise linoleik asit (18:2 n-6) ve araşidonik asit (20:4 n-6) baskındır. Eikosapentaenoik asit (20:5 n-3) ve dokosaheksaenoik asit (22:6 n-3) miktarları kültür formlarında önemli derecede daha yüksek bulunmuştur.

Öztürk [170], Beyşehir Gölü'nde yaşayan kadife balığının yağ asitlerinin mevsimsel değişimini incelemiştir. Bu çalışmada, doymuş yağ asitleri toplamı (% 48.32) yaz mevsiminde, tekli doymamış yağ asitlerinin toplamı (% 32.02) ilkbahar mevsiminde, aşırı doymamış yağ asitlerinin toplamı (% 39.44) ise kış mevsiminde en yüksek olarak tespit edilmiştir. Sağlık açısından önemli olan yağ asitlerinden EPA ve DHA en yüksek kış mevsiminde ölçülmüştür.

Gökçe vd. [171], doğal *Solea solea*'nın yağ asidi kompozisyonunun mevsimsel değişimini incelemiştir. *S. solea*'nın lipit miktarında mevsimler arasında belirgin farklılıklar gözlenmiştir. EPA oranı % 3.36-4.26 ve DHA oranı % 18.75-20.23 aralığında bulunmuştur. Ağustos ayında n-3 ve MUFA'lerden sonra en çok doymuş yağ asitleri gözlenmiştir. n-6 yağ asitlerinin maksimum düzeyi ise şubat ayında gözlenmiştir. n-3 / n-6 oranı 1.45-3.84 aralığında bulunmuştur.

Kıraç [172], Konya'da tüketilen 15 tür balığın yağ asidi bileşimini incelemiştir. Bu balıkların % 37.93 doymuş yağ asidi, % 33.07 doymamış yağ asidi, % 29.00 aşırı doymamış yağ asidi içerdiği görülmüştür. En yüksek doymuş yağ asidi yüzdesi % 44.16 ile çinakop balığında, en yüksek doymamış yağ asitleri yüzdesi % 38.87 ile barbun balığında, en yüksek aşırı doymamış yağ asitleri yüzdesi ise % 38.64 ile sardalya balığında olduğu tespit edilmiştir.

Bulut [173], Levrek (*Dicentrarchus labrax* L., 1758) ve Çipura (*Sparus aurata* L., 1758) balıklarının döllenmiş yumurtalarının biyokimyasal kompozisyonu araştırmıştır. Levrek yumurtasında yapılan analizlerde; nem % 74.25, protein % 11.57, kül % 2.57 ve yağ % 4.97 olarak saptanmıştır. Araştırma sonucunda levrekte doymuş yağ asitleri % 28.74, MUFA % 39.05, PUFA % 31.36 olarak belirlenmiştir. Çipura yumurtasında yapılan analizlerde; nem % 79.85, protein % 9.83, kül % 2.85 ve yağ % 2.29 olarak saptanmıştır. Çipurada doymuş yağ asitleri % 40.45, MUFA % 34.40, PUFA % 24.68 olarak belirlenmiştir.

Kara vd. [174], *Acanthobrama marmid* (Heckel, 1843)'in dişi ve erkek bireylerinde üreme zamanına bağlı olarak gonat dokusu yağ asidi bileşiminin değişimini incelemiştir. Dişi ve erkek bireylerin her ikisinde de toplam doymuş, toplam tekli doymamış ve toplam çoklu doymamış yağ asitlerinin üreme döneminde azaldığı belirlenmiştir. Dişi bireylerde doymuş ve tekli doymamış yağ asitleri üreme dönemi sonrasında artarken, erkek bireylerde bu yağ asitleri daha da azalmıştır. Toplam aşırı doymamış yağ asitleri dişi bireylerde üreme öncesinde üreme sonrasında göre azalırken; her iki cinsiyette dönemler arasındaki farkın önemli olmadığı bulunmuştur.

Şener vd. [175], balık yağı, soya yağı ve ayçiçek yağı ilave edilen yemlerle beslenen Rus mersini (*Acipenser gueldenstaedtii*) yavrularında büyüme performansı ve yağ asidi kompozisyonuna etkisini incelemiştir. Yağ asidi kompozisyonu analizlerine göre, farklı yağlar ilave edilen yemlerle beslenen balıkların tüm vücudunda ve karaciğerindeki yağ asitleri içinde toplam n-3 ve n-6 yağ asitleri önemli derecede farklı bulunmuştur. Doğal olarak bitkisel yağlarla beslenen gruplarda balık etindeki toplam n-6 yağ asitleri (% 22.58 ve % 22.98) balık yağı grubundan (% 11.39) daha yüksek ve balık yağı ile beslenen grupta da n-3 yağ asitleri (% 21.57) bitkisel yağla beslenen gruplardan (% 13.15 ve % 15.00) daha yüksek bulunmuştur. Benzer sonuçlar balık karaciğerindeki yağ asitleri kompozisyonunda da elde edilmiştir.

Rasoarahona vd. [176], Itasy Gölü'nde (Madagaskar) yakaladıkları üç farklı Tilapia türünün (*Oreochromis niloticus*, *O. macrochir* ve *Tilapia rendalli*) kas dokusu yağ asidi kompozisyonunu üç mevsim boyunca araştırmıştır. Bu türlerin kas dokusundaki lipit miktarı yaş ağırlığın % 1.4 'ünden daha az bulunmuştur. Yağ asitlerinden palmitik, stearik, oleik, palmitoleik ve linoleik asitler en yüksek oranda bulunmuştur. Temel çoklu doymamış yağ asitlerini eikosapentaenoik asit (EPA), dokosaheksaenoik asit (DHA) ve araşidonik asit oluşturmaktadır. Bu yağ asitlerinin relatif miktarları türler ve mevsimler arasında önemli derecede değişmektedir. Özellikle, DHA miktarı İlkbahar-Sonbahar periyodu boyunca *O. macrochir*'de % 11.4'den % 6.0'ya, *O. niloticus*'da % 9.8'den % 4.9'a, *T. rendalli*'de % 10.1'den % 4.4'e düştüğü belirtilmiştir. Bu yüzden sonbahar mevsiminde Σ n-3 / Σ n-6 oranı daha düşük (0.5-0.6) bulunmuştur. Yağ asidi kompozisyonundaki farklılıklar türlerden ziyade mevsimlerden etkilenmiştir.

Uysal ve Aksoylar [177], Sudak balığının kas dokusunun total lipit, yağ asidi kompozisyonu ve n-6 / n-3 oranını iki ayda bir mevsimsel olarak tespit etmişlerdir. Doymamış yağ asitlerinin oranı total yağ asidi içeriğinin yarısından daha fazla, tekli

doymamış yağ asitlerinin oranı, çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) oranından daha fazla bulunmuştur. n-3 yağ asitleri n-6 yağ asitlerinden daha fazla olup en çok bulunan PUFA'ları, eikosapentaenoik (EPA), dokosaheksaenoik (DHA) ve araşidonik (AA) asitler oluşturmaktadır. Yağ asidi kompozisyonu ve n-6/n-3 oranı üreme ve mevsimlerden etkilenmiştir. PUFA'ların (özellikle n-3) kısmi oranları gonatların olgunlaşmasıyla önemli derecede azalmıştır. n-6/n-3 oranı üreme periyodu dışında daha düşük bulunmuştur.

Şen [178], Mersin yöresinden alınan *Mugil cephalus* L.' un total yağ asidi bileşiminin mevsimsel değişimini araştırmıştır. *M. cephalus*' un bileşiminde 12 farklı yağ asidi belirlenmiştir. Yağ asitleri bileşimlerinin 14 ile 22 karbon arasında olduğu görülmüştür. Dört mevsimde de doymamış ve aşırı doymamış yağ asitleri toplam yüzdeleri doymuş yağ asitleri yüzdelерinden daha yüksek oranda bulunmuştur. Her mevsim için palmitik asit en yüksek yüzdeye sahip yağ asidi olarak bulunmuştur. Genel olarak ω -6 yağ asitleri yüzdeleri, ω -3 yağ asitleri yüzdelерinden daha yüksek belirlenmiştir.

Özyurt ve Polat [179], Deniz levreği (*Dicentrarchus labrax*)'nin PUFA kompozisyonun mevsimsel farklılıklar gösterdiğini ve tüm mevsimlerde temel yağ asitlerinin palmitik asit (16:0), oleik asit (18:1), eikosapentaenoik asit (EPA, 20:5) ve dokosaheksaenoik asit (DHA, 22:6) olduğunu belirtmiştir.

Kızıtanır [180], *Cyprinus carpio*'nun yağ asidi bileşiminde 35 farklı yağ asidi tespit etmiştir. Bu yağ asitlerinin bazılarının mevsimler arasında değişiklik gösterdiği gibi farklı boylardaki balıkların yağ asidi bileşiminde de değişiklikler olduğu gözlenmiştir. Mevsimlere göre değişmekle birlikte *Cyprinus carpio*'nun yağ asidi bileşimindeki doymamış (% 28.26-40.79) ve aşırı doymamış yağ asitleri (% 29.64-42.81) toplamı dört mevsimde de doymuş (% 26.58-29.26) yağ asitleri yüzdelерinden yüksek bulunmuştur.

Belikuşaklı [181], *Dicentrarchus labrax* L.'ın total lipit miktarını sonbaharda % 3.45 olarak en yüksek, kış mevsiminde ise % 1.19 olarak en düşük bulmuştur. *D. labrax*'ın bileşiminde 12 farklı yağ asidi belirlenmiştir. Yağ asitleri bileşimlerinin 14 ile 22 arasında olduğu görülmüştür. Dört mevsimde de doymamış ve aşırı doymamış yağ asitlerinin toplam yüzdeleri doymuş yağ asitlerinin yüzdelерinden daha yüksek oranda bulunmuştur. İlkbahar ve sonbahar mevsimlerinde en yüksek yüzdeye sahip yağ asidi olarak oleik asit (18:1), kış ve yaz mevsimlerinde ise palmitik asit (16:0) bulunmuştur.

Sonbahar ve kış mevsiminde omega-3 yağ asitlerinin yüzdeleri, ilkbahar ve yaz mevsiminde ise omega-6 yağ asitlerinin yüzdeleri yüksek olarak belirlenmiştir.

Yıldırım [182], *Sparus aurata*'nın total lipit miktarının mevsimlere göre değişiklik gösterdiğini, sonbahar mevsiminde % 3.71 ile en yüksek değerde, kış mevsiminde ise % 2.05 ile en düşük seviyede bulunduğunu belirtmiştir. Total yağ asidi bileşimi 12 değişik yağ asidinden oluşmakta olup bu yağ asitlerinin karbon sayıları 14-22 arasında değiştiği görülmüştür. Genel olarak oleik asit (18:1), palmitik asit (16:0), stearik asit (18:0), palmitoleik asit (16:1) ve dokosaheksaenoik asit (22:6) yüzdelerinin balıkların total yağ asidi bileşiminde yüksek yüzdelerde bulunduğu görülmüştür. Bu yağ asitlerinin toplam yüzdeleri mevsimlere göre % 74.72-82.33 arasında değişiklik göstermiştir.

Bayır vd. [183], 12 tür deniz balığının yağ asidi kompozisyonunu tespit etmiştir. Doymuş yağ asitleri içerisinde en çok bulunan yağ asidi palmitik asit (16:0), monoenoik yağ asitleri içerisinde oleik asit (18:1), n-3 polienoik yağ asitleri içerisinde DHA (22:6), n-6 polienoik yağ asitleri içerisinde ise linoleik asit (18:2) ve araşidonik asittir (20:4) .

Turchini vd. [184], *Tinca tinca*'nın yağ asidi kompozisyonuna besinlerin etkisini incelemiştir. Besin olarak, ω -6 yağ asidi yönünden zengin olan keten tohumu yağı ve soya fasulyesi yağı kullanılmıştır. Balıklar 12 hafta boyunca bu besinlerle beslenmiştir. Sonuçta besinlerdeki yağ asitlerinin balıkların kas dokusuna aynen yansıdığı gözlenmiştir. ω -6 yağ asidi oranı balıkların kas dokularında yüksek yüzdelerde bulunmuştur.

Karaçalı [185], Örenler Baraj Gölü'nde yaşayan *Cyprinus carpio*'nun kas, karaciğer ve ovaryumlarındaki yağ asitlerinin mevsimsel değişimlerini incelemiştir. Bütün dokularda yağ asidi oranları mevsimlere göre önemli derecede farklılık göstermiştir. Özellikle yaz mevsimindeki oranlar diğer mevsimlere göre önemli derecede farklı bulunmuştur. Sonuçlara bakıldığında doymuş yağ asitlerinden miristik asit (14:0), palmitik asit (16:0), stearik asit (18:0), araşidik asit (20:0) ve tekli doymamış yağ asitlerinden miristoleik asit (14:1), pentadekenoik asit (15:1), palmitoleik asit (16:1), heptadekenoik asit (17:1), oleik asit (18:1) ve çoklu doymamış yağ asitlerinden linoleik asit (18:2 ω -6), linolenik asit (18:3 ω -3), eikosatrienoik asit (20:3 ω -3), araşidonik asit (20:4 ω -6) eikosapentaenoik asit (20:5 ω -3) ve dokosaheksaenoik (22:6 ω -3) asit oranları diğer yağ asitlerine göre daha yüksek bulunmuştur.

Kandemir ve Polat [186], Derbent Baraj Gölü'nde yetiştirilen gökkuşağı alabalığının kas dokusu ve karaciğerinde total lipit ve yağ asidi miktarını aylara ve

mevsimlere göre incelemiştir. Her iki dokuda da total lipit ve yağ asidi miktarlarının mevsimlere ve aylara göre değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Kas ve karaciğerdeki total lipit miktarı sonbahar mevsiminde maksimum, total yağ asidi miktarının ise ilkbahar mevsiminde minimum düzeyde bulunmuştur. Aynı zamanda karaciğerdeki total lipit ve yağ asidi miktarının kas dokusundan daha fazla olduğu belirtilmiştir.

Güler vd. [187], Beyşehir Gölü'nde yaşayan sudak (*Sander lucioperca*)'nın total yağ asidi kompozisyonunu mevsimsel olarak incelemiştir. Bütün mevsimlerde PUFA'ların oranı SFA ve MUFA'lardan daha yüksek bulunmuştur. SFA'ların % 57.0-64.0'ünü oluşturan palmitik asit ve MUFA'ların % 45.0-58.0'ini oluşturan oleik asit majör yağ asitlerini oluşturmaktadır. PUFA'ların kompozisyonunda en çok bulunan yağ asitleri dokosaheksaenoik asit (DHA), linoleik asit (LA), eikosapentaenoik asit (EPA) ve araşidonik asit (AA)'tir. Total yağ asitlerinin % 17.1-23.3'ünü DHA, % 5.40-15.4'ünü LA, % 6.72-9.4'ünü AA, % 4.22-5.93'ünü EPA oluşturmaktadır. ω -3 yağ asitlerinin toplamı ω -6 yağ asitlerinin toplamından fazla olup ω 3/ ω 6 oranı ilkbahar, sonbahar, kış ve yaz aylarında sırasıyla 1.49, 1.45, 1.22, 0.72 olarak bulunmuştur.

Sağlık (Aslan) vd. [188], *Onchorhynchus mykiss* 'in doğal ve kültür tiplerinin deri ve filetosundaki total lipit ve yağ asidi kompozisyonunu, aynı zamanda diyetin kültür tipi üzerindeki etkisini incelemiştir. Her iki tipin filetosundaki total lipit miktarı benzer olup doğal tipte % 1.21, kültür tipinde ise % 1.34 olarak bulunmuştur. Filetoda doymuş yağ asitlerinden palmitik asit (16:0), tekli doymamış yağ asitlerinden palmitoleik asit (16:1 n-7) ve oleik asit (18:1 n-9), n-3 çoklu doymamış yağ asitlerinden EPA ve DHA, n-6 çoklu doymamış yağ asitlerinden linoleik (18:2 n-6) asit baskın yağ asitleri olarak tespit edilmiştir. Total yağ asidi bileşiminde en fazla bulunan yağ asidini oleik asit (% 19.6) oluşturmaktadır. Palmitik asit ve oleik asit oranları her iki tipte benzer bulunmuştur. Palmitoleik asit oranı kültür tipinde daha yüksek bulunmuştur. EPA miktarı doğal tipte 2 kat, DHA miktarı ise kültür tipinde 1.5 kat daha fazla tespit edilmiştir.

Güneş [189], Tercan Baraj Gölü ve Tuzla Çayı'nda yaşayan *Capoeta capoeata umbla* Heckel, 1843 populasyonlarının total yağ ve yağ asidi kompozisyonlarını karşılaştırmalı olarak incelemiştir. Balıkların göl ve dere formlarının kas ve karaciğer dokularında tespit edilen total yağ miktarı en düşük kas dokularında ilkbahar mevsiminde, en yüksek beslenmeye paralel olarak yaz mevsiminde çıkmıştır. Göl ve dereden yakalanan balıkların SFA, MUFA, n-3 PUFA ve n-6 PUFA değerleri dere ve

gölden yakalanan örneklerin farklı dokularının mevsimsel değerleri istatistiki olarak farklı çıktığı belirtilmiştir.

Özoğul vd. [190], ticari öneme sahip bazı deniz ve tatlı su balıklarının lipit içeriğini ve yağ asidi kompozisyonunu araştırmıştır. Deniz balıklarının yağ asidi kompozisyonun % 25.5-39.4'ünü SFA, % 13.2-29.0'unu MUFA ve % 25.2-48.2'sini PUFA, Seyhan Gölü'ndeki tatlı su balıklarının ise % 28.0-34.6'sını SFA, % 10.7-22.7'sini MUFA ve % 23.2-43.7'sini PUFA'lar oluşturmuştur. n-3 PUFA'ların deniz balıklarındaki oranı (% 22.6-44.2) tatlı su balıklarından (% 11.5- 28.4) daha yüksek, n-6 PUFA'ların deniz balıklarındaki oranı ise tatlı su balıklarından daha düşük bulunmuştur. Sonuç olarak tatlı su balıklarının çoğunun yağ asidi profilleri PUFA'ların kaynağı olarak deniz balıklarıyla benzer olduğu belirtilmiştir.

Küçükgülmez vd. [191], *Merluccius merluccius* ve *Saurida undosquamis*'un kimyasal bileşimini ve yağ asidi içeriğini kış, ilkbahar, sonbahar mevsiminde incelemiştir. *Merluccius merluccius*'un total lipit içeriği kış mevsiminde % 0.54, bahar mevsiminde % 1.38, sonbahar mevsiminde % 0.43, *Saurida undosquamis*'in ise sırasıyla % 0.50, % 0.43, % 1.66 olarak bulunmuştur. Her iki türde üç mevsimde de baskın olan yağ asitlerini doymuş yağ asitlerinden palmitik asit (16:0) ve stearik asit (18:0), tekli doymamış yağ asitlerinden palmitoleik asit (16:1) ve oleik asit (18:1), çoklu doymamış yağ asitlerinden eikosapentaenoik asit (20:5 ω -3) ve dokosaheksaenoik (22:6 ω -3) asit oluşturmaktadır.

Çelik vd. [192], Atatürk Baraj Gölü'nde *Oncorhynchus mykiss*'in temel besin bileşimini, yağ asidi, kolesterol, minarel ve iz element kompozisyonunu incelemiştir. Total lipit oranı % 4.43 olarak bulunmuştur. Yağ asidi kompozisyonunda en fazla bulunan yağ asitleri tekli doymamış yağ asitleri (% 35.56) olup bunu doymuş yağ asitleri (% 27.65) ve çoklu doymuş yağ asitleri (% 23.09) izlemektedir. Toplam doymuş yağ asitleri içinde en çok bulunan yağ asitleri miristik (14:0), palmitik (16:0) ve stearik asit (18:0) olup toplamın % 62'lik kısmını palmitik asit oluşturmaktadır. Tekli doymamış yağ asitleri içinde oleik ve palmitoleik asit, çoklu doymuş yağ asitleri içinde ise linoleik (18:2), linolenik (18:3), eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) baskın yağ asitlerini oluşturmaktadır.

Çelik [193], Uskumru (*Scomber japonicus*) ve istavrit (*Trachurus trachurus*)'in kimyasal kompozisyonunu ve yağ asidi profilini üç mevsim boyunca araştırmıştır. Her iki türün total lipit içeriği kış mevsiminde sonbahar ve ilkbahar mevsiminden daha düşük bulunmuştur. Her iki türde tüm mevsimlerde palmitik asit (16:0), stearik asit

(18:0), oleik asit (18:1 ω -9), eikosapentaenoik asit (20:5 ω -3) ve dokosaheksaenoik asit (22:6 ω -3) majör yağ asitleri olarak gözlenmiştir. Her iki türün yağ asidi içeriği dalgalanmalar göstermekte olup kış mevsiminde doymamışlık derecesi daha yüksek bulunmuştur. Uskumruda EPA oranı kış mevsiminde % 5.96, ilkbahar mevsiminde % 4.86 , sonbahar mevsiminde % 4.33, DHA oranı ise sırasıyla % 24.94, % 18.75, % 17.12 olarak bulunmuştur. İstavritde EPA oranı kışın % 5.42, ilkbaharda % 5.03, sonbaharda % 4.86, DHA oranı ise sırasıyla % 14.96, % 13.31, % 11.10 olarak bulunmuştur. Her iki türde de ω 3 / ω 6 oranları kış mevsiminde en yüksek tespit edilmiştir.

Rasoarahona vd. [194], *Arius madagascariensis*'in kas lipitleri ve yağ asitlerini tespit etmiştir. Lipit miktarı % 4.3-6.6 arasında bulunmuştur. Yağ asidi kompozisyonunda baskın olan yağ asitlerini palmitik asit (% 22.9-32.6), oleik asit (% 11.3-13.4) ve stearik asit (% 10.8-12.0) oluşturmaktadır. Çoklu doymamış yağ asitlerinde (PUFA) araşidonik asit (20:4 n-6; % 4.7-7.6), dokosaheksaenoik asit (22:6 n-3; % 3.0-8.1), eikosapentaenoik asit (20:5 n-3; % 0.6-1.0), dokosapentaenoik asit (22:5 n-3; % 1.1-1.6), n-6 dokosatetraenoik asit (22:4 n-6; % 0.7-1.2) ve dokosapentaenoik asit (22:5 n-6; % 0.9-1.8) önemli oranda bulunan yağ asitleridir. Toplam n-6 PUFA % 11.3-18.8 ve toplam n-3 PUFA % 7.5-13.4 aralığında bulunmuştur.

Uysal vd. [195], Doğal ekstrem sıcak (Temmuz) ve soğuk (Ocak) şartları altında üç tatlısu balığının (*Barbus plebejus escherichi*, *Capoeta capoeta capoeta* ve *Rutilus rutilus*) kas dokusu yağ asidi kompozisyonunu, konjuge linoleik asit ve kolesterol içeriğini tespit etmiştir. Bütün balık türlerinde her iki ayda da palmitik, oleik, dokosaheksaenoik ve eikosapentaenoik asitler baskın yağ asitleri olarak bulunmuştur. *Barbus plebejus escherichi* ve *Capoeta capoeta capoeta*'da PUFA, n-3 PUFA, n-6 PUFA, EPA+DHA yüzdeleri ocak ayında temmuz ayına göre önemli derecede daha yüksek bulunmuştur. n-6 PUFA / n -3 PUFA oranı tüm türlerde 0.60'dan daha düşük olup en düşük oran *Capoeta capoeta capoeta*'da ocak ayında gözlenmiştir. Ekstrem sıcak ve soğuk şartlardan bu türlerden en fazla etkilenen türün *B. plebejus escherichi* olduğu belirtilmiştir.

Polat vd. [196], farklı avlanma mevsimlerinin İskenderun Körfezi'nden yakalanan keserbaş barbun (*Mullus barbatus* L., 1758)'un yağ asitleri kompozisyona etkilerini incelemiştir. Yağ asidi içeriği mevsimlerden etkilenmiştir. Keserbaş barbun filetolarının sonbahar, kış ve ilkbahar mevsimlerindeki lipit oranları sırasıyla % 5.76, % 5.33 ve % 3.29 olarak bulunmuştur. Tüm mevsimlerde keserbaş barbun filetolarının temel yağ

asitlerinin palmitik asit (16:0), stearik asit (18:0), oleik asit (18:1), palmitoleik asit (16:1), eikosapentaenoik asit (EPA, 20:5 ω -3) ve dokosaheksaenoik asit (DHA, 22:6 ω -3) olduğu belirtilmiştir. Çoklu doymamış yağ asitlerinin toplam yağ asitleri içerisindeki oransal miktarları, sonbahar mevsiminde % 17.32, kış mevsiminde %17.69, ilkbahar mevsiminde % 20.13 olarak bulunmuştur. DHA'nın toplam yağ asitleri içerisindeki oransal miktarları, sonbahar mevsiminde % 4.36, kış mevsiminde % 8.25, ilkbahar mevsiminde % 10.89, EPA'nın oranları ise sırasıyla % 7.93, % 4.59, % 4.56 olarak bulunmuştur.

Karbonhidratlar, sıcak kanlı hayvanların enerji ihtiyaçlarının karşılanmasında birinci kaynak olarak kullanılmaktadır [197]. Bu durum balıklarda, beslenme şekline göre değişiklik arz etmektedir. Omnivor ve herbivor türlerin karbonhidratları karnivorlara göre daha iyi değerlendirdikleri bilinmekte olup, karbonhidrat metabolizmasında glikoz önemli bir yer tutmaktadır [198, 199].

Balıklarda kan glukoz düzeyini çevresel ve biyolojik faktörler önemli derecede etkileyebilmektedir. Biyolojik faktörlerin başında balık türü, populasyon, üreme ve cinsiyet gelirken çevresel faktörlerin başında ise suyun özellikleri, sudaki toksik ve kirlenici maddeler, mevsim ve yıllık döngü gelmektedir [200].

Glukoz formunda absorbe edilen karbonhidratların üç önemli metabolik görevi vardır. Bunlar acil enerji gerektiren olaylarda kullanılırlar, gerektiğinde kullanılmak üzere glikojen şeklinde depolanırlar ve trigliseritler, esansiyel amino asitler gibi bileşiklere sentezlenirler [201]. Balıkların en kolay kullandığı karbonhidrat glukozdur ve kanda bulunan tek şekerdir [202]. Kan glukozu balıkların karaciğerlerinde glikojen olarak depo edilip organizmanın gereksinimi olduğu zamanlarda glukozu çevrilerek kana verilir [203]. Glukozun parçalanması ile yaşamsal faaliyetlerin sürdürülmesi için gerek duyulan enerji sağlanır [202].

I. punctatus türü ile yapılan bir çalışmada kan glukoz seviyesinin su sıcaklığının artmasına bağlı olarak düştüğü bildirilmiştir [204]. Benzer şekilde Kaminska vd. [205], *Cyprinus carpio* (sazan balığı) türünde kan glukozunun aylık değişimi üzerine yaptıkları bir çalışmada, glukoz düzeyinin yaz aylarında kış aylarına göre daha düşük seyrettiğini belirlemiştir. Bu durumun, su sıcaklığının artması ve fotoperiyodun etkisiyle gerek büyüme hormonu gerekse tiroit hormonlarının salgılanması sonucu metabolizmanın hızlanması ve gerekli olan enerji ihtiyacının kandaki glukozdan karşılanması sonucu ortaya çıkabileceği belirtilmiştir [205, 206].

Yıldırım vd. [207], Çoruh Havzası-Oltu Çayı'nda yaşayan *Barbus plebejus escherichi* balığının kan glikoz düzeyinin mevsimsel değişimini incelemiştir. En yüksek kan glikoz düzeyi erkeklerde kış aylarında (229.63 ± 14.31), dişilerde ise yaz aylarında (180.38 ± 14.46) gerçekleşmiştir. En düşük kan glikoz düzeyi ise erkeklerde yazın (127.67 ± 29.68), dişilerde ise ilkbaharda (113.67 ± 17.68) gerçekleşmiştir. Ortalama kan glikoz düzeyinin erkeklerde 185.27 ± 15.79 mg/dl, dişilerde 157.05 ± 10.5 mg/dl ve populasyon ortalaması 174.74 ± 9.04 mg/dl olarak saptanmıştır. Aynı araştırmacılar [208], *Capoeta tinca* (Heckel, 1843)'nın kan glikoz düzeyindeki aylık değişimleri incelemiştir. Aylara göre en yüksek kan glikoz düzeyi nisan ayında (116.36 ± 8.58 mg/dl), en düşük ise haziran ayında (51.00 ± 7.10 mg/dl) bulunmuştur. Ortalama kan glikoz düzeyinin erkeklerde 86.19 ± 3.86 mg/dl, dişilerde ise 83.58 ± 3.77 mg/dl olduğu belirlenmiştir.

Ictalurus nebulosus [209] ve *Oncorhynchus mykiss*'de [210] subletal derişimlerdeki bakırın serum glukoz düzeyini arttırırken, *Salmo trutta*'da [211] kas ve karaciğer glikojen derişimini azalttığı saptanmıştır. Glukoz ve glikojen düzeylerindeki derişimlerin ağır metallerin etkisinin yanı sıra açlık, hipoksik koşullar ve yoğun stoklama gibi stres faktörlerinin etkisinde de meydana geldiği belirlenmiştir [212].

Metin [213], Topardıç deresinde (Kangal-Sivas) yaşayan *Cyprinion macrostomus* Heckel, 1843'un gonadal total lipit, total yağ asiti ve glikojen içeriğinin mevsimsel derişimini araştırmıştır. Erkek ve dişi balıklarda gerek gonat ağırlıkları gerekse gonadal total lipit, total yağ asidi ve glikojen miktarlarındaki derişimlerin özellikle gonat gelişimi ve yumurtlama periyodunda daha belirgin olduğu görülmüştür. Yumurtlama periyodunda en yüksek düzeye ulaşan bu değerler, yumurtlama periyodu sonrasında bir azalma göstermişlerdir. Gonadal glikojen seviyesinin, total lipit miktarından çok daha az olduğu saptanmıştır. Elde edilen verilerden, balıkların gonat gelişimlerini ve üremelerini sağlayabilmesi için lipitlere glikojenden daha fazla gereksinim duydukları sonucuna varılmıştır.

Akpınar ve Metin [214], aç bırakılan ve beslenen *Oncorhynchus mykiss*'in karaciğer ve kas dokusu glikojen miktarındaki derişimleri araştırmıştır. Eşeyssel olgunluğa erişmemiş balıklar ayrı havuzlarda iki grup halinde 28 gün süreyle aç bırakılmış ve günde % 6 oranında glikojen içeren yemle beslenmişlerdir. Araştırma süresince, 7., 14., 21. ve 28. günlerde balıkların karaciğer ve kas dokusu özütlenerek glikojen miktarı belirlenmiştir. Aç bırakılan balıkların karaciğer ve kas dokusu glikojeni

14. günden itibaren azalmış ve 28. günde en düşük seviyeye ulaşmıştır. Aynı periyotlarda beslenen balıkların glikojen miktarında ise artış olduğu saptanmıştır.

Oğuz [215], Van Gölü'nde yaşayan ve endemik bir tür olan inci kefalinin bir yıllık üreme siklusu boyunca dişi bireylerdeki karaciğer ve gonat ilişkisini çalışmıştır. Karaciğerdeki en düşük glikojen seviyesi (0.059 mg / 100 mg) Mart ayında; en yüksek seviyesi (1.00 mg/100 mg) ise Haziran ayında tespit edilmiştir. Glikojen seviyesi Haziran ayından sonra azalmaya başlayarak aralık ayına kadar devam etmiştir. Mart ve Nisan aylarında bir azalma göstermiş, Mayıs ve Haziran aylarında artarak en yüksek değere ulaşmıştır. Karaciğerdeki glikojen seviyesi oosit gelişimine bağlı olarak değişim gösterdiği belirtilmiştir.

Cicik ve Engin [216], Sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) balığını, 10 gün süreyle kadmiyumun 0.05, 0.1, 0.5 ve 1.0 mg/l'lik subletal derişimlerinin etkisine maruz bırakmıştır. Cd etkisinde kalan balıklarla metal içermeyen ortamda bulunan kontrol balıklarının kas ve karaciğer dokularındaki glikojen düzeyleri ile serum glukoz düzeyleri ölçülmüştür. Kadmiyumun belirtilen ortam derişimlerinin etkisinde kas ve karaciğer dokularındaki glikojen düzeyi kontrole göre önemli ölçüde azalmıştır. Bu azalma, en yüksek metal derişiminin (1.0 mg/l) etkisinde karaciğerde % 24, kas dokusunda ise % 29 düzeyinde olmuştur. Kadmiyum etkisinde kalan balıkların serum glukoz düzeyleri, metal etkisinde kalmayan balıklara göre önemli düzeyde artarken, bu artışın metalin ortam derişimindeki artışına paralel olduğu saptanmıştır.

Arslan vd. [217], bakırın *Clarias lazera* (Valenciennes, 1840)'da doku glikojen ve serum glukoz düzeyi üzerine etkilerini incelemiştir. İncelenen bakır derişimlerinin, belirlenen sürelerde *C. lazera*'nın doku glikojen ve serum glukoz düzeylerini etkileyerek karbonhidrat metabolizmasında önemli değişimlere neden olduğu saptanmıştır.

Bayır vd. [218], Hınıs Çayı'nda *Capoeta capoeta umbla*'nın kan serumunun biyokimyasal bileşimini incelemiştir. En yüksek kan glikoz düzeyi kış mevsiminde (154.06± 22.23), en düşük kan glikoz düzeyi ise yaz mevsiminde (93.06±35.17), yıllık ortalama olarak 120.10±35.91 mg/ml tespit edilmiştir. Aydın ve Yıldırım [219], Aras Nehri'nden avlanan *Capoeta capoeta capoeta*'nın aylara göre kan glukoz düzeyini en yüksek nisan ayında (141.07±13.67 mg/dl) , en düşük ise eylül ayında (69.14±9.75 mg/dl) tespit etmiştir. Üreme dönemi öncesi yüksek olan glukoz düzeyinin üremenin başlamasıyla (Mayıs ve Haziran) düştüğü ve temmuz-eylül ayları arasında minimum seviyeye indiği görülmüştür.

Ezike ve Ufodike [220], Afrika kedi balığı (*Clarias gariepinus*)'nın plazma glukoz, kas ve karaciğer glikojenine petrolün çözülebilir fraksiyonlarının sublethal konsantrasyonlarının etkilerini incelemiştir. Sublethal konsantrasyonlarda kontrol grubuna göre plazma glukoz düzeyinde artış (hiperglisemia), kas ve karaciğer glikojen düzeyinde ise önemli bir azalma meydana gelmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma alanın özellikleri

Karakaya Baraj Gölü, Malatya il merkezine 17 km uzaklıkta olup, Keban Baraj Gölü'nün 166 km mansabında Güneydoğu Anadolu-Doğu Toros silsilesini kesen Aşağı Fırat havzasında bulunmaktadır. $38^{\circ} 8' - 39^{\circ} 13'$ doğu boylamları ile $38^{\circ} 47' - 38^{\circ} 8'$ kuzey boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 3.1). Baraj Gölü'nün maksimum işletme kotu 693,00 m, minumum işletme kotu ise 670,00 m'dir. Deniz seviyesindeki yüksekliği 935 m 'dir [221].

Karakaya Barajı Diyarbakır ili Çüngüş ilçesi sınırları içinde, Fırat Nehri üzerinde, Güneydoğu Anadolu Projesi'nin bir parçası olarak elektrik enerjisi üretimi amacıyla 1976-1987 yılları arasında inşa edilmiştir. Diyarbakır'a 150 km uzaklıkta bulunan baraj adını yakınında bulunan Karakaya Köyü'nden almıştır. Akarsu yatağından yüksekliği 173,00 m normal su kotunda göl hacmi 9.580 hm^3 , normal su kotunda göl alanı ise $268,00 \text{ km}^2$ 'dir. Baraj 1.800 MW güç ile yıllık 7.354 GWh'lık enerji üretmektedir [222].



Şekil 3.1. Araştırma alanının konumu

3.1.2. Araştırma materyalinin özellikleri

Araştırmada materyalini oluşturan *Acanthobrama marmid* Heckel, 1843, *Leuciscus cephalus* (Nordmann, 1840), *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843) Cyprinidae familyasına mensup olup Fırat ve Dicle Nehir sistemlerinin doğal balık türleridir. Bu türler bölge halkı ve balıkçılar tarafından yakalanıp besin olarak tüketilmektedir.

3.1.2.1. *Acanthobrama marmid* Heckel, 1843'in biyolojik özellikleri

Vücut yüksek ve yanlardan yassılaşmıştır (Şekil 3.2). Yanal çizgide 65-70 pul bulunur. D. III / 8 , A. III / 14-16. Ağız terminal pozisyonlu ve farinks dişleri bir sıralı olup 5-5 şeklinde dizilmiştir. Standart boyun vücut yüksekliğine oranı 3.2-3.5, baş uzunluğuna oranı 3.6-4.0; vücut yüksekliğinin vücut genişliğine oranı 2.0-2.5; baş uzunluğunun göz çapına oranı ise 3.2-4.0'tür [223].



Şekil 3.2. *Acanthobrama marmid* Heckel, 1843

3.1.2.2. *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843)'un biyolojik özellikleri

Cyprinidae familyasına mensup olup bazı özellikleri D. III / (8) 9 (10); A. III / (9) 10 - 11; L. lateral; 60-75 olarak verilmiştir. Vücut uzun ve yuvarlak, vücut uzunluğu (C. hariç) maksimum vücut yüksekliğinin 3.7-4.7 katıdır. Vücut yüksekliği baş uzunluğundan daha fazladır. Ağız kavisli ve derinliği ile uzunluğu birbirine eşittir. Farinks dişleri, 7-6 veya 6-7 nadiren 6-6'dır. Pullar ince, parlak ve çok kolay dökülürler. Kaudal yüzgecin üst kısmı siyah, diğer yüzgeçler portakal rengindedir (Şekil 3.3).

Ventral yüzgeçler anüse kadar uzanmaz [224]. Dorsal yüzgeç, kuyruksuz vücudun ortasındadır veya kuyruğa biraz daha yakın olabilir. Kuyruk yüzgeci derin çatallı ve loplارının ucu sivridir. Gözler iri olup, çapları baş boyunda 4-5 defa vardır. Müso kalın ve yuvarlaktır. Boyu 25 cm kadardır. Renk, sırtta yeşilimsi kahverengi olup, ışıktta mavimsi yansımalar gösterir. Yan taraflar ve karın tarafı ise portakal sarısıdır. Bu türün yayılış alanı kuzeybatı ve Trakya hariç bütün Anadolu'yu kapsamaktadır. Bugüne kadar Dicle, Fırat, Ceyhan, Seyhan, Göksu, Kızılırmak gibi büyük nehir sistemleri ile Beyşehir Gölü'nden bildirilmiştir [225].



Şekil 3.3. *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843)

3.1.2.3. *Leuciscus cephalus* L., 1758 'un biyolojik özellikleri

Boyları 30-60 cm en fazla 80 cm, ağırlıkları 0.5-1 kg en fazla 4 kg'dır. Vücutları büyük gümüşü pullarla örtülüdür; yanal çizgide 46'dan daha az pul vardır; alın geniş ve basık; anal yüzgeç yuvarlaklaşmıştır (Şekil 3.4). Kuyruk yüzgeci hafifçe oyuktur. D I-III 8-10 , A III 8-13, V 9. Nisan-Haziran aylarında yumurtalarını taşların ve bitkilerin arasına bırakırlar. Ağır akan temiz suları severler. Bazen göllerde de bulunurlar. Gençken genellikle omurgasızlar ve bazı bitkilerle; erginken büyük omurgasızlar ve balıklarla beslenirler. Kılçıkları çoktur; fakat etleri lezzetlidir. Bölgesel olarak ekonomik önemleri vardır; ağla ve sportif amaçlarla olta ile avlanırlar. Tüm Avrupa'da ve tüm Türkiye'de yaygındırlar [226].



Şekil 3.4. *Leuciscus cephalus* L., 1758

3.1.3. Balık numunelerin temin edilmesi ve dokuların saklanması

Balık numuneleri Karakaya Baraj Gölü'nde balıkçı teknelerinin yardımıyla akşam serilip sabah çekilen fanyalı ağlarla yakalanmıştır. Numunelerin alınması her mevsimin ortasına denk gelen aylarda; kış için Ocak ayında, bahar için Nisan ayında, yaz için Temmuz ayında, sonbahar için Ekim ayında gerçekleştirilmiştir. Arazide yakalanan balıklar ısı yalıtımlı buz kapları içerisinde laboratuara getirildikten sonra her tür için yaklaşık olarak aynı boy ve ağırlıktaki dişi balıkları temsil edecek numuneler seçilmiştir. Seçilen numunelerin total ağırlık, total boy, çatal ve standart boy ölçümleri alınmıştır. Karaciğer dokuları dikkatli bir şekilde disekte edilip toplam ağırlıkları kaydedildikten sonra, kas dokuları ise ligne lateral ile sol predorsal bölge arasında alınıp derisinden yüzüldükten sonra alüminyum folyolara sarılıp -20 °C' de analizler yapılncaya kadar muhafaza edilmiştir.

3.2. Metot

3.2.1. Lipitlerin ekstraksiyonu

Numunelerin lipit ekstraksiyonu yapılacağı zaman -20 °C'de saklanan kas dokusunun tamamı biraz çözüldükten sonra waring blenderde 20 sn boyunca parçalanarak homojen hale getirildi. Bu homojen karışımdan yaklaşık 2 g alınarak Folch vd. [227] metoduna göre ekstraksiyon yapıldı.

Lipit ekstraksiyonunda bir çok metotlar ve çözücü sistemleri kullanılmış olmasına rağmen kloroform : metanol karışımının (2:1 v/v) dokulardan lipitleri ekstre etmek için en başarılı çözücü sistemi olduğu belirtilmiştir [228-234]

Balık numunesine ait parçalanmış homojen doku karışımından total lipitlerin tam ekstraksiyonunu yapmak için aşağıdaki işlemler uygulandı.

1. Homojen karışımından 2 g kas dokusu 0,0001g hassas terazide tartılarak 30 ml kloroform : metanol karışımında (2:1 v/v) 3 dk boyunca ultra turaks homojenizatörde 24000 rpm’de homojenize edildi.

2. Homojenat temiz ve kuru bir buchner hunisinden nüçe erlenine çift kat mavi bant süzgeç kağıdı kullanılarak hafif vakum uygulayarak süzüldü.

3. Kalıntı homojenizasyon kabına alınarak 15 ml çözücü karışımında 2 dk boyunca tekrar homojenize edildi ve 2. süzme işlemi gerçekleştirildi. Homojenizasyon kabı da 5 ml çözücü karışımıyla yıkanıp süzüntüye ilave edildi.

4. Süzme işleminden sonra, nüçe erleni içindeki lipit bileşenlerini içeren total süzüntü 250 ml’lik teflon musluklu dereceli ayırma hunisine alındı. Erlen içinde kalan bulaşmalar 10 ml çözücü karışımında yıkanarak ayırma hunisine ilave edildi.

5. Ayırma hunisi içindeki lipit ekstraktının total hacminin ¼’ü kadar % 0.88’lik KCl çözeltisi ilave edilerek iyice karıştırıldı. Berrak iki fazın ayrılması için 12 saat boyunca dinlenmeye bırakıldı.

6. Faz ayırımından sonra alttaki kloroform tabakası, temiz bir 250 ml’lik rodajlı erten içine alınarak, susuz Na₂SO₄ ile muamele edildi. Böylece lipit çalışmalarında istenmeyen, kloroform tabakasındaki eser miktardaki su uzaklaştırıldı.

7. Tamamıyla saf lipit bileşenlerden ibaret olan kloroform fazı, bir cam huniden mavi bant süzgeç kağıdıyla önceden darası alınan 100 ml rodajlı balona süzüldü.

8. Daha sonra kloroform fazı döner buharlaştırıcıda, 40 °C’de hafif vakumda, azot akımı ile çözücüsü buharlaştırıldı ve fosfor pentaoksit içeren desikatörde bekletilerek sabit tartıma getirildi.

9. Tartım işlemi 0,0001g hasas terazide gerçekleştirildi. Tartım kabının darası çıkarılarak total lipit g olarak aşağıda verilen formüle göre % lipit miktarı hesaplandı.

$$\% \text{ lipit miktarı (g)} = \frac{(\text{Toplam Ağırlık-Dara}) \times 100}{\text{Doku Ağırlığı}}$$

3.2.2. Yağ asidi metil esterlerinin hazırlanması

Lipitler içinde bulunan yağ asitlerinin gaz kromatografik analizinin yapılabilmesi için polar olmayan uçucu ve kararlı yapıya sahip olan metil esterleri gibi türevlerine dönüştürülmesi gerekir. Lipitler içindeki yağ asitlerinin, metil esteri gibi türevlerine

dönüştürülmesinde değişik metotlar kullanılmasına rağmen, Christie [234]'de ifade edildiği gibi uygulaması pratik ve verimi yüksek olan asit katalizli esterleştirme yöntemi kullanıldı. Bu yönteme göre;

Metil esteri hazırlamak için total lipit ekstraktı 3 ml hekzanda çözöldü ve 30 ml'lik sızdırma yapmayan deney tüplerine alındı. Üzerine % 2' lik metanolik sülfürik asitten 5 ml ilave edildi ve vorteksle iyice karışmaları sağlandıktan sonra 50 ° C' lik su banyosunda 12 saat süre ile metilleşmeye bırakıldı. 12 saatlik süre sonunda tüpler su banyosundan çıkarıldı oda sıcaklığına kadar soğutuldu ve 5 ml % 5' lik sodyum klorür ilave edilerek iyice karıştırıldı. Tüpler içinde oluşan yağ asidi metil esterleri 2x5 ml hekzan ile ekstre edildi ve hekzan fazı üstten pipetle absorbe edilerek alındı.

Metil esterlerini içeren hekzan fazı, 50 ml' lik bir ayırma hunisine alınarak 5 ml % 2'lik KHCO₃ ile yıkandı. Faz ayrılmasından sonra hekzan fazı, 20 ml'lik deney tüpü içine alınarak susuz sodyum sülfatla kurutuldu ve mavi bant süzgeç kağıdından süzölerek sodyum sülfattan ayrıldı. Son olarak metil esterlerini içeren karışım 40 °C'de azot akımı altında uçurulduktan sonra 1.5 ml hekzanda çözölerek, teflon kapaklı dereceli gaz kromatografisi viallerine alınarak gaz kromatografisi analizine kadar -20 °C'de derin dondurucuda muhafaza edildi.

3.2.3. Yağ asidi metil esterlerinin gaz kromatografik analizi

Lipit ekstraktı içindeki yağ asitleri metil esterlerine dönüştüröldükten sonra Shimadzu GC 17 Ver. 3 gaz kromatografisi ile analiz edildi. Bu analiz için 25 m uzunluğunda, 0.25 µm çapında ve Permabond 25 mikron film kalınlığına sahip Machery-Nagel (Germany) kapiller kolon kullanıldı. Analiz sırasında kolon sıcaklığı 130-220 °C, enjeksiyon sıcaklığı 240 °C ve dedektör sıcaklığı 280 °C olarak tutuldu. Taşıyıcı gaz olarak azot gazı kullanıldı. Analiz sırasında örneklere ait yağ asidi metil esterlerinin analizinden önce, standart yağ asidi metil esterlerine ait karışımlar enjekte edilerek (0.8-1 µl) her bir yağ asidinin alıkonma süreleri belirlendi. Bu işlemten sonra gerekli programlama yapılarak örneklere ait yağ asidi metil esterleri karışımlarının analizi yapıldı.

3.2.4. Glikojen analizi

Hepatosomatik indeks değerleri aşağıdaki formüle göre hesaplandı [235, 236]

$$\text{Hepatosomatik indeks (HSI)} = \frac{\text{Karaciğer ağırlığı (g)} \times 100}{\text{Vücut Ağırlığı (g)}}$$

Glikojen analizi için karaciğerlerden yaklaşık 500 mg, kas dokusunda ise 1000 mg alınmıştır. Glikojen özütlenmesinde Roe vd. [237], glikojenin miktar tayini için Carroll vd. [238] yöntemi kullanılmıştır.

Dokular, 5 ml %10'luk Trikloroasetik asit (TCA) ile buzlu ortamda Ultra - Turrax T 25 marka homojenizatörde 20.000 rpm'de 5 dakika boyunca homojenize edilmiştir. Doku özütleri mavi bant süzgeç kağıdıyla süzildükten sonra homojenizatör bıçağı ve homojenizasyon kabı 2 ml TCA ile yıkanıp süzüntüye ilave edilmiştir. Toplam hacim saptanarak uygun hacimlerde alınan homojenat 3 ayrı tüpe aktarılarak üzerine 5 kat etil alkol (% 96) ilave edilmiştir. Tüpler 37 °C'lik etüve konarak glikojenin çökmesi için bir gece bekletilmiştir. İçinde glikojen bulunan tüpler, etanol ile dengeye getirildikten sonra 3500 rpm'de 15 dakika santrifuj edilip, çöken glikojen süpernatantdan ayırt edilmiştir. Daha sonra tüplerdeki glikojen 2 ml distile su içinde çözündürülmüştür. Bu örnek tüpleriyle birlikte, bir kör (2 ml distile su), bir de standart tüp örnekleri (2 ml'de 0.1 mg glukoz) hazırlanmıştır. Bütün tüplerin üzerine 10'ar ml antron belirteci eklenerek, 80 °C'lik su banyosunda 30 dakika bekletilmiştir. Tüpler soğutulduktan sonra, absorbans değerleri, 620 nm dalga boyunda spektrofotometrede okunmuştur. Elde edilen verilerden, dokunun yaş ağırlığına göre, 100 mg'ındaki glikojenin mg cinsinden değeri aşağıdaki formüle göre saptanmıştır.

$$\frac{100 \text{ mg Dokuda}}{\text{Glikojen miktarı}} = \frac{\text{Bilinmeyen absorbansı}}{\text{Standartın Absorbansı}} \times 0,1 \times \frac{\text{Eksraktın Hacmi} \times 100 \times 0,9}{\text{Doku Ağırlığı (mg)}}$$

0,1 : 2 ml standart solusyondaki glukoz miktarı,

0,9 : Glukoz miktarının glikojen miktarına dönüşüm sabitesi.

3.3. Verilerin İstatiksel Değerlendirilmesi

Verilerin istatiksel analizi SPSS 14.0 paket programı kullanılarak yapıldı. Grup karşılaştırmalarında; veriler normal dağılım gösterdiğinde tek yönlü varyans analizi ve

Tukey çoklu karşılaştırma testi, normal dağılım göstermediğinde Kruskal-Wallis ve Bonferroni düzeltmesi kullanılarak Mann-Whitney U testi uygulandı. İki grup karşılaştırmalarında; veriler normal dağılıma uyuyorsa t testi, uymuyorsa Mann-Whitney U testi kullanıldı. Sonuçlar aritmetik ortalama $\pm$ standart hata olarak verildi. Bulguların istatistiksel analizleri 0.05 anlamlılık düzeyi esas alınarak gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Araştırmada Kullanılan Türlerin Ortalama Boy ve Ağırlık Değerleri

4.1.1. *C. regium*'un ortalama boy ve ağırlık değerleri

C. regium'un ortalama total boy ve ağırlık değerleri Çizelge 4.1'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. *C. regium*'un total boy ve ağırlık değerlerinin mevsimsel değişimi

	n	Kış	n	İlkbahar	n	Yaz	n	Sonbahar
Total Boy (cm)	7	29.07±0.46	6	30.08±0.20	7	28.36±0.32	6	30.40±0.57
Ağırlık (g)	7	222.14±10.78	6	264.75±6.78	7	204.29±7.72	6	263.50±17.45

Araştırmada kullanılan numunelerin total boy uzunlukları 28.36±0.32 cm ile 30.40±0.57 cm arasında, yıllık 29.46±0.26 cm, total ağırlıkları ise 204.29±7.72 g ile 264.75±6.78 g arasında, yıllık 236.71±7.42 g olarak tespit edilmiştir.

4.1.2. *L. cephalus*'un ortalama boy ve ağırlık değerleri

C. regium'un ortalama total boy ve ağırlık değerleri Çizelge 4.2'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. *L. cephalus*'un total boy ve ağırlık değerlerinin mevsimsel değişimi

	n	Kış	n	İlkbahar	n	Yaz	n	Sonbahar
Total Boy (cm)	6	28.75±0.31	8	28.14±0.47	8	28.38±0.40	6	28.50±0.56
Ağırlık (g)	6	278.35±9.93	8	271.86±8.92	8	297.13±8.88	6	290.67±9.14

Araştırmada kullanılan numunelerin total boy uzunlukları 28.14±0.47 cm ile 28.75±0.31 cm arasında, yıllık 28.45±0.21 cm, total ağırlıkları ise 271.86±8.92 g ile 297.13±8.88 g arasında, yıllık 284.51±4.80 g olarak tespit edilmiştir.

4.1.3. *A. marmid*'in ortalama boy ve ağırlık değerleri

A. marmid'in ortalama total boy ve ağırlık değerleri Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. *A. marmid*'in total boy ve ağırlık değerlerinin mevsimsel değişimi

	n	Kış	n	İlkbahar	n	Yaz	n	Sonbahar
Total Boy (cm)	6	21.24±0.26	6	20.17±0.31	7	21.42±0.40	5	20.80±0.26
Ağırlık (g)	6	82.18±5.79	6	85.58±3.14	7	93.00±1.69	5	92.60±1.81

Araştırmada kullanılan numunelerin ortalama total boy uzunlukları 20.17±0.31 cm ile 21.42±0.40 cm arasında, yıllık 20.94±0.18 cm, total ağırlıkları ise 82.18±5.79 g ile 93.00±1.69 g arasında, yıllık 82.42±1.84 g olarak tespit edilmiştir.

4.2. Araştırmada Kullanılan Türlerin Hepatosomatik İndeks Değerleri

Türlerin hepatosomatik indeks değerlerinin mevsimsel değişimi Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Türlerin hepatosomatik indeks değerlerinin mevsimsel değişimi*

Tür	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Yıllık Ort.
<i>C. regium</i>	1.96±0.15ax	1.35±0.07bx	1.27±0.07bcx	1.01±0.04cx	1.41±0.08x
<i>L. cephalus</i>	1.98±0.15ax	1.67±0.12abx	1.33±0.06bx	1.55±0.18aby	1.64±0.08x
<i>A. marmid</i>	1.60±0.23ax	1.74±0.17ax	1.36±0.18ax	1.38±0.14ay	1.52±0.09x

*Aynı satırda aynı harfle gösterilen değerler (a,b,c) ve aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler (x, y) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir (p>0.05).

C. regium'un hepatosomatik indeks değerleri kış mevsiminde en yüksek, sonbahar mevsiminde ise en düşük bulunmuştur. Hepatosomatik indeks değerleri ilkbahar ile yaz ve sonbahar ile yaz mevsimi arasında önemli derecede farklılık göstermezken (p>0.05), diğer mevsimler arasında önemli derecede farklılıklar göstermiştir (p<0.05).

L. cephalus'un hepatosomatik indeks değerleri kış mevsiminde en yüksek, yaz mevsiminde ise en düşük bulunmuştur. Hepatosomatik indeks değerleri kış ile yaz

mevsimi arasında önemli derecede farklılık gösterirken ($p<0.05$), diğer mevsimler arasında önemli derecede farklılıklar göstermemiştir ($p>0.05$).

A. marmid'in hepatosomatik indeks değerleri ilkbahar mevsiminde en yüksek, yaz mevsiminde ise en düşük bulunmuştur. Hepatosomatik indeks değerleri mevsimler arasında önemli derecede farklılıklar göstermemiştir ($p>0.05$).

Türler arasında hepatosomatik indeks değerleri sonbahar mevsiminde *C. regium* ile *A. marmid* ve *C. regium* ile *L. cephalus* arasında önemli derecede farklılık gösterirken ($p<0.05$), diğer mevsimlerde türler arasında önemli derecede farklılık göstermemiştir ($p>0.05$). Türlerin yıllık ortalama hepatosomatik indeks değerleri de türler arasında önemli derecede farklılık göstermemiştir ($p>0.05$).

4.3. Total Glikojen Miktarının Mevsimsel Değişimi

4.3.1. Kas dokusu total glikojen miktarının mevsimsel değişimi

Kas dokusunda total glikojen miktarının mevsimsel değişimi Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Kas dokusu glikojen bileşiminin mevsimsel değişimi (mg / 100 mg)

Tür	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Yıllık Ort.
<i>C. regium</i>	0.12±0.008ax	0.11±0.004ax	0.09±0.004abx	0.07±0.005bx	0.10±0.004x
<i>L. cephalus</i>	0.13±0.004ax	0.12±0.004ax	0.11±0.006aby	0.10±0.004bx	0.11±0.003y
<i>A. marmid</i>	0.08±0.005aby	0.09±0.001by	0.06±0.008az	0.05±0.008ay	0.07±0.004z

*Aynı satırda aynı harfle gösterilen değerler (a,b,c) ve aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler (x, y,z) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir ($p>0.05$).

C. regium'un kas dokusu total glikojen miktarı kış mevsiminde en yüksek, sonbahar mevsiminde en düşük seviyede olup istatistiksel açıdan önemli derecede farklılık göstermiştir. Ayrıca kış ile sonbahar ve ilkbahar ile sonbahar mevsimleri arasında da önemli derecede farklılıklar gözlenmiştir ($p<0.05$).

L. cephalus'un kas dokusu total glikojen miktarı kış mevsiminde en yüksek, sonbahar mevsiminde en düşük seviyede olup istatistiksel açıdan önemli derecede farklılık göstermiştir. Ayrıca ilkbahar ile sonbahar mevsimleri arasında da önemli derecede farklılıklar gözlenmiştir ($p<0.05$).

A. marmid'in kas dokusu total glikojen miktarı ilkbahar mevsiminde en yüksek, sonbahar mevsiminde en düşük seviyede olup, ilkbahar mevsimindeki oranı yaz ve sonbahar mevsimine göre önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$).

Total glikojen miktarı kış ve ilkbahar mevsiminde *C. regium* ile *L. cephalus* arasında istatistiksel olarak farklılık göstermezken, *A. marmid*'de bu türlere göre önemli derecede düşük bulunmuştur. Sonbahar mevsiminde *A. marmid*'in glikojen miktarı diğer türlere göre önemli derecede düşük bulunmuştur. Yaz mevsiminde ve yıllık ortalama olarak üç tür arasında da önemli derecede farklılıklar gözlenmiştir ($p<0.05$).

4.3.2. Karaciğer dokusu glikojen miktarının mevsimsel değişimi

Karaciğer dokusunda total glikojen miktarının mevsimsel değişimi Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Karaciğer glikojen bileşiminin mevsimsel değişimi (mg / 100 mg)*

Tür	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Yıllık Ort.
<i>C. regium</i>	1.65±0.28axy	1.51±0.28axy	1.02±0.12ax	0.81±0.13ax	1.25±0.12x
<i>L. cephalus</i>	2.05±0.33ax	1.63±0.19ax	1.43±0.08ax	1.53±0.19ay	1.65±0.11x
<i>A. marmid</i>	0.94±0.08ay	0.85±0.08ay	0.58±0.06ay	0.65±0.08ax	0.75±0.05y

*Aynı satırda aynı harfle gösterilen değerler (a,b,c) ve aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler (x, y,z) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir ($p>0.05$).

C. regium'un karaciğer dokusu total glikojen miktarı kış mevsiminde en yüksek, sonbahar mevsiminde en düşük seviyede olup, mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli derecede farklılıklar gözlenmemiştir ($p>0.05$).

L. cephalus'un karaciğer dokusu total glikojen miktarı kış mevsiminde en yüksek, yaz mevsiminde en düşük seviyede olmasına rağmen mevsimler arasında önemli derecede farklılıklar gözlenmemiştir ($p>0.05$).

A. marmid'in karaciğer dokusu total glikojen miktarı kış mevsiminde en yüksek, yaz mevsiminde en düşük seviyede olup istatistiksel açıdan önemli derecede farklılıklar göstermemiştir ($p>0.05$).

L. cephalus 'un karaciğer dokusu total glikojen miktarı kış ve ilkbahar mevsiminde *A. marmid*'e göre önemli derecede yüksek bulunmuştur. Yaz mevsiminde *A. marmid*'in glikojen miktarı diğer türlere göre önemli derecede düşükken, sonbahar mevsiminde *L. cephalus* 'un glikojen miktarı diğer türlere göre önemli derecede yüksek bulunmuştur.

Yıllık ortalama olarak *A. marmid*'in glikojen miktarı diğer türlere göre önemli derecede düşük bulunmuştur ($p<0.05$).

4.4. Total Lipit Miktarının Mevsimsel Değişimi

Türler arasında total lipit miktarının mevsimsel değişimi Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Türler arasında total lipit miktarının mevsimsel değişimi (%)

Tür	Kış	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Yıllık Ort
<i>C. regium</i>	1.83±0.16	1.76±0.13	1.67±0.10	1.40±0.15	1.67±0.07
<i>L. cephalus</i>	2.12±0.41	1.63±0.11	2.10±0.21	1.46±0.11	1.83±0.12
<i>A. marmid</i>	1.65±0.26	1.49±0.10	1.80±0.24	1.34±0.06	1.59±0.10

C. regium'un total lipit miktarı kış mevsiminde % 1.83, ilkbahar mevsiminde % 1.76, yaz mevsiminde % 1.67, sonbahar mevsiminde % 1.40 ve yıllık % 1.67 olarak bulunmuştur. Total lipit miktarı kış mevsiminde en yüksek, sonbahar mevsiminde en düşük seviyede olmasına rağmen mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli derecede farklılıklar bulunmamıştır ($p>0.05$).

L. cephalus'un total lipit miktarı kış mevsiminde % 2.12, ilkbahar mevsiminde % 1.63, yaz mevsiminde % 2.10, sonbahar mevsiminde % 1.46 ve yıllık % 1.83 olarak bulunmuştur. Total lipit miktarı mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli derecede farklılıklar göstermemiştir ($p>0.05$).

A. marmid'in total lipit miktarı kış mevsiminde % 1.65, ilkbahar mevsiminde % 1.49, yaz mevsiminde % 1.80, sonbahar mevsiminde % 1.34 ve yıllık % 1.59 olarak bulunmuştur. Total lipit miktarı yaz mevsiminde en yüksek, ilkbahar mevsiminde en düşük seviyede olmasına rağmen mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli derecede farklılıklar bulunmamıştır ($p>0.05$).

Total lipit miktarı en fazla *L. cephalus*'da, en az *A. marmid*'de görülmesine rağmen total lipit miktarının türler arasında mevsimsel ve yıllık değişimi istatistiksel olarak farklılık göstermemiştir ($p>0.05$).

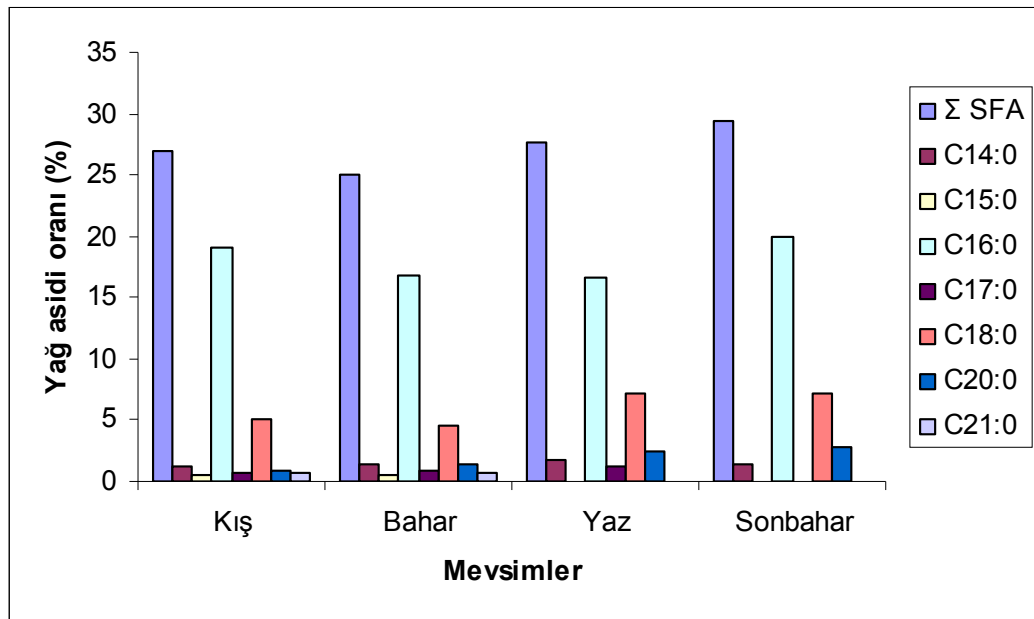
4.5. Total Yağ Asidi Bileşiminin Mevsimsel Değişimi

4.5.1. *A. marmid*'in total yağ asidi bileşiminin mevsimsel değişimi

A. marmid'in kas dokusunun yağ asidi bileşiminin mevsimlere göre değişimi Çizelge 4.8'de verilmiştir.

4.5.1.1. *A. marmid*'in doymuş yağ asitlerinin (SFA) mevsimlere göre değişimi

A. marmid'in toplam doymuş yağ asidi (Σ SFA) ve doymuş yağ asidi bileşiminin mevsimsel değişimleri Şekil 4.1'de verilmiştir. Σ SFA oranı en fazla sonbahar mevsiminde (% 29.48), en düşük ilkbahar mevsiminde (% 25.10) bulunmuştur. Sonbahar mevsiminde Σ SFA oranı ilkbahar mevsimine göre önemli derecede yüksek bulunurken ($p<0.05$), diğer mevsimler arasında önemli derecede farklılıklar göstermemiştir ($p>0.05$).



Şekil 4.1. *A. marmid*'in Σ SFA ve SFA oranlarının mevsimsel değişimi

Çizelge 4.8. *A. marmid*'in kas dokusunun mevsimsel yağ asidi bileşimi (%)

Yağ asidi	n	Kış	n	İlkbahar	n	Yaz	n	Sonbahar
14:0	5	1.31±0.12a	6	1.47±0.13a	4	1.74±0.14a	5	1.43±0.15a
14:1 n-5	1	0.36	1	0.66	2	0.98±0.04	-	-
15:0	4	0.54±0.05a	2	0.55±0.09a	-	-	-	-
15:1 n-6	-	-	2	0.64±0.07	1	0.96	-	-
16:0	5	19.09±0.36a	6	16.78±0.84a	6	16.58±1.06a	5	19.87±0.84a
16:1 n-9	5	4.16±0.86a	6	6.13±0.79a	6	4.51±0.59a	5	4.10±0.24a
17:0	1	0.67	4	0.81±0.04a	2	1.24±0.01a	-	-
17:1 n-8	4	0.76±0.08a	4	0.83±0.12a	-	-	-	-
18:0	5	5.14±0.26a	6	4.62±0.26a	6	7.09±0.43b	5	7.09±0.18b
18:1 n-9	5	10.64±1.01a	6	13.44±1.54a	6	12.10±0.66a	5	10.38±0.75a
18:1 n-7	5	3.10±0.24a	6	5.28±0.42b	6	6.20±0.36b	5	3.91±0.56ab
18:2 n-6	5	4.09±0.40a	6	4.61±0.76a	6	3.90±0.44a	5	3.64±0.76a
18:3 n-3	5	2.84±0.41a	6	2.91±0.67a	2	1.82±0.29a	2	3.13±0.81a
20:0	5	0.94±0.09a	6	1.38±0.27ab	6	2.39±0.33b	2	2.73±0.27b
20:1 n-9	2	0.86±0.24	1	0.41	-	-	-	-
20:2 n-6	5	0.97±0.06a	6	1.10±0.08a	4	1.42±0.07a	2	1.92±0.67a
20:3 n-3	2	0.70±0.23a	4	0.66±0.05a	2	0.83±0.04a	-	-
20:4 n-6	5	9.75±0.52a	6	7.65±0.52a	6	9.04±0.88a	5	8.19±0.38a
20:5 n-3	5	6.55±0.81a	6	7.97±0.93a	6	9.17±0.68a	5	8.61±0.77a
21:0	1	0.66	1	0.76	-	-	-	-
22:5 n-6	5	2.24±0.38a	5	1.57±0.28a	2	1.91±0.11a	4	1.87±0.63a
22:5 n-3	5	3.21±0.19a	6	3.11±0.36a	6	4.03±0.42a	5	4.00±0.63a
22:6 n-3	5	19.04±0.93a	6	14.84±1.25a	6	15.22±1.60a	5	17.97±0.89a
Σ Diğer	5	5.25±0.56a	6	5.01±1.28a	5	5.26±1.01a	5	5.79±0.57a
Σ SFA	5	26.97±0.42ab	6	25.10±0.72a	6	27.63±0.99ab	5	29.48±0.68b
Σ UFA	5	67.78±0.97ab	6	69.73±1.16a	6	67.11±1.05ab	5	64.33±1.01b
Σ MUFA	5	18.92±2.30a	6	25.79±2.60a	6	23.30±1.59a	5	18.39±0.57a
Σ PUFA	5	48.86±1.92a	6	43.94±3.00a	6	43.81±1.97a	5	45.94±1.45a
Σ ω3 PUFA	5	31.92±1.44a	6	29.27±2.07a	6	29.30±1.17a	5	31.84±0.47a
Σ ω6 PUFA	5	17.04±0.75a	6	14.88±0.87a	6	14.67±1.09a	5	14.10±0.85a
Σ ω3 / Σ ω6	5	1.88±0.09a	6	1.96±0.06a	6	2.05±0.17a	5	2.36±0.13a
EPA/DHA	5	0.34±0.03a	6	0.56±0.09a	6	0.65±0.09a	5	0.49±0.07a

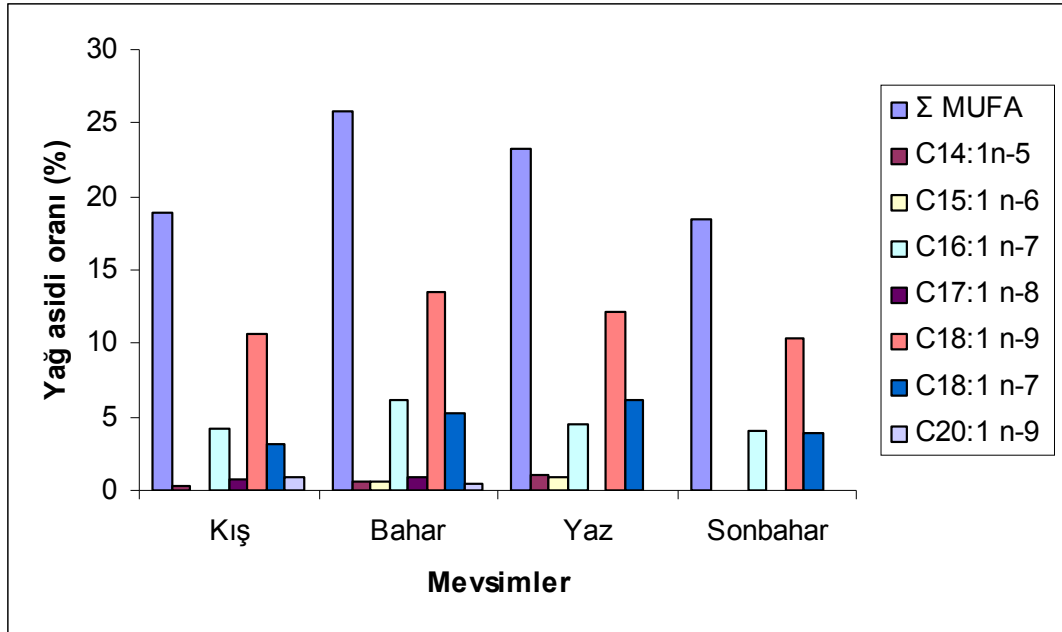
*Aynı satırda aynı harfle gösterilen değerler birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir (p>0.05).

Doymuş yağ asitleri içerisinde en fazla oranda bulunan yağ asidi sonbahar mevsiminde palmitik asit (16:0; % 19.87) olup, bunu yaz ve sonbahar mevsiminde stearik asit (18:0; % 7.09) ve sonbahar mevsiminde araşidik (20:0; % 2.73) asit izlemektedir.

Palmitik asit oranı mevsimler arasında önemli derecede farklılık göstermemiştir ($p>0.05$). Stearik asit oranları yaz ve sonbahar mevsiminde eşit olup kış ve ilkbahar mevsimine göre önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Araşidik asit yaz ve sonbahar mevsiminde kış mevsimine göre önemli derecede yüksek tespit edilmiştir ($p<0.05$).

4.5.1.2. *A. marmid*'in tekli doymamış yağ asitlerinin (MUFA) mevsimlere göre değişimi

Toplam tekli doymamış yağ asidi (Σ MUFA) ve tekli doymamış yağ asidi bileşiminin mevsimsel değişimleri Şekil 4.2'de verilmiştir. Σ MUFA oranı en fazla ilkbahar mevsiminde (% 25.79), en düşük ise sonbahar mevsiminde (% 18.39) bulunmuştur. Σ MUFA oranı mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli farklılık göstermemiştir ($p>0.05$).



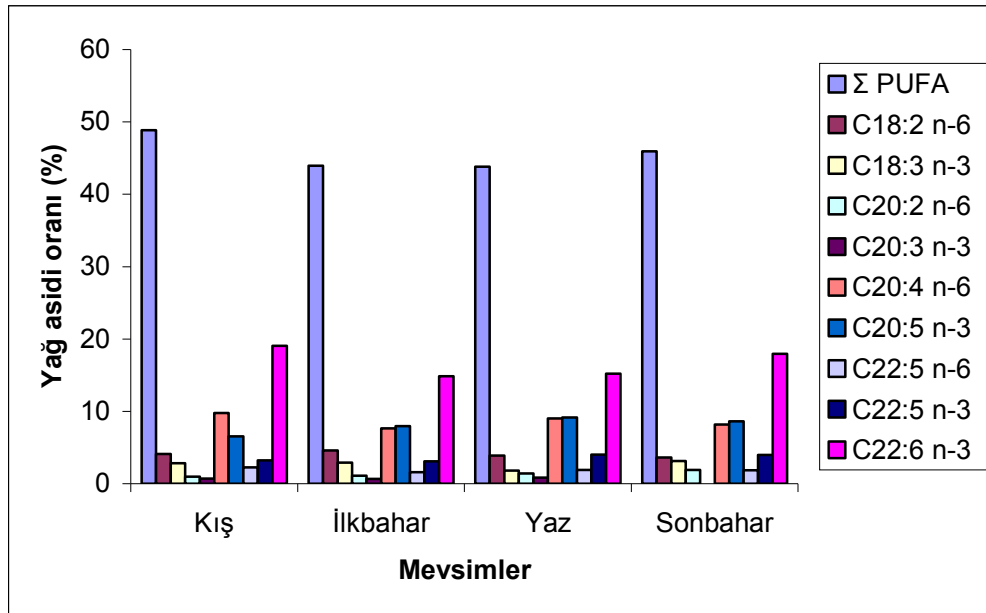
Şekil 4.2. *A. marmid*'in Σ MUFA ve MUFA oranlarının mevsimsel değişimi

Tekli doymamış yağ asitleri içerisinde en fazla oranda bulunan yağ asitleri ilkbaharda oleik asitin n-9 (% 13.44) formu, yazın n-7 (% 6.20) formu, ilkbaharda palmitoleik asit (% 6.13) olup bunları eser miktarda görülen miristoleik (14:1), pentadekenoik (15:1), eikosenoik (20:1), heptadekenoik asit (17:1) izlemektedir. Oleik asidin n-7 formunun ilkbahar ve yaz mevsimindeki oranı kış mevsimine göre önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$).

4.5.1.3. *A. marmid*'in çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) mevsimlere göre değişimi

Toplam doymamış yağ asidi (Σ UFA) en fazla bahar mevsiminde (% 67.78), en düşük ise sonbahar mevsiminde (% 64.33) bulunmuştur. Σ UFA oranı ilkbahar mevsiminden sonbahar mevsimine doğru azalış, kış mevsiminde ise tekrar artış göstermiştir. Sonbahar ve ilkbahar mevsimi arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli ($p<0.05$) diğer mevsimler arasındaki farklılıklar ise önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

Toplam çoklu doymamış yağ asidi (Σ PUFA) ve çoklu doymamış yağ asidi (PUFA) bileşiminin mevsimsel değişimleri Şekil 4.3'de verilmiştir. Σ PUFA oranı en fazla kış mevsiminde (% 48.86), en düşük ise yaz mevsiminde (% 43.81) bulunmuştur. Ancak mevsimler arasındaki farklılıklar önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

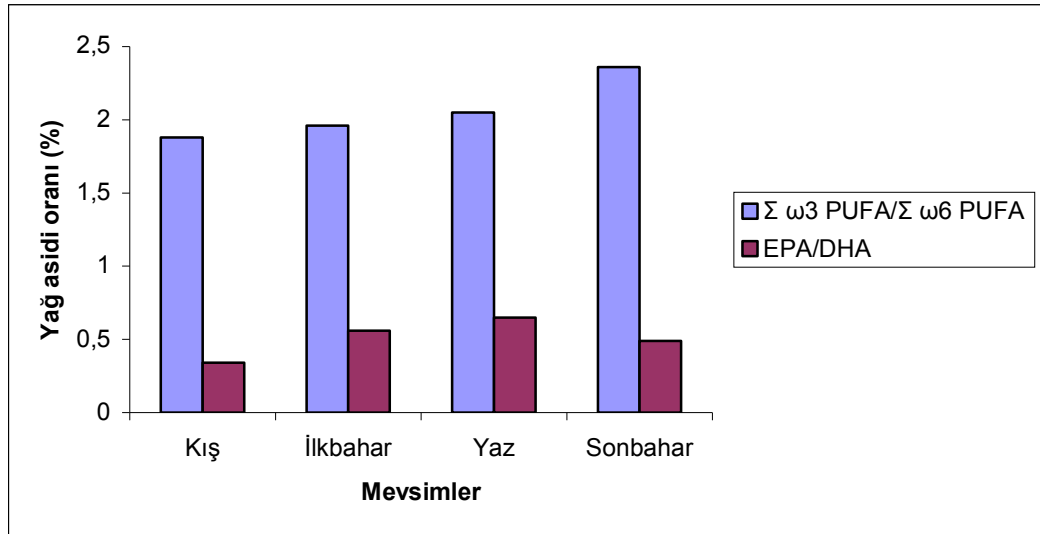


Şekil 4.3. *A. marmid*'in Σ PUFA ve PUFA oranlarının mevsimsel değişimi

ω -3 yağ asitleri içerisinde en yüksek oranda görülen yağ asidi kışın DHA (22:6; % 19.04) olup, bunu yazın EPA (20:5; % 9.17) ve dokosapentaenoik asit (22:5; % 4.03), sonbaharda linolenik asit (18:3; % 3.13) ve yazın eikosatrienoik asit (20:3 ; % 0.83) izlemektedir. Bu yağ asitlerinin mevsimlere göre değişimi önemli derecede farklılık göstermemiştir ($p>0.05$).

ω -6 yağ asitleri içerisinde en yüksek oranda görülen yağ asidi kış mevsiminde araşidonik asit (20:4; % 9.75) olup, bunu ilkbaharda linoleik asit (18:2; % 4.61), kışın dokosapentaenoik asit (22:5; % 2.24) ve sonbaharda eikosadienoik asit (20:2 ; % 1.92) izlemektedir.

ω -3 yağ asitlerinin toplam oranı % 29.27 (İlkbahar) ile % 31.92 (Kış) , ω -6 yağ asitlerinin toplam oranı ise % 14.10 (Sonbahar) ile % 17.04 (Kış) değerleri arasında değişmektedir. ω -3 yağ asitleri toplamının ($\Sigma \omega 3$ PUFA) , ω -6 yağ asitlerinin toplamına ($\Sigma \omega 6$ PUFA) oranı 1.88 (Sonbahar) ile 2.36 (İlkbahar), EPA'nın DHA'ya oranı 0.34 ile 0.65 değerleri arasında yer almaktadır (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. *A. marmid*'in toplam $\Sigma \omega 3$ PUFA/ $\Sigma \omega 6$ PUFA ve EPA/DHA oranlarının mevsimsel değişimi

4.5.2. *Chondrostoma regium*'un total yağ asidi bileşiminin mevsimsel değişimi

C. regium'un kas dokusunun yağ asidi bileşiminin mevsimlere göre değişimi Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. *C. regium*'un kas dokusunun mevsimsel yağ asidi bileşimi (%)^{*}

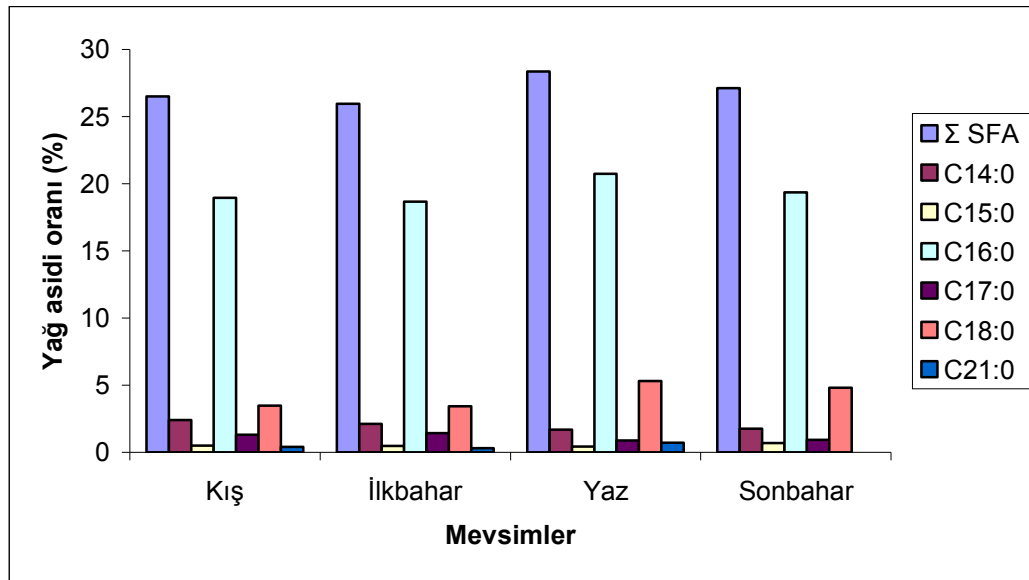
Yağ asidi	n	Kış	n	İlkbahar	n	Yaz	n	Sonbahar
14:0	7	2.40±0.17a	5	2.11±0.21a	6	1.68±0.17a	7	1.77±0.08a
15:0	3	0.50±0.07ab	3	0.47±0.03a	1	0.43	4	0.70±0.05b
16:0	7	18.95±0.44a	5	18.66±0.61a	6	20.75±0.56a	7	19.36±0.32a
16:1 n-7	7	13.76±0.46a	5	12.86±1.00ab	6	10.00±0.95b	7	12.16±0.56ab
17:0	7	1.31±0.11a	5	1.42±0.18a	3	0.87±0.09b	6	0.92±0.10a
17:1 n-8	5	0.68±0.05a	4	0.55±0.02a	3	1.22±0.16a	-	-
18:0	7	3.47±0.16a	5	3.43±0.22a	6	5.32±0.40b	7	4.82±0.22b
18:1 n-9	7	8.13±0.64a	5	7.32±0.60a	6	8.37±0.22a	7	8.98±0.50a
18:1 n-7	7	4.10±0.16a	5	3.86±0.13a	6	3.90±0.17a	7	4.00±0.11a
18:2 n-6	7	1.25±0.13ab	5	0.86±0.05a	6	1.15±0.07b	7	1.16±0.09ab
18:3 n-6cis	7	0.49±0.06a	5	1.04±0.15b	6	0.87±0.11b	7	0.76±0.04b
18:3 n-6	7	0.91±0.09a	5	0.51±0.02b	3	0.76±0.12ab	-	-
18:3 n-3	7	1.64±0.30a	5	1.51±0.24a	5	2.62±0.28a	5	0.93±0.17a
18:4 n-3	7	0.68±0.06a	5	0.68±0.04a	5	1.31±0.26a	3	0.67±0.05a
18:4 n-3iso	7	1.18±0.08a	5	1.00±0.11ab	1	0.74	4	0.72±0.02b
20:1 n-9	4	0.60±0.08	-	-	-	-	1	0.61
20:2 n-6	-	-	5	0.68±0.10	-	-	-	-
20:3 n-3	3	0.42±0.03a	2	0.33±0.03a	-	-	-	-
20:4 n-6	7	2.28±0.15a	5	1.87±0.17a	6	3.19±0.30b	7	3.87±0.18b
20:5 n-3	7	18.62±0.78a	5	18.35±0.58a	6	18.80±0.51a	7	18.17±0.49a
21:0	3	0.41±0.08	1	0.30	1	0.72	-	-
22:2 n-6	7	0.67±0.06a	5	0.60±0.08a	6	0.63±0.05a	7	0.81±0.08a
22:5 n-6	7	1.07±0.13a	5	1.28±0.12a	6	1.27±0.09a	7	1.14±0.10a
22:5 n-3	7	3.96±0.26a	5	4.51±0.18a	6	4.34±0.13a	7	3.65±0.18a
22:6 n-3	7	10.51±0.37a	5	11.62±1.00ab	6	13.60±1.04ab	7	13.44±0.68b
Σ Diğer	7	3.13±0.53a	5	3.92±0.92a	4	1.70±0.25a	7	3.27±0.42a
Σ SFA	7	26.60±0.45ab	5	25.96±0.34a	6	28.36±0.52b	7	27.13±0.34ab
Σ UFA	7	70.26±0.22a	5	70.11±0.66a	6	70.51±0.55a	7	69.59±0.42a
Σ MUFA	7	26.82±1.10a	5	24.48±1.32a	6	22.89±1.40a	7	25.22±0.88a
Σ PUFA	7	43.45±1.22a	5	45.63±1.85a	6	47.62±1.07a	7	44.37±1.10a
Σ ω3 PUFA	7	36.78±1.09a	5	38.80±1.53a	6	40.14±0.89a	7	36.63±0.91a
Σ ω6 PUFA	7	6.67±0.21a	5	6.83±0.34a	6	7.48±0.22a	7	7.74±0.33a
Σ ω3 / Σ ω6	7	5.53±0.15a	5	5.69±0.11a	6	5.38±0.10a	7	4.77±0.21a
EPA / DHA	7	1.78±0.08a	5	1.70±0.11ab	6	1.51±0.12ab	7	1.37±0.07b

*Aynı satırda aynı harfle gösterilen değerler birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir (p>0.05).

4.5.2. 1. *C. regium*'un doymuş yağ asitlerinin (SFA) mevsimlere göre değişimi

C. regium'un toplam doymuş yağ asidi (Σ SFA) ve doymuş yağ asidi bileşiminin mevsimsel değişimleri Şekil 4.5'te verilmiştir. Toplam doymuş yağ asidi oranı en fazla yaz mevsiminde (% 28.36), en düşük ise ilkbahar mevsiminde (% 25.96) bulunmuştur. Toplam SFA oranı yaz ile ilkbahar mevsimleri arasında istatistiksel açıdan önemli derecede farklılık ($p<0.05$) gösterirken, diğer mevsimler arasında önemli farklılıklar göstermemiştir.

Doymuş yağ asitleri içerisinde en fazla oranda bulunan yağ asidi yazın palmitik asit (16:0; % 20.75) ve stearik (18:0; % 7.09) olup, bunu kışın miristik (14:0; % 2.40), ilkbaharda heptadekanoik (17:0; % 1.42), sonbaharda pentadekanoik asit (15:0; % 0.70) ve yazın heneikosanoik asit (21:0; % 0.72) izlemektedir.



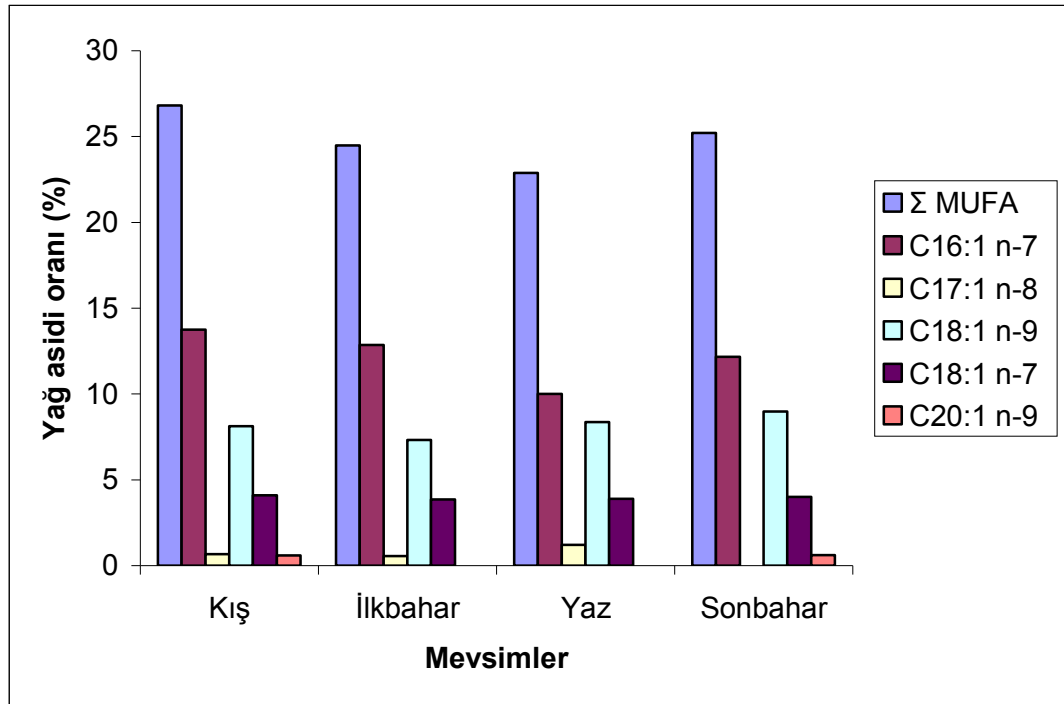
Şekil 4.5. *C. regium*'un Σ SFA ve SFA oranlarının mevsimsel değişimi

Palmitik asit oranı istatistiksel açıdan mevsimler arasında önemli derecede farklılık göstermemiştir ($p>0.05$). Stearik asidin yaz ve sonbahar mevsimindeki oranı kış ve ilkbahar mevsimine göre istatistiksel açıdan önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Miristik asit oranı kış mevsiminden yaz mevsimine doğru bir azalış göstermiştir.

4.5.2.2. *C. regium*'un tekli doymamış yağ asitlerinin (MUFA) mevsimlere göre değişimi

Toplam tekli doymamış yağ asidi (Σ MUFA) ve tekli doymamış yağ asidi bileşiminin mevsimsel değişimleri Şekil 4.6'da verilmiştir. Σ MUFA oranı en fazla kış mevsiminde (% 26.82), en düşük ise yaz mevsiminde (% 22.89) bulunmuştur. Σ MUFA oranı mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli farklılık göstermemiştir ($p>0.05$).

Tekli doymamış yağ asitleri içerisinde en fazla oranda bulunan yağ asidi kış mevsiminde palmitoleik asit (16:1; % 13.76) olup, bunu sonbaharda oleik asitin (18:1) n-9 formu (% 13.44), kışın n-7 formu (% 4.10), yazın heptadekenoik (17:1; % 1.22) ve kışın eser miktarda görülen eikosenoik asit (20:1; % 0.60) izlemektedir. Palmitoleik asidin kış mevsimindeki oranı yaz mevsimine göre önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$).



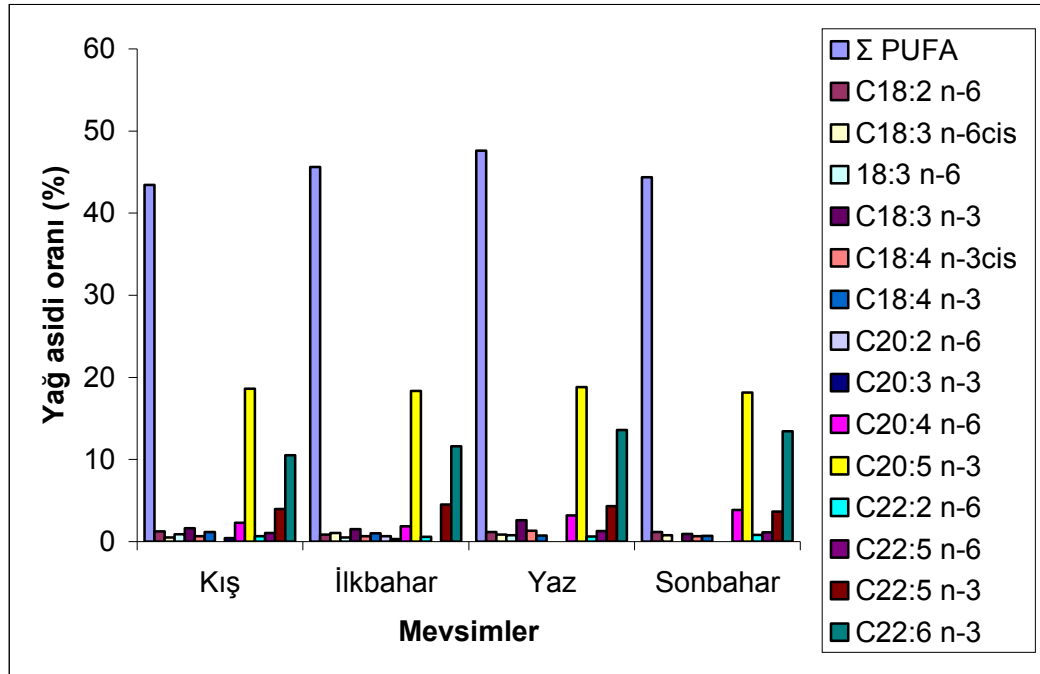
Şekil 4.6. *C. regium*'un Σ MUFA ve MUFA oranlarının mevsimsel değişimi

4.5.2.3. *C. regium*'un çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) mevsimlere göre değişimi

Toplam doymamış yağ asidi (Σ UFA) en fazla yaz mevsiminde (% 70.51), en düşük ise sonbahar mevsiminde (% 69.59) bulunmuştur. Σ UFA oranı mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli farklılık göstermemiştir ($p>0.05$).

Toplam çoklu doymamış yağ asidi (Σ PUFA) ve çoklu doymamış yağ asidi (PUFA) bileşiminin mevsimsel değişimleri Şekil 4.7'de verilmiştir. Σ PUFA oranı en fazla yaz mevsiminde (% 47.62), en düşük ise kış mevsiminde (% 43.45) bulunmuştur. Mevsimler arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur ($p>0.05$).

ω -3 yağ asitleri içerisinde en yüksek oranda görülen yağ asidi ilkbahar mevsiminde EPA (20:5; % 18.35) olup, bunu yazın DHA (22:6; % 13.60), ilkbaharda dokosapentaenoik asit (22:5; % 4.51), yazın linolenik asit (18:3; % 2.62), yazın stearidonik (18:4; % 1.31), kışın ise stearidonik asidin bir izomerisi (18:4; % 1.18) ve kışın eikosatrienoik asit (20:3; % 0.42) izlemektedir. DHA'nın kış mevsimindeki oranı sonbahar mevsimine göre önemli derecede düşük bulunmuştur ($p<0.05$).



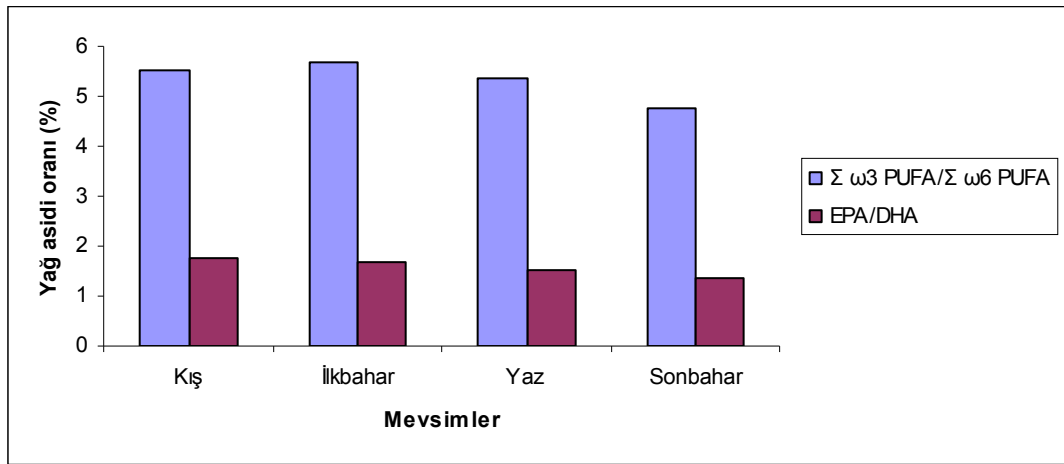
Şekil 4.7. *C. regium* 'un Σ PUFA ve PUFA oranlarının mevsimsel değişimi

ω -6 yağ asitleri içerisinde en yüksek oranda görülen yağ asidi sonbahar mevsiminde araşidonik asit (20:4; % 3.87) olup, bunu ilkbaharda dokosapentaenoik asit (22:5; % 1.28), kışın linoleik asit (18:2; % 1.25), ilkbaharda linolenik (18:3; % 1.04), kışın linolenik asidin bir izomerisi (% 0.91), sonbaharda dokosadienoik asit (22:2; % 0.81), ilkbaharda eikosadienoik asit (20:2; % 0.68) izlemektedir.

Araşidonik asidin yaz ve sonbahar mevsimlerindeki oranı kış ve ilkbahar mevsimlerine göre önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Linoleik asidin yaz mevsimindeki oranı ilkbahar mevsimine göre önemli derecede yüksek bulunurken, γ -linolenik asidin kış mevsimindeki oranı diğer mevsimlere göre önemli derecede düşük bulunmuştur ($p<0.05$).

ω -3 PUFA'ların toplam oranı % 36.63 (Sonbahar) ile % 40.14 (Yaz), ω -6 PUFA'ların toplam oranı ise % 6.67 (Kış) ile % 7.74 (Sonbahar) değerleri arasında değişmektedir. ω 3 PUFA'ların oranlarının toplamının ($\Sigma \omega$ 3 PUFA) , ω -6 PUFA'ların oranlarının toplamına ($\Sigma \omega$ 6 PUFA) oranı 4.77 (Sonbahar) ile 5.69 (İlkbahar) ve EPA'nın DHA'ya oranı 1.37 (Sonbahar) ile 1.78 (İlkbahar) değerleri arasında yer almaktadır (Şekil 4.8).

$\Sigma \omega$ -3, $\Sigma \omega$ -6, $\Sigma \omega$ 3 / $\Sigma \omega$ 6 PUFA'ların oranı mevsimler arasında istatistiksel olarak farklılık göstermemiştir ($p<0.05$). EPA/DHA oranı kış mevsiminde sonbahar mevsimine göre önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$).



Şekil 4.8. *C. regium*'un $\Sigma \omega$ 3 PUFA / $\Sigma \omega$ 6 PUFA ve EPA / DHA oranlarının mevsimsel değişimi.

4.5.3. *Leuciscus cephalus*'un total yağ asidi bileşiminin mevsimsel değişimi

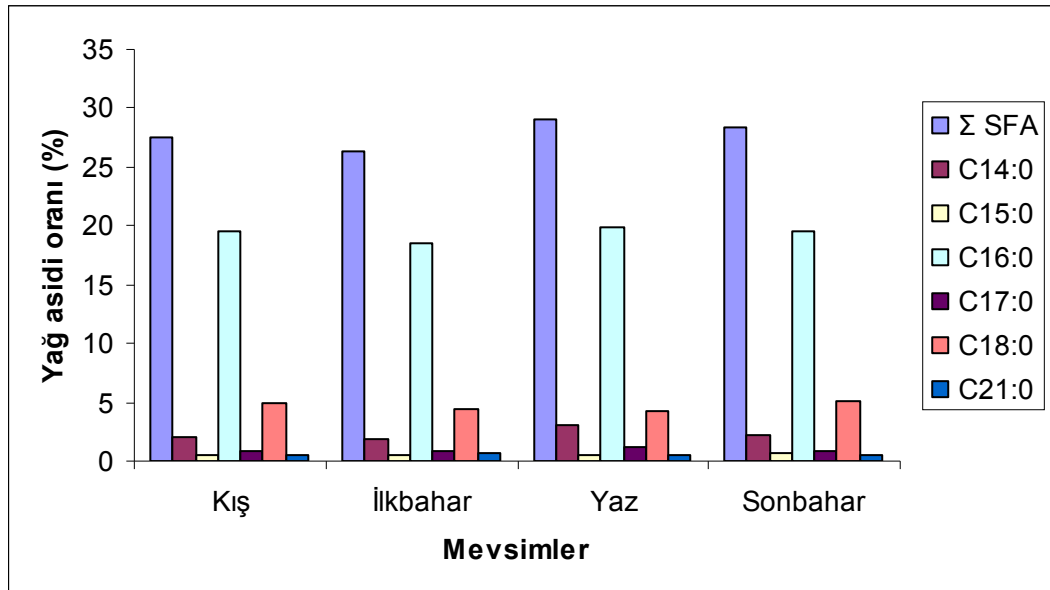
L. cephalus'un kas dokusunun yağ asidi bileşiminin mevsimlere göre değişimi Çizelge 4.10'da verilmiştir.

4.5.3.1. *L. cephalus*'un doymuş yağ asitlerinin (SFA) mevsimlere göre değişimi

L. cephalus'un toplam doymuş yağ asidi (Σ SFA) ve doymuş yağ asidi bileşiminin mevsimsel değişimleri Şekil 4.9'da verilmiştir. Toplam doymuş yağ asidi oranı en fazla yaz mevsiminde (% 29.03), en düşük ise ilkbahar mevsiminde (% 26.36) bulunmuştur. Toplam SFA oranı ilkbahar ile yaz ve ilkbahar ile sonbahar mevsimleri arasında istatistiksel açıdan önemli derecede farklılık göstermiştir ($p<0.05$).

Doymuş yağ asitleri içerisinde en fazla oranda bulunan yağ asidi yaz mevsiminde palmitik (16:0; % 19.81) olup, bunu sonbaharda stearik (18:0; % 5.10), yazın miristik (14:0; % 3.03) ve heptadekanoik (17:0; % 1.27), sonbaharda pentadekanoik (15:0; % 0.70), ilkbaharda heneikosanoik asit (21:0; % 0.65) izlemektedir.

Palmitik asit oranı ilkbahar mevsiminde yaz mevsimine göre önemli derecede düşük bulunmuştur ($p<0.05$). Yaz mevsiminde miristik asidin oranı kış ve ilkbahar mevsimine göre, heptadekanoik asidin oranı ise diğer mevsimlere göre önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$).



Şekil 4.9. *L. cephalus*'un Σ SFA ve SFA oranlarının mevsimsel değişimi

Çizelge 4.10. *L. cephalus*'un kas dokusunun mevsimsel yağ asidi bileşimi (%)^{*}

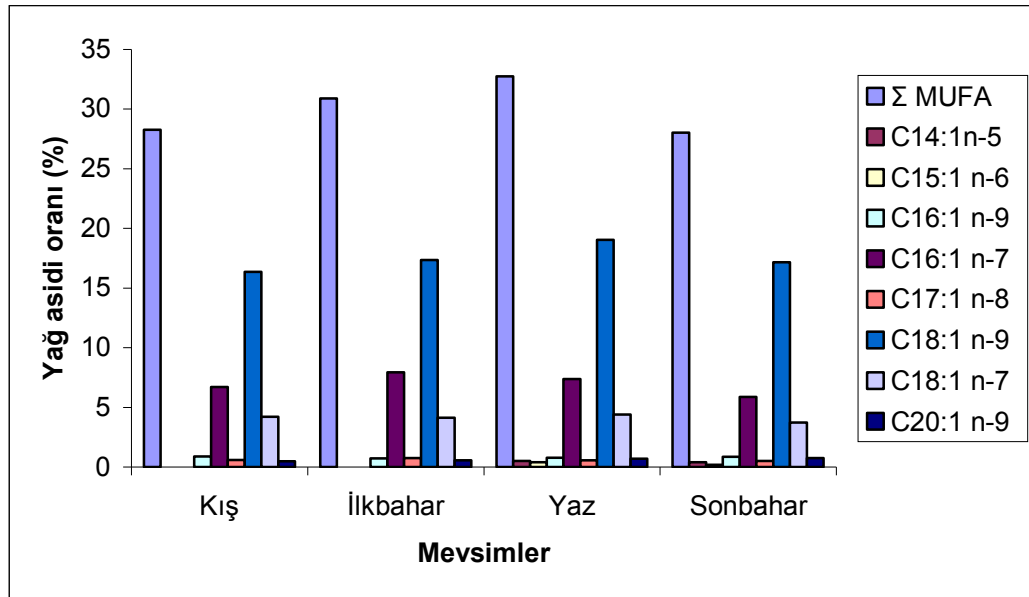
Yağ asidi	n	Kış	n	İlkbahar	n	Yaz	n	Sonbahar
14:0	6	2.01±0.20a	8	1.93±0.13a	8	3.03±0.14b	6	2.14±0.27ab
14:1 n-5	-	-	-	-	1	0.52	1	0.41
15:0	2	0.49±0.03a	2	0.44±0.03a	5	0.53±0.01a	4	0.70±0.06a
15:1 n-6	-	-	-	-	4	0.39±0.01	1	0.19
16:0	6	19.52±0.45ab	8	18.49±0.23a	8	19.81±0.28b	6	19.61±0.33ab
16:1 n-9	5	0.88±0.03a	8	0.72±0.04a	8	0.78±0.02a	4	0.86±0.04a
16:1 n-7	6	6.70±0.71ab	8	7.93±0.29a	8	7.38±0.35ab	6	5.87±0.65b
17:0	5	0.93±0.04a	8	0.85±0.03a	8	1.27±0.02b	5	0.91±0.03a
17:1 n-8	2	0.59±0.05a	4	0.74±0.12a	5	0.56±0.03a	4	0.52±0.01a
18:0	6	4.90±0.33a	8	4.41±0.13a	8	4.17±0.24a	6	5.10±0.40a
18:1 n-9	6	16.36±1.10a	8	17.35±0.48a	8	19.05±0.21b	6	17.17±0.78a
18:1 n-7	6	4.21±0.14a	8	4.12±0.09a	8	4.40±0.04b	6	3.72±0.07a
18:2 n-6	6	3.48±0.23a	8	3.41±0.13a	8	4.11±0.12a	6	5.59±0.60b
18:3 n-3	6	2.15±0.25a	8	3.02±0.32ab	8	3.38±0.14b	6	3.59±0.47ab
18:4 n-3	2	0.53±0.03a	3	0.66±0.07ab	8	0.96±0.04a	3	0.80±0.11a
20:1n-9	1	0.49	6	0.56±0.03a	6	0.71±0.10a	2	0.74±0.21a
20:2 n-6	2	0.41±0.02a	3	0.46±0.02a	3	0.37±0.01a	3	0.47±0.03a
20:3 n-3	-	-	1	0.62	1	0.25	1	0.31
20:4 n-6	6	7.80±0.40a	8	6.08±0.40a	8	4.79±0.32b	6	6.60±0.64a
20:5 n-3	6	6.55±0.13a	8	6.45±0.15a	8	6.92±0.12a	6	6.37±0.27a
21:0	2	0.53±0.01a	7	0.65±0.05a	6	0.56±0.02a	4	0.56±0.07a
22:5 n-6	6	1.11±0.13a	7	0.87±0.06a	8	1.07±0.07a	6	1.04±0.09a
22:5 n-3	6	3.08±0.11ac	8	3.13±0.10a	8	2.40±0.02b	6	2.55±0.12bc
22:6 n-3	6	18.81±1.87a	8	17.88±0.78a	8	11.99±0.51b	6	15.48±1.07ab
Σ Diğer	4	1.36±0.21ab	8	1.53±0.11a	8	2.39±0.17b	6	1.62±0.17b
Σ SFA	6	27.55±0.64ab	8	26.36±0.25a	8	29.03±0.21b	6	28.45±0.23b
Σ UFA	6	71.55±0.46a	8	72.11±0.20a	8	68.59±0.16b	6	69.99±0.25c
Σ MUFA	6	28.27±2.02a	8	30.90±0.82a	8	32.75±0.79a	6	28.03±1.69a
Σ PUFA	6	43.28±1.82a	8	41.21±0.84a	8	35.83±0.75b	6	41.91±0.67ab
Σ ω3 PUFA	6	30.76±1.68ab	8	30.80±0.81a	8	25.69±0.49b	6	28.44±1.08ab
Σ ω6 PUFA	6	12.52±0.26a	8	10.41±0.44b	8	10.21±0.32b	6	13.53±0.70a
Σ ω3 / Σ ω6	6	2.46±0.12ab	8	3.00±0.18a	8	2.52±0.06a	6	2.12±0.08b
EPA / DHA	6	0.37±0.04aa	8	0.37±0.02a	8	0.58±0.02b	6	0.42±0.01a

^{*}Aynı satırda aynı harfle gösterilen değerler birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir (p>0.05).

4.5.3.2. *L. cephalus*'un tekli doymamış yağ asitlerinin (MUFA) mevsimlere göre değişimi

Toplam tekli doymamış yağ asidi (Σ MUFA) ve tekli doymamış yağ asidi bileşiminin mevsimsel değişimleri Şekil 4.10'da verilmiştir. Σ MUFA oranı en fazla yaz mevsiminde (% 32.75), en düşük ise sonbahar mevsiminde (% 28.03) bulunmuştur. Σ MUFA oranı mevsimler arasında istatistiksel açıdan önemli derecede farklılıklar göstermemiştir ($p>0.05$).

Tekli doymamış yağ asitleri içerisinde en fazla oranda bulunan yağ asidi yaz mevsiminde oleik asitin (18:1; % 19.05) n-9 formu olup, bunu kışın palmitoleik (16:1; % 7.93), yazın oleik asitin n-7 formu (% 4.40), kışın palmitoleik asidin n-9 formu (16:1; % 0.88), sonbaharda eikosenoik asit (20:1; % 0.74) ve ilkbaharda heptadekenoik (17:1; % 0.74) izlemektedir.



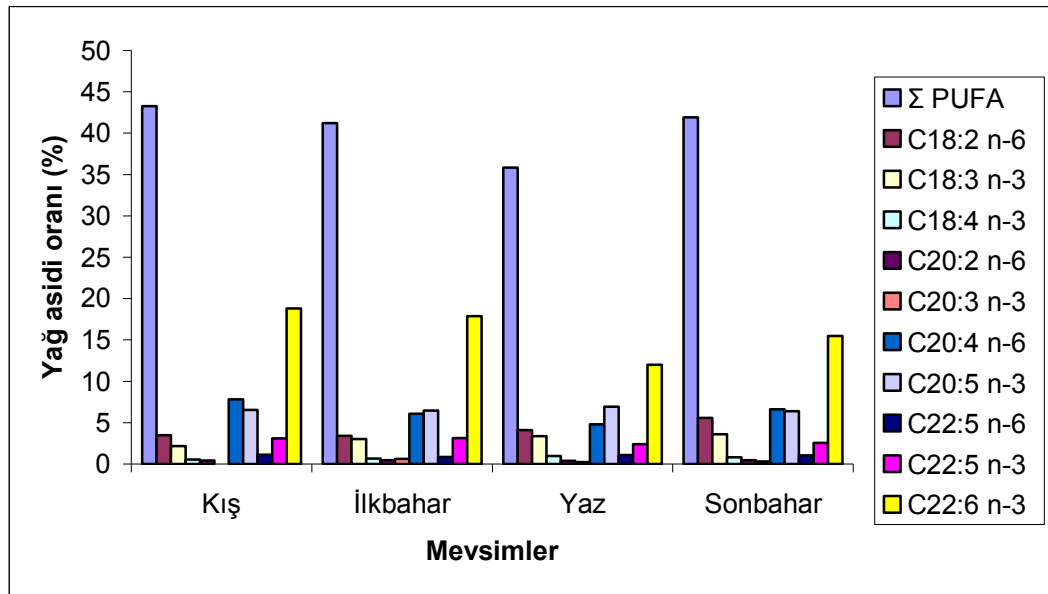
Şekil 4.10. *L. cephalus*'un Σ MUFA ve MUFA oranlarının mevsimsel değişimi

Oleik asidin n-9 ve n-7 formunun yaz mevsimindeki oranı diğer mevsimlerine göre önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$).

4.5.3.3. *L. cephalus*'un çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA) mevsimlere göre değişimi

Toplam doymamış yağ asidi (Σ UFA) en fazla bahar mevsiminde (% 72.11), en düşük ise yaz mevsiminde (% 68.59) bulunmuştur. Kış ve ilkbahar mevsimi arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz, diğer mevsimler arasındaki farklar ise önemli bulunmuştur ($p < 0.05$).

Toplam çoklu doymamış yağ asidi (Σ PUFA) ve çoklu doymamış yağ asidi bileşiminin mevsimsel değişimleri Şekil 4.11'de verilmiştir. Σ PUFA oranı en fazla kış mevsiminde (% 43.28), en düşük ise yaz mevsiminde (% 35.83) bulunmuştur. Σ PUFA oranı yaz mevsiminde kış ve ilkbahar mevsimine göre önemli derecede düşük bulunmuştur ($p > 0.05$).



Şekil 4.11. *L. cephalus*'un Σ PUFA ve PUFA oranlarının mevsimsel değişimi

ω -3 yağ asitleri içerisinde en yüksek oranda görülen yağ asidi kışın DHA (22:6; % 18.81) olup, bunu yazın EPA (20:5; % 6.92), sonbaharda linolenik asit (18:3; % 3.59), ilkbaharda dokosapentaenoik asit (22:5; % 3.13), yazın stearidonik (18:4; % 0.96) ve kışın eser miktarda görülen eikosatrienoik asit (20:3; % 0.42) izlemektedir.

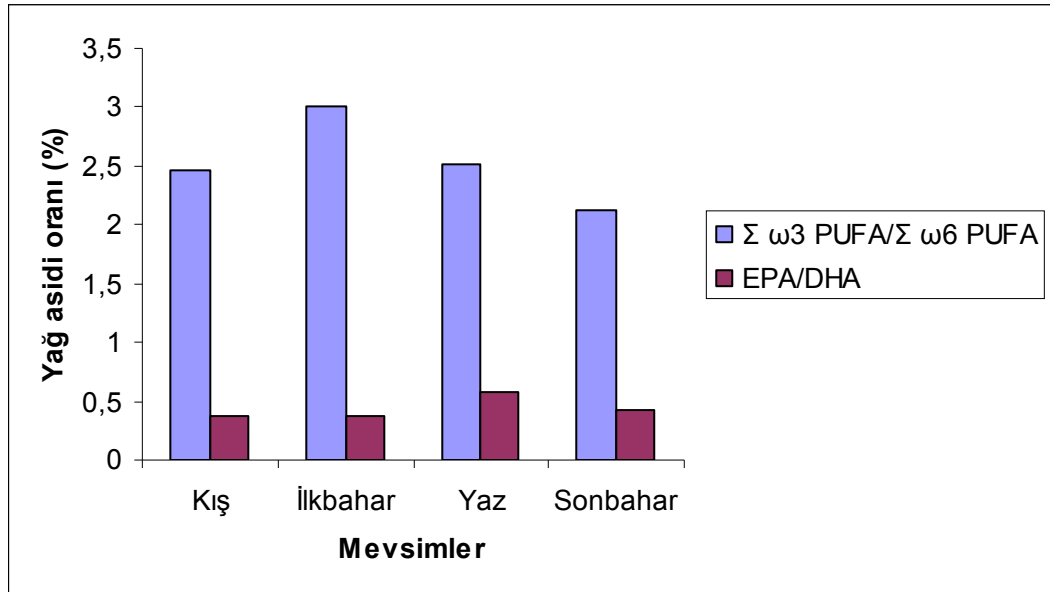
DHA oranı kış ile yaz ve ilkbahar ile yaz arasında, linolenik asit oranı kış ile yaz mevsimi arasında istatistiksel açıdan önemli derecede farklılık ($p < 0.05$) gösterirken, diğer mevsimler arasında önemli farklılıklar göstermemiştir ($p > 0.05$).

Dokosapentaenoik asidin yaz mevsimindeki oranı kış ve ilkbahar mevsimine göre önemli derecede düşük bulunmuştur ($p<0.05$).

ω -6 yağ asitleri içerisinde en yüksek oranda görülen yağ asidi kış mevsiminde araşidonik asit (20:4; % 7.80) olup, bunu sonbaharda linoleik asit (18:2; % 5.59), kışın dokosapentaenoik asit (22:5; % 1.11) ve sonbaharda eikosadienoik asit (20:2 ; % 0.47) izlemektedir.

Araşidonik asidin yaz mevsimindeki oranı diğer mevsimlere göre önemli derecede düşük, linoleik asidin sonbahar mevsimindeki oranı ise diğer mevsimlere göre önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$).

ω -3 PUFA'ların toplam oranı % 25.69 (Yaz) ile % 30.80 (İlkbahar) , ω 6 yağ asitlerinin toplam oranı ise % 10.21 (Yaz) ile % 13.53 (Sonbahar) değerleri arasında değişmektedir. ω -3 PUFA'ların oranlarının toplamının ($\Sigma \omega$ 3 PUFA) , ω 6 PUFA'ların oranlarının toplamına ($\Sigma \omega$ 6 PUFA) oranı 2.12 (Sonbahar) ile 3.00 (İlkbahar), EPA'nın DHA'ya oranı 0.37 ile 0.58 değerleri arasında yer almaktadır (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. *L. cephalus*'un $\Sigma \omega$ 3 PUFA/ $\Sigma \omega$ 6 PUFA ve EPA/DHA oranlarının mevsimsel değişimi

$\Sigma \omega$ 3 PUFA'ların oranı yaz mevsiminde ilkbahar mevsime göre önemli derecede düşük bulunmuştur ($p<0.05$). $\Sigma \omega$ 6 PUFA'ların oranı ilkbahar ve yaz mevsiminde kış ve sonbahar mevsimine göre düşük, $\Sigma \omega$ 3 PUFA/ $\Sigma \omega$ 6 PUFA oranı ilkbahar ve yaz

mevsiminde sonbahar mevsimine göre önemli derecede yüksek, EPA/DHA oranı ise yaz mevsiminde diğer mevsimlere göre önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$).

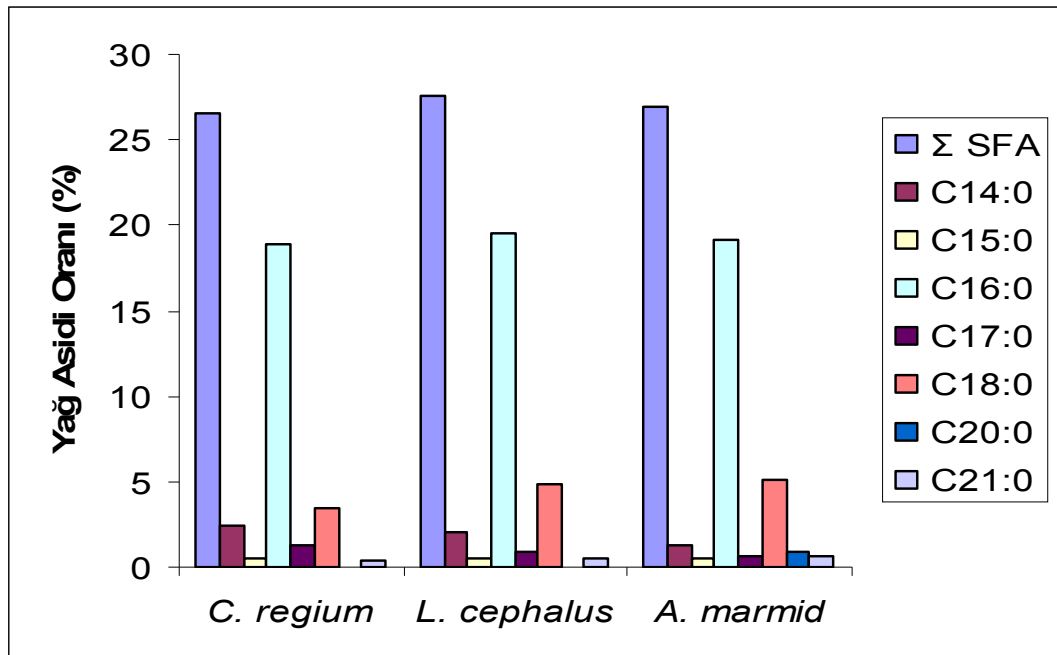
4.6. Türler Arasında Total Yağ Asidi Bileşiminin Mevsimsel Değişimi

4.6.1. Kış Mevsiminde türler arasında yağ asidi bileşiminin değişimi

Kış mevsiminde türler arasında yağ asidi bileşiminin mevsimsel değişimi Çizelge 4.11’de verilmiştir.

4.6.1.1. Kış mevsiminde türler arasında doymuş yağ asidi (SFA) bileşiminin değişimi

Kış mevsiminde türler arasında Σ SFA ve doymuş yağ asidi bileşiminin değişimleri Şekil 4.13’de verilmiştir.



Şekil 4.13. Kış mevsiminde türler arasında Σ SFA ve SFA oranlarının değişimi

Kış mevsiminde türler arasında Σ SFA oranı istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). Stearik asit oranı *C. regium*’da diğer türlere göre, miristik asit oranı *A. marmid*’de *C. regium*’a göre önemli derecede düşük bulunmuştur ($p<0.05$).

Çizelge 4.11. Kış mevsiminde türler arasında yağ asidi bileşiminin değişimi (%)^{*}

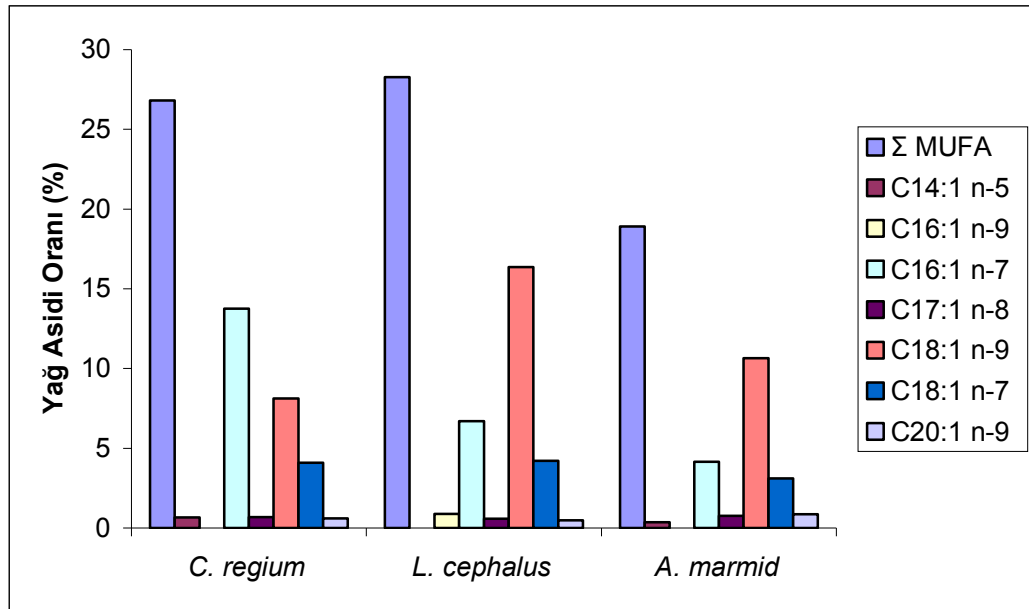
Yağ asidi	<i>C. regium</i>	<i>L. cephalus</i>	<i>A. marmid</i>
14:0	2.40±0.17a	2.01±0.20ab	1.31±0.12b
14:1 n-5	0.66	-	0.36
15:0	0.50±0.07a	0.49±0.03a	0.54±0.05a
16:0	18.95±0.44a	19.52±0.45a	19.09±0.36a
16:1 n-9	-	0.88±0.03	-
16:1 n-7	13.76±0.46a	6.70±0.71b	4.16±0.86b
17:0	1.31±0.11a	0.93±0.04b	0.67
17:1 n-8	0.68±0.05a	0.59±0.05a	0.76±0.08a
18:0	3.47±0.16a	4.90±0.33b	5.14±0.26b
18:1 n-9	8.13±0.64a	16.36±1.10b	10.64±1.01a
18:1 n-7	4.10±0.16ab	4.21±0.14a	3.10±0.24b
18:2 n-6	1.25±0.13a	3.48±0.23b	4.09±0.40b
18:3 n-6cis	0.49±0.06	-	-
18:3 n-6	0.91±0.09	-	-
18:3 n-3	1.64±0.30a	2.15±0.25a	2.84±0.41a
18:4 n-3	0.68±0.06a	0.53±0.03a	-
18:4 n-3iso	1.18±0.08	-	-
20:0	-	-	0.94±0.09
20:1 n-9	0.60±0.08a	0.49	0.86±0.24a
20:2 n-6	-	0.41±0.02a	0.97±0.06a
20:3 n-3	0.42±0.03a	-	0.70±0.23a
20:4 n-6	2.28±0.15a	7.80±0.40b	9.75±0.52b
20:5 n-3	18.62±0.78a	6.55±0.13b	6.55±0.81b
21:0	0.41±0.08a	0.53±0.01a	0.66
22:2 n-6	0.67±0.06	-	-
22:5 n-6	1.07±0.13a	1.11±0.13a	2.24±0.38a
22:5 n-3	3.96±0.26a	3.08±0.11b	3.21±0.19b
22:6 n-3	10.51±0.37a	18.81±1.87b	19.04±0.93b
Σ Diğer	3.13±0.53a	1.36±0.21b	5.25±0.56a
Σ SFA	26.60±0.45a	27.55±0.64a	26.97±0.42a
Σ UFA	70.26±0.22a	71.55±0.46a	67.78±0.97b
Σ MUFA	26.82±1.10a	28.27±2.02a	18.92±2.30a
Σ PUFA	43.45±1.22a	43.28±1.82a	48.86±1.92a
Σ ω3 PUFA	36.78±1.09a	30.76±1.68b	31.92±1.44ab
Σ ω6 PUFA	6.67±0.21a	12.52±0.26b	17.04±0.75c
Σ ω3 / Σ ω6	5.53±0.15a	2.46±0.12b	1.88±0.09c
EPA / DHA	1.78±0.08a	0.37±0.04b	0.34±0.03b

*Aynı satırda aynı harfle gösterilen değerler birbirinden farklı değildir (p>0.05).

4.6.1.2. Kış mevsiminde türler arasında tekli doymamış yağ asidi (MUFA) bileşiminin değişimi

Kış mevsiminde türler arasında Σ MUFA oranı ve MUFA bileşiminin değişimleri Şekil 4.14’de verilmiştir.

Σ MUFA türler arasında önemli derecede farklılık göstermemiştir ($p<0.05$). Palmitoleik asit (16:1 n-7) oranı *C. regium*’da, oleik asitin n-9 formu ise *L. cephalus*’da daha baskın olup, diğer türlere göre önemli derecede farklılıklar göstermiştir. Oleik asitin n-7 formu *A. marmid*’de *L. cephalus*’a göre önemli derecede düşük bulunmuştur ($p<0.05$).



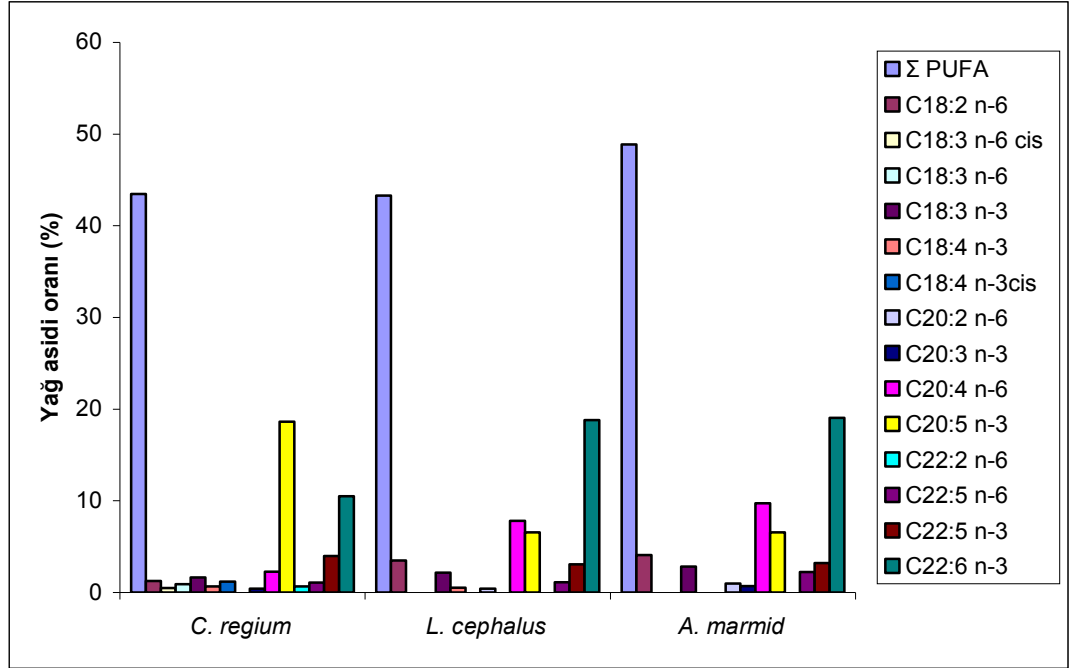
Şekil 4.14. Kış mevsiminde türler arasında Σ MUFA ve MUFA oranlarının değişimi

4.6.1.3. Kış mevsiminde türler arasında çoklu doymamış yağ asidi (PUFA) bileşiminin değişimi

Kış mevsiminde türler arasında Σ PUFA ve PUFA bileşiminin değişimleri Şekil 4.15’de verilmiştir.

A. marmid’de Σ UFA oranı, diğer türlere göre önemli derecede düşük bulunmuştur ($p<0.05$). Σ PUFA oranı türler arasında istatistiksel açıdan önemli derecede farklılık göstermemiştir ($p>0.05$).

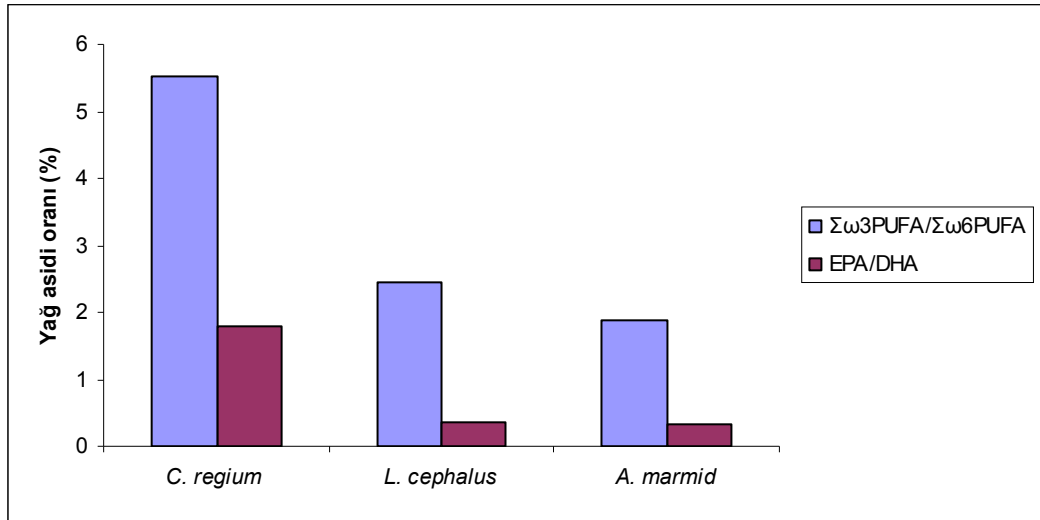
C. regium'da DHA (22:6), araşidonik asit (20:4) ve linoleik asit (18:2) diğer türlere göre önemli derecede düşük bulunurken, EPA oranı önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$).



Şekil 4.15. Kış mevsiminde türler arasında Σ PUFA ve PUFA oranlarının değişimi

İlkbahar mevsiminde türler arasında $\Sigma \omega 3$ PUFA / $\Sigma \omega 6$ PUFA ve EPA/DHA oranlarının değişimi Şekil 4.16'da verilmiştir.

$\Sigma \omega 6$ PUFA, $\Sigma \omega 3$ PUFA / $\Sigma \omega 6$ PUFA ve EPA/DHA oranları türler arasında önemli derecede farklılık göstermiştir ($p<0.05$). *C. regium*'da bulunan $\Sigma \omega 3$ PUFA oranı *L. cephalus*'a göre önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$).



Şekil 4.16. Kış mevsiminde türler arasında $\Sigma \omega 3$ PUFA / $\Sigma \omega 6$ PUFA ve EPA/DHA oranlarının değişimi

4.6.2. İlkbahar mevsiminde türler arasında total yağ asidi bileşiminin değişimi

İlkbahar mevsiminde türler arasında yağ asidi bileşiminin mevsimsel değişimi Çizelge 4.12’de verilmiştir.

4.6.2.1. İlkbahar mevsiminde türler arasında doymuş yağ asidi (SFA) bileşiminin değişimi

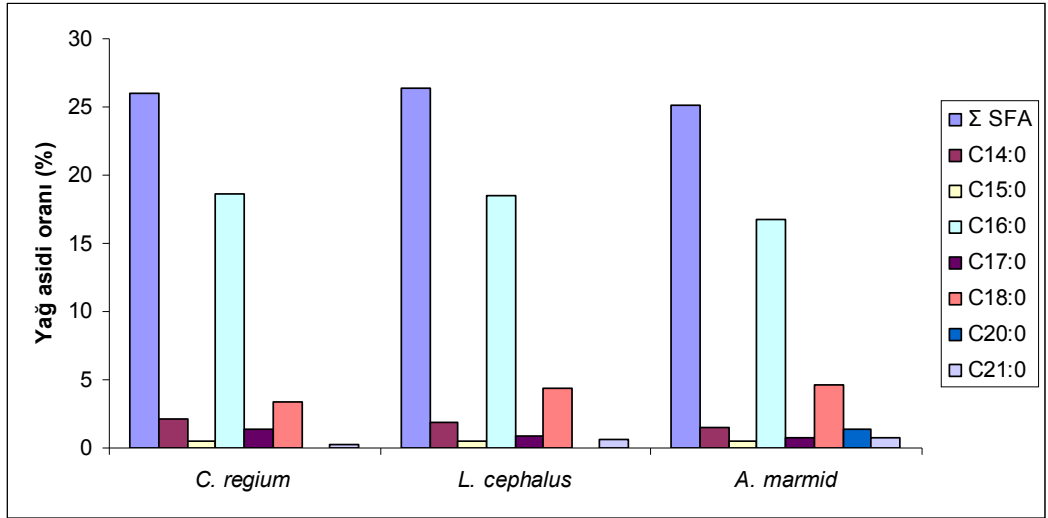
İlkbahar mevsiminde türler arasında Σ SFA ve SFA bileşiminin değişimleri Şekil 4.17’de verilmiştir.

Σ SFA oranı türler arasında istatistiksel açıdan önemli derecede farklılıklar göstermemiştir ($p>0.05$). *C. regium*’da stearik asit (18:0) oranı *L. cephalus*’a göre önemli derecede düşük bulunurken, heptadekanoik asit oranı (17:0) önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$).

Çizelge 4.12. İlkbahar mevsiminde türler arasında yağ asidi bileşiminin değişimi (%)^{*}

Yağ asidi	<i>C. regium</i>	<i>L. cephalus</i>	<i>A. marmid</i>
14:0	2.11±0.21a	1.93±0.13a	1.47±0.13a
14:1 n-5	-	-	0.66
15:0	0.47±0.03a	0.44±0.03a	0.55±0.09a
15:1 n-6	-	-	0.64±0.07
16:0	18.66±0.61a	18.49±0.23a	16.78±0.84a
16:1 n-9	-	0.72±0.04	-
16:1 n-7	12.86±1.00a	7.93±0.29b	6.13±0.79b
17:0	1.42±0.18a	0.85±0.03b	0.81±0.04 b
17:1 n-8	0.55±0.02a	0.74±0.12a	0.83±0.12a
18:0	3.43±0.22a	4.41±0.13b	4.62±0.26ab
18:1 n-9	7.32±0.60a	17.35±0.48b	13.44±1.54b
18:1 n-7	3.86±0.13a	4.12±0.09a	5.28±0.42a
18:2 n-6	0.86±0.05a	3.41±0.13a	4.61±0.76b
18:3 n-6cis	1.04±0.15	-	-
18:3 n-6	0.51±0.02	-	-
18:3 n-3	1.51±0.24a	3.02±0.32b	2.91±0.67ab
18:4 n-3	0.68±0.04a	0.66±0.07a	-
18:4 n-3iso	1.00±0.11	-	-
20:0	-	-	1.38±0.27
20:1n-9	-	0.56±0.03	0.41
20:2 n-6	0.68±0.10a	0.46±0.02ab	1.10±0.08b
20:3 n-3	0.33±0.03a	0.62	0.66±0.05a
20:4 n-6	1.87±0.17a	6.08±0.40b	7.65±0.52b
20:5 n-3	18.35±0.58a	6.45±0.15b	7.97±0.93b
21:0	0.30	0.65±0.05	0.76
22:2 n-6	0.60±0.08	-	-
22:5 n-6	1.28±0.12a	0.87±0.06b	1.57±0.2a
22:5 n-3	4.51±0.18a	3.13±0.10b	3.11±0.36b
22:6 n-3	11.62±1.00a	17.88±0.78b	14.84±1.25ab
Σ Diğer	3.92±0.92a	1.53±0.11a	5.01±1.28a
Σ SFA	25.96±0.34a	26.36±0.25a	25.10±0.72a
Σ UFA	70.11±0.66a	72.11±0.20a	69.73±1.16a
Σ MUFA	24.48±1.32a	30.90±0.82b	25.79±2.60ab
Σ PUFA	45.63±1.85a	41.21±0.84a	43.94±3.00a
Σ ω3 PUFA	38.80±1.53a	30.80±0.81b	29.27±2.07b
Σ ω6 PUFA	6.83±0.34a	10.41±0.44b	14.88±0.87c
Σ ω3 / Σ ω6	5.69±0.11a	3.00±0.18b	1.96±0.06c
EPA / DHA	1.70±0.11a	0.37±0.02b	0.56±0.09c

^{*}Aynı satırda aynı harfle gösterilen değerler birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir (p>0.05).

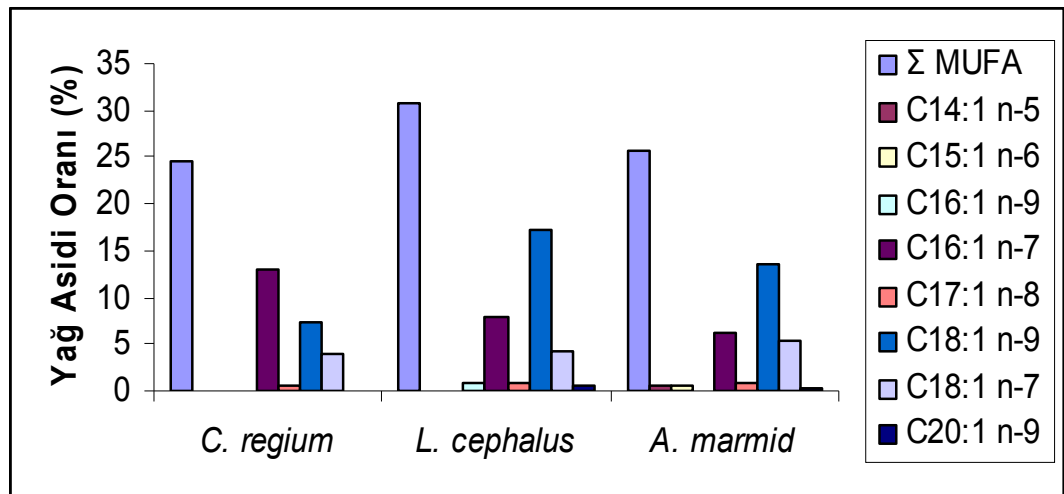


Şekil 4.17. İlkbahar mevsiminde türler arasında Σ SFA ve SFA oranlarının değişimi

4.6.2.2. İlkbahar mevsiminde türler arasında tekli doymamış yağ asidi (MUFA) bileşiminin değişimi

İlkbahar mevsiminde türler arasında Σ MUFA ve MUFA bileşiminin değişimleri Şekil 4.18’de verilmiştir.

C. regium’da Σ MUFA oranı *L. cephalus*’a göre, oleik asit (18:1 n-9) oranı diğer türlere göre önemli derecede düşük bulunmuştur ($p < 0.05$).



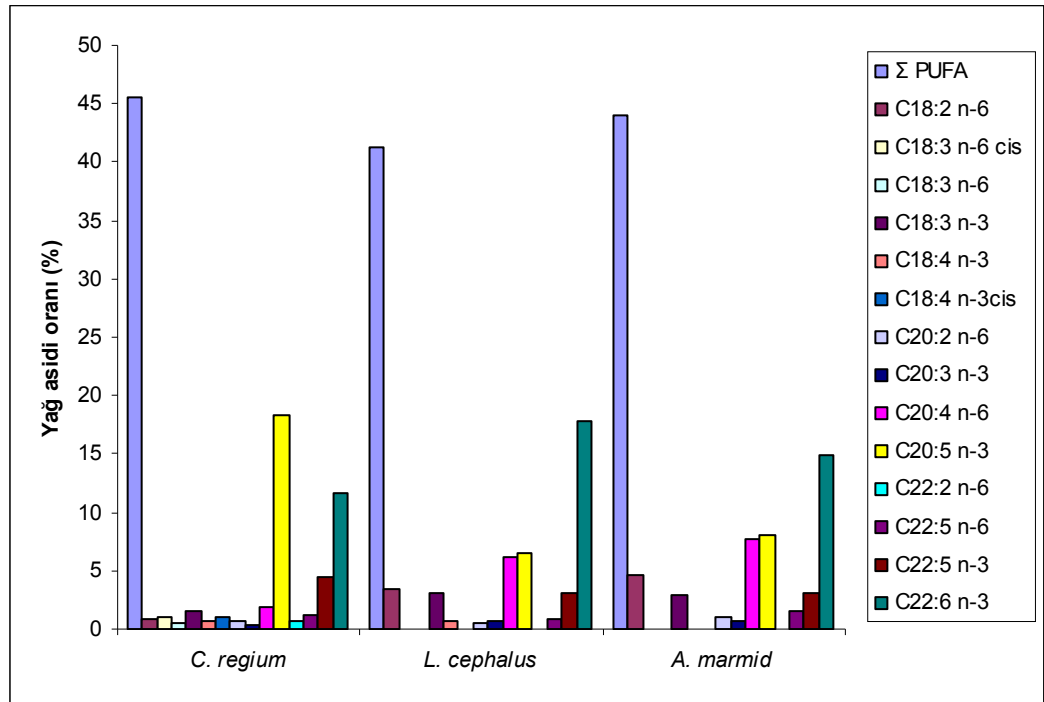
Şekil 4.18. İlkbahar mevsiminde türler arasında Σ MUFA ve MUFA oranlarının değişimi

4.6.2.3. İlkbahar mevsiminde türler arasında çoklu doymamış yağ asidi (PUFA) bileşiminin değişimi

İlkbahar mevsiminde türler arasında Σ PUFA ve PUFA bileşiminin değişimleri Şekil 4.19’da verilmiştir.

Σ UFA ve Σ PUFA oranı türler arasında istatistiksel açıdan önemli derecede farklılıklar göstermemiştir ($p>0.05$).

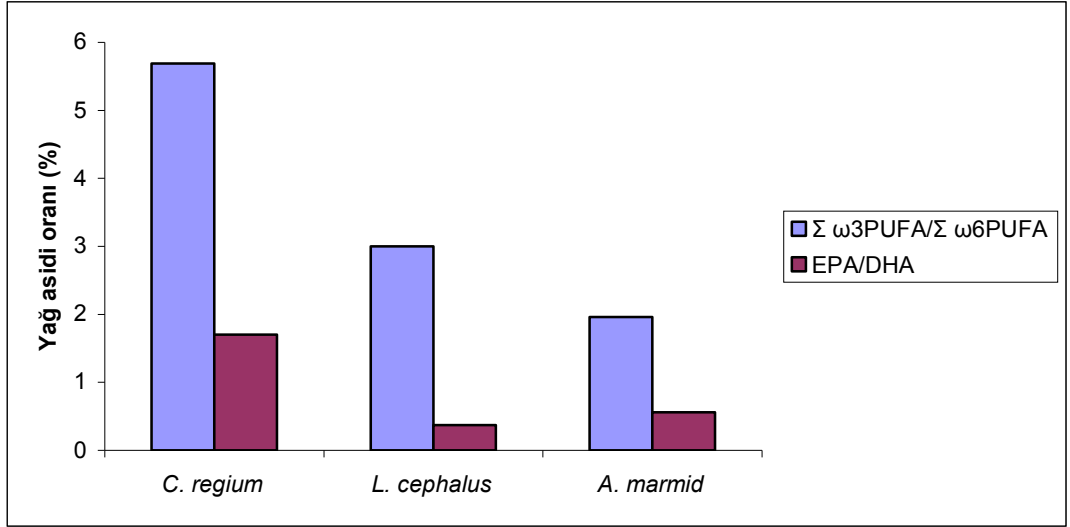
C. regium’da bulunan EPA (20:5) ve dokosapentaenoik asit (22:5 n-3) oranı diğer türlere göre önemli derecede yüksek, linoleik asit (18:2) oranı ise önemli derecede düşük bulunmuştur ($p<0.05$). DHA ve linolenik asit (18:3 n-3) oranı *C. regium*’da *L. cephalus*’a göre önemli derecede düşük bulunmuştur ($p<0.05$). Dokosapentaenoik asit (22:5 n-6) *L. cephalus*’da, araşidonik asit (20:4) oranı *C. regium*’da diğer türlere göre önemli derecede düşük bulunmuştur ($p<0.05$).



Şekil 4.19. İlkbahar mevsiminde türler arasında Σ PUFA ve PUFA oranlarının değişimi

İlkbahar mevsiminde türler arasında $\Sigma \omega 3$ PUFA / $\Sigma \omega 6$ PUFA ve EPA/DHA oranlarının değişimi Şekil 4.20’de verilmiştir.

$\Sigma \omega 6$ PUFA ve $\Sigma \omega 3$ PUFA / $\Sigma \omega 6$ PUFA oranları türler arasında önemli derecede farklı bulunmuştur ($p < 0.05$). *C. regium*'da $\Sigma \omega 3$ PUFA ve EPA/DHA oranları diğer türlere göre önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$).



Şekil 4.20. İlkbahar mevsiminde türler arasında $\Sigma \omega 3$ PUFA / $\Sigma \omega 6$ PUFA ve EPA/DHA oranlarının değişimi.

4.6.3. Yaz mevsiminde türler arasında total yağ asidi bileşiminin değişimi

Yaz mevsiminde türler arasında yağ asidi bileşiminin mevsimsel değişimi Çizelge 4.13'te verilmiştir.

4.6.3.1. Yaz mevsiminde türler arasında doymuş yağ asidi (SFA) bileşiminin değişimi

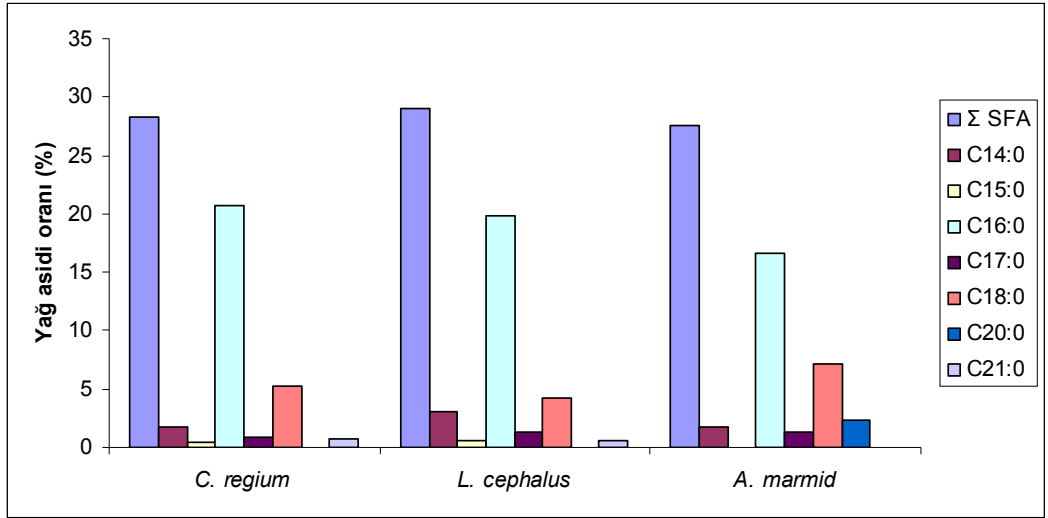
Yaz mevsiminde türler arasında Σ SFA oranı ve SFA bileşiminin değişimleri Şekil 4.21'de verilmiştir.

Σ SFA oranı türler arasında istatistiksel açıdan önemli derecede farklılıklar göstermemiştir ($p > 0.05$). Palmitik asit oranı *C. regium*'da *A. marmid*'e göre, stearik asit (18:0) oranı *A. marmid*'de *L. cephalus*'a göre, miristik (14:0) oranı ise *L. cephalus*'da diğer türlere göre önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$).

Çizelge 4.13. Yaz mevsiminde türler arasında yağ asidi bileşiminin değişimi (%)^{*}

Yağ asidi	<i>C. regium</i>	<i>L. cephalus</i>	<i>A. marmid</i>
14:0	1.68±0.17a	3.03±0.1b	1.74±0.14a
14:1 n-5	-	0.52	0.98±0.04
15:0	0.43	0.53±0.01	-
15:1 n-6	-	0.39±0.01	0.96
16:0	20.75±0.56a	19.81±0.28ab	16.58±1.06b
16:1 n-9	-	0.78±0.02	-
16:1 n-7	10.00±0.95a	7.38±0.35a	4.51±0.59b
17:0	0.87±0.09a	1.27±0.02b	1.24±0.01ab
17:1 n-8	1.22±0.16a	0.56±0.03b	-
18:0	5.32±0.40ab	4.17±0.24a	7.09±0.43b
18:1 n-9	8.37±0.22a	19.05±0.21b	12.10±0.66c
18:1n-7	3.90±0.17a	4.40±0.04a	6.20±0.36b
18:2 n-6	1.15±0.07a	4.11±0.12b	3.90±0.44b
18:3 n-6cis	0.87±0.11	-	-
18:3 n-6	0.76±0.12	-	-
18:3 n-3	2.62±0.28a	3.38±0.14a	1.82±0.29a
18:4 n-3	1.31±0.26a	0.96±0.04a	-
18:4 n-3iso	0.74	-	-
20:0	-	-	2.39±0.33
20:1 n-9	-	0.71±0.10	-
20:2 n-6	-	0.37±0.01a	1.42±0.07b
20:3 n-3	-	0.25	0.83±0.04
20:4 n-6	3.19±0.30a	4.79±0.32b	9.04±0.88c
20:5 n-3	18.80±0.51a	6.92±0.12b	9.17±0.68b
21:0	0.72	0.56±0.02	-
22:2 n-6	0.63±0.05	-	-
22:5 n-6	1.27±0.09a	1.07±0.07a	1.91±0.11a
22:5 n-3	4.34±0.13a	2.40±0.02b	4.03±0.42a
22:6 n-3	13.60±1.040a	11.99±0.51a	15.22±1.60a
Σ Diğer	1.70±0.25a	2.39±0.17a	5.26±1.01a
Σ SFA	28.36±0.52a	29.03±0.21a	27.63±0.99a
Σ UFA	70.51±0.55a	68.59±0.16a	67.11±1.05a
Σ MUFA	22.89±1.40a	32.75±0.79b	23.30±1.59a
Σ PUFA	47.62±1.07a	35.83±0.75b	43.81±1.97a
Σ ω3 PUFA	40.14±0.89a	25.69±0.49b	29.30±1.17c
Σ ω6 PUFA	7.48±0.22a	10.21±0.32b	14.67±1.09c
Σ ω3 / Σ ω6	5.38±0.10a	2.52±0.06b	2.05±0.17c
EPA / DHA	1.51±0.12a	0.58±0.02b	0.65±0.09b

^{*}Aynı satırda aynı harfle gösterilen değerler birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir (p>0.05).

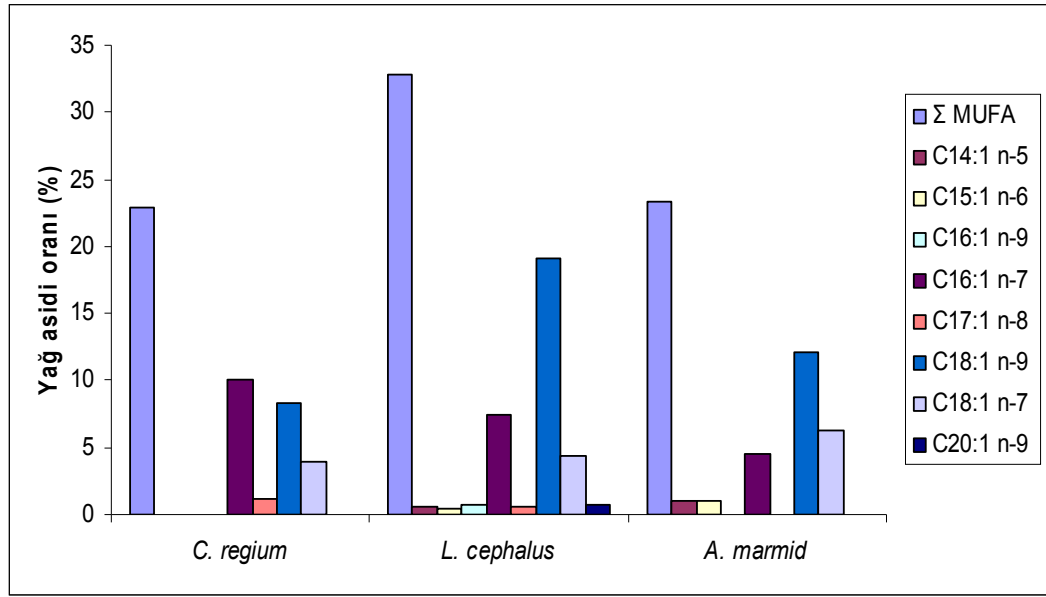


Şekil 4.21. Yaz mevsiminde türler arasında Σ SFA ve SFA oranlarının değişimi.

4.6.3.2. Yaz mevsiminde türler arasında tekli doymamış yağ asidi (MUFA) bileşiminin değişimi

Yaz mevsiminde türler arasında Σ MUFA ve MUFA bileşiminin değişimleri Şekil 4.22’de verilmiştir.

L. cephalus’da Σ MUFA oranı diğer türlere göre önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). *A. marmid*’de palmitoleik asit (16:1 n-7) oranı diğer türlere göre önemli derecede düşük, oleik asidin (18:1) n-7 formu ise önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). *L. cephalus*’da oleik asidin (18:1) n-9 formu diğer türlere göre daha yüksek olup, türler arasında önemli derecede farklı bulunmuştur ($p < 0.05$).



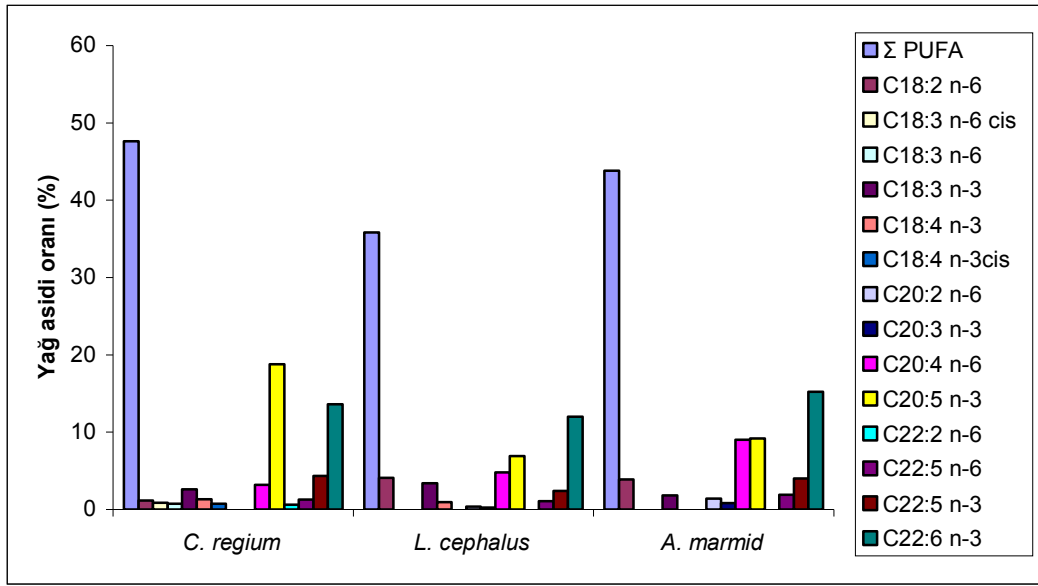
Şekil 4.22. Yaz mevsiminde türler arasında Σ MUFA ve MUFA oranlarının değişimi.

4.6.3.3. Yaz mevsiminde türler arasında çoklu doymamış yağ asidi (PUFA) bileşiminin değişimi

Yaz mevsiminde türler arasında Σ PUFA ve PUFA bileşiminin değişimleri Şekil 4.23'te verilmiştir.

Σ UFA oranı türler arasında önemli derecede farklılık göstermemiştir. Σ PUFA oranı *L. cephalus*'da diğer türlere göre önemli derecede düşük bulunmuştur ($p<0.05$).

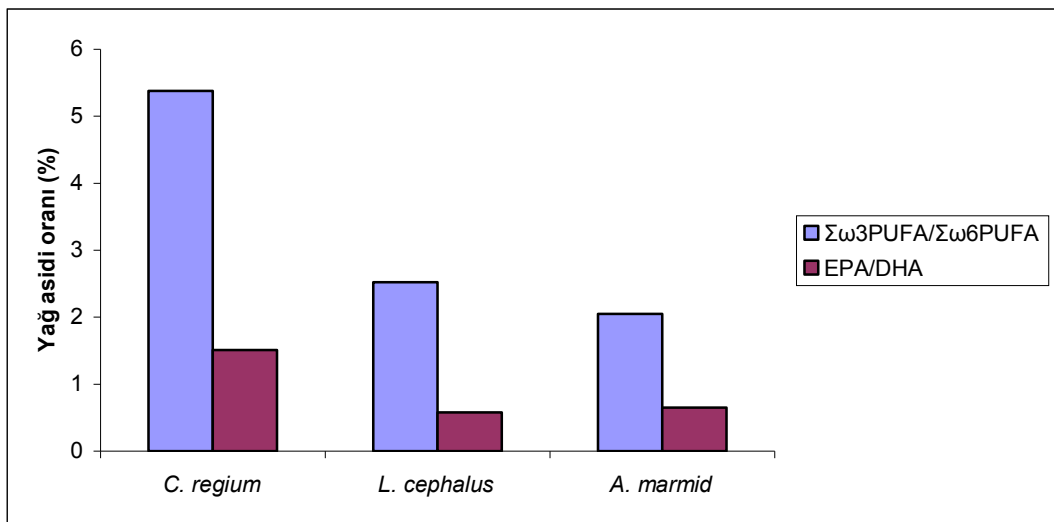
Araşidonik asit (20:4) oranı türler arasında önemli derecede farklılık göstermiştir ($p<0.05$). *L. cephalus*'da dokosapentaenoik asit (22:5 n-3) oranı diğer türlere göre önemli derecede düşük bulunmuştur ($p<0.05$). *C. regium*'da EPA (20:5) oranı diğer türlere göre önemli derecede yüksek bulunurken, linoleik asit (18:2) oranı düşük bulunmuştur ($p<0.05$).



Şekil 4.23. Yaz mevsiminde türler arasında Σ PUFA ve PUFA oranlarının değişimi.

Yaz mevsiminde türler arasında $\Sigma \omega 3$ PUFA / $\Sigma \omega 6$ PUFA ve EPA/DHA oranlarının değişimi Şekil 4.24'te verilmiştir.

$\Sigma \omega 3$ PUFA, $\Sigma \omega 6$ PUFA ve $\Sigma \omega 3$ PUFA / $\Sigma \omega 6$ PUFA oranları türler arasında önemli derecede farklı bulunmuştur ($p < 0.05$). *C. regium*'da EPA/DHA oranı diğer türlere göre önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$).



Şekil 4.24. Yaz mevsiminde türler arasında $\Sigma \omega 3$ PUFA / $\Sigma \omega 6$ PUFA ve EPA/DHA oranlarının değişimi.

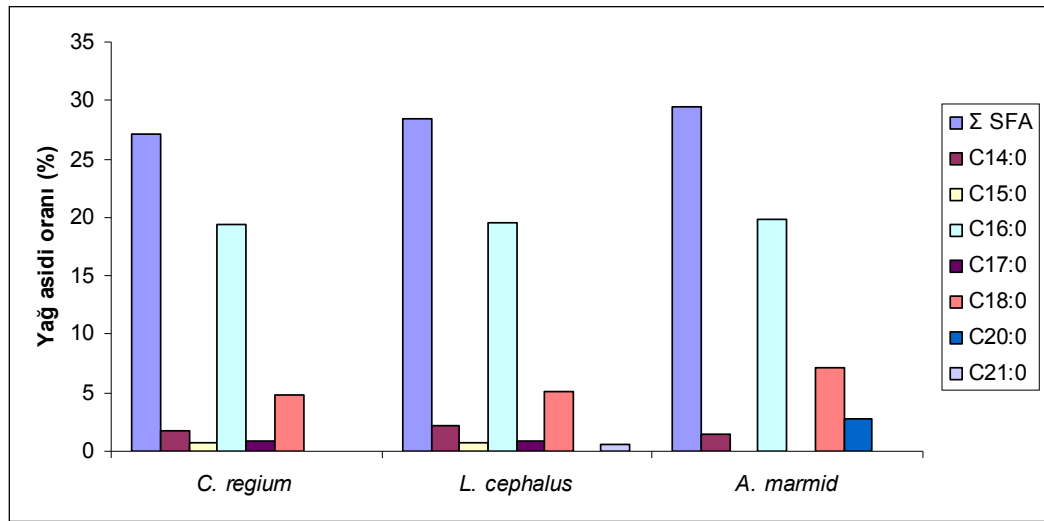
4.6.4. Sonbahar mevsiminde türler arasında total yağ asidi bileşiminin değişimi

Sonbahar mevsiminde türler arasında yağ asidi bileşiminin mevsimsel değişimi Çizelge 4.14’de verilmiştir.

4.6.4.1. Sonbahar mevsiminde türler arasında doymuş yağ asidi (SFA) bileşiminin değişimi

Sonbahar mevsiminde türler arasında Σ SFA oranı ve SFA bileşiminin değişimleri Şekil 4.25’te verilmiştir.

C. regium’da Σ SFA oranı diğer türlere göre önemli derecede düşük bulunmuştur ($p<0.05$). Palmitik asit (16:0) oranı türler arasında önemli derecede farklılık göstermemiştir ($p>0.05$). *A. marmid*’de stearik asit (18:0) oranı diğer türlere göre önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$).



Şekil 4.25. Sonbahar mevsiminde türler arasında Σ SFA ve SFA oranlarının değişimi

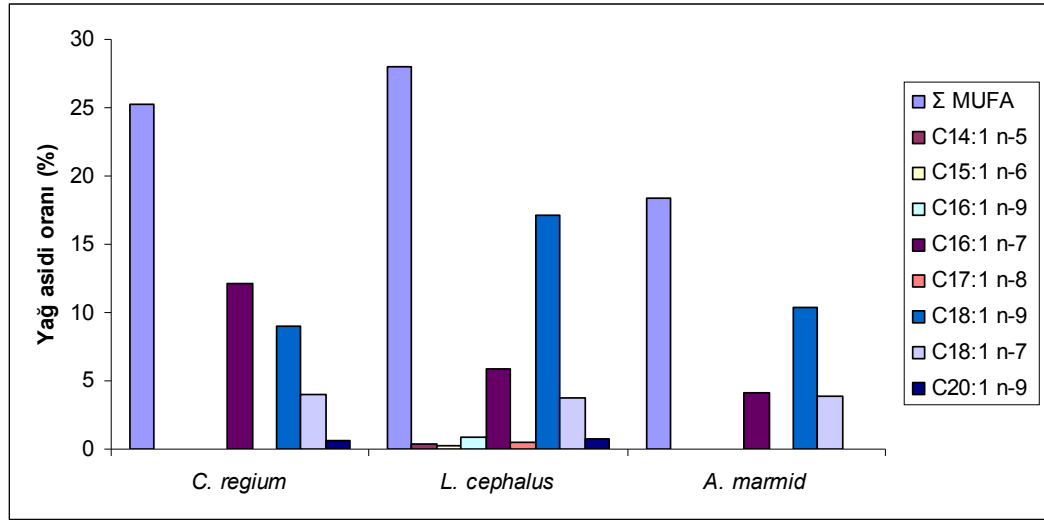
Çizelge 4.14. Sonbahar Mevsiminde Türler Arasında Yağ Asidi Bileşiminin Değişimi (%)^{*}

Yağ asidi	<i>C. regium</i>	<i>L. cephalus</i>	<i>A. marmid</i>
14:0	1.77±0.08a	2.14±0.27a	1.43±0.15a
14:1 n-5	-	0.41	-
15:0	0.70±0.05a	0.7±0.06a	-
15:1 n-6	-	0.19	-
16:0	19.36±0.32a	19.61±0.33a	19.87±0.84a
16:1 n-9	-	0.86±0.04	-
16:1 n-7	12.16±0.56a	5.87±0.65b	4.10±0.24b
17:0	0.92±0.10a	0.91±0.03a	-
17:1 n-8	-	0.52±0.01	-
18:0	4.82±0.22a	5.10±0.40a	7.09±0.18b
18:1 n-9	8.98±0.50a	17.17±0.78b	10.38±0.75a
18:1 n-7	4.00±0.11a	3.72±0.07a	3.91±0.56a
18:2 n-6	1.16±0.09a	5.59±0.60b	3.64±0.76b
18:3 n-6cis	0.76±0.04	-	-
18:3 n-6	-	-	-
18:3 n-3	0.93±0.17a	3.59±0.47b	3.13±0.81ab
18:4 n-3	0.67±0.05a	0.80±0.11a	-
18:4 n-3iso	0.72±0.02	-	-
20:0	-	-	2.73±0.27
20:1 n-9	0.61	0.74±0.21	-
20:2 n-6	-	0.47±0.03a	1.92±0.67b
20:3 n-3	-	0.31	-
20:4 n-6	3.87±0.19a	6.60±0.64b	8.19±0.38b
20:5 n-3	18.17±0.49a	6.37±0.27b	8.61±0.77c
21:0	-	0.56±0.07	-
22:2 n-6	0.81±0.08	-	-
22:5 n-6	1.14±0.10ab	1.04±0.09a	1.87±0.63b
22:5 n-3	3.65±0.18a	2.55±0.12b	4.00±0.63a
22:6 n-3	13.44±0.68a	15.48±1.07ab	17.97±0.89b
Σ Diğer	3.27±0.42a	1.62±0.17b	5.79±0.57c
Σ SFA	27.13±0.34a	28.45±0.23b	29.48±0.68b
Σ UFA	69.59±0.42a	69.99±0.25a	64.33±1.01b
Σ MUFA	25.22±0.88a	28.03±1.69a	18.39±0.57b
Σ PUFA	44.37±1.10a	41.91±0.67a	45.94±1.22a
Σ ω3 PUFA	36.63±0.91a	28.44±1.08b	31.84±0.47b
Σ ω6 PUFA	7.74±0.33a	13.53±0.70b	14.10±0.85b
Σ ω3 / Σ ω6	4.77±0.21a	2.12±0.08b	2.36±0.13b
EPA / DHA	1.37±0.07a	0.42±0.01b	0.49±0.07b

^{*}Aynı satırda aynı harfle gösterilen değerler birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir (p>0.05).

4.6.4.2. Sonbahar mevsiminde türler arasında tekli doymamış yağ asidi (MUFA) bileşiminin değişimi

Sonbahar mevsiminde türler arasında Σ MUFA ve MUFA bileşiminin değişimleri Şekil 4.26’da verilmiştir.



Şekil 4.26. Sonbahar mevsiminde türler arasında Σ MUFA ve MUFA oranlarının değişimi

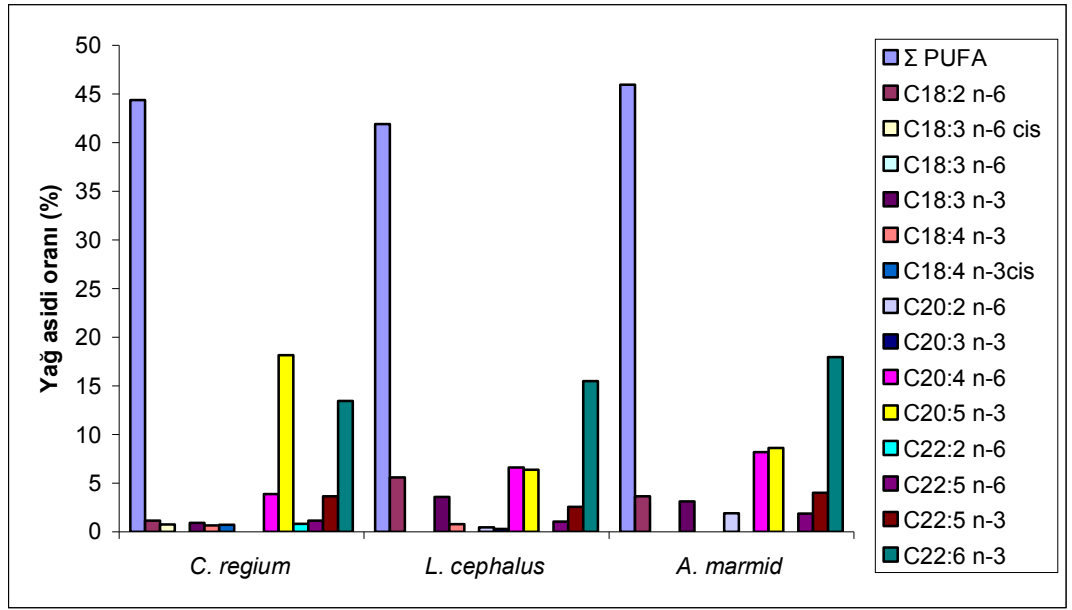
Σ MUFA oranı *A. marmid*’de diğer türlere göre önemli derecede düşük bulunmuştur ($p<0.05$). *C. regium*’da palmitoleik asit (16:1 n-7) oranı, *L. cephalus*’da ise oleik asit (18:1 n-9) oranı diğer türlere göre önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$).

4.6.4.2. Sonbahar mevsiminde türler arasında çoklu doymamış yağ asidi (PUFA) bileşiminin değişimi

Sonbahar mevsiminde türler arasında Σ PUFA ve PUFA bileşiminin değişimleri Şekil 4.27’de verilmiştir.

A. marmid’de Σ PUFA oranı diğer türlere göre önemli derecede düşük bulunmuştur ($p<0.05$). Σ PUFA oranı türler arasında istatistiksel açıdan önemli derecede farklılık göstermemiştir ($p>0.05$).

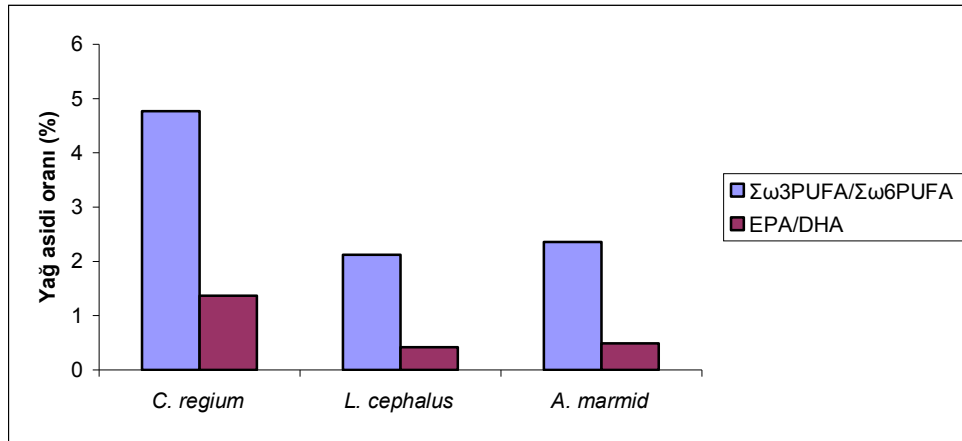
EPA (20:5) oranı türler arasında önemli derecede farklılık göstermiştir ($p<0.05$). DHA (22:6) oranı *C. regium* ile *A. marmid* arasında, linoleik asit (18:2) oranı *C. regium* ile *L. cephalus* ve *C. regium* ile *A. marmid* arasında, dokosapentaenoik asit (22:5 n-3) oranı ise *C. regium* ile *L. cephalus* ve *A. marmid* ile *L. cephalus* arasında istatistiksel açıdan önemli derecede farklılık göstermiştir ($p<0.05$). *C. regium*'da linolenik asit (18:3 n-3) ve araşidonik asit (20:4) oranları diğer türlere göre önemli derecede düşük bulunmuştur ($p<0.05$).



Şekil 4.27. Sonbahar mevsiminde türler arasında Σ PUFA ve PUFA oranlarının değişimi

Sonbahar mevsiminde türler arasında $\Sigma \omega 3$ PUFA / $\Sigma \omega 6$ PUFA ve EPA/DHA oranlarının değişimi Şekil 4.28'de verilmiştir.

C. regium'da $\Sigma \omega 3$ PUFA, $\Sigma \omega 3$ PUFA / $\Sigma \omega 6$ PUFA ve EPA/DHA oranları diğer türlere göre önemli derecede yüksek bulunurken, $\Sigma \omega 6$ PUFA oranı ise önemli derecede düşük bulunmuştur ($p<0.05$).



Şekil 4.28. Sonbahar mevsiminde türler arasında $\Sigma \omega 3$ PUFA / $\Sigma \omega 6$ PUFA ve EPA / DHA oranlarının değişimi

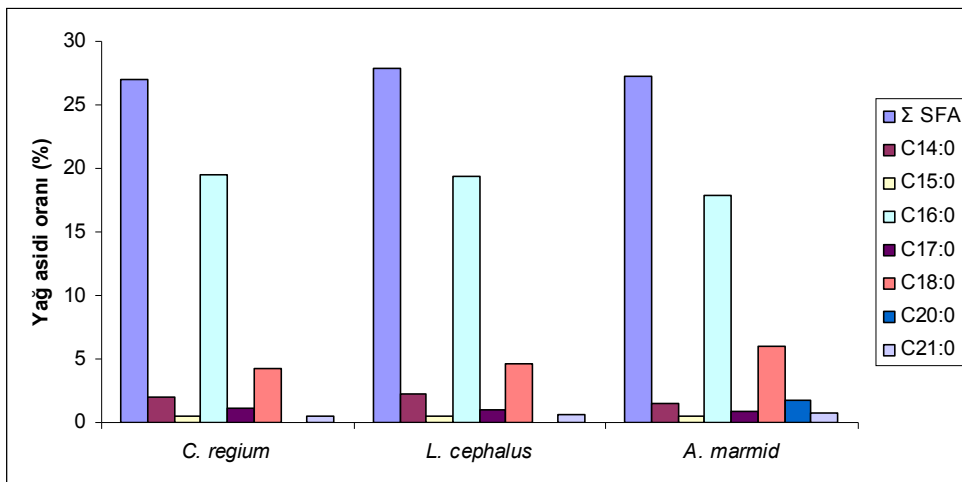
4.7. Türler Arasında Total Yağ Asidi Bileşiminin Yıllık Değişimi

Türler arasında yağ asidi bileşiminin yıllık değişimi Çizelge 4.15'te verilmiştir.

4.7.1. Türler arasında doymuş yağ asidi (SFA) bileşiminin yıllık değişimi

Türler arasında Σ SFA ve SFA bileşiminin yıllık değişimleri Şekil 4.29'da verilmiştir.

Türler arasında Σ SFA oranının yıllık değişimi önemsiz bulunmuştur ($p < 0.05$). *A. marmid*'de miristik asit (14:0) oranı diğer türlere göre önemli derecede düşük bulunurken, stearik asit (18:0) oranı önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$).



Şekil 4.29. Σ SFA ve SFA bileşiminin yıllık değişimleri

Çizelge 4.15. Türlerle göre yağ asidi bileşiminin yıllık değişimi (%)*

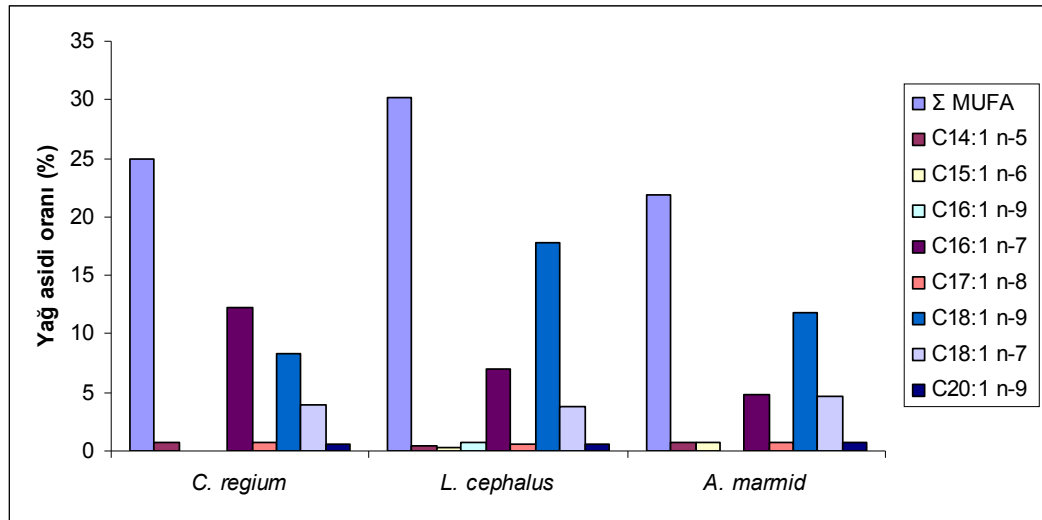
Yağ asidi	n	<i>C. regium</i>	n	<i>L. cephalus</i>	n	<i>A. marmid</i>
14:0	25	1.99±0.09a	28	2.31±0.12a	20	1.47±0.07b
14:1 n-5	1	0.66	2	0.47±0.05a	4	0.75±0.15a
15:0	11	0.56±0.04a	13	0.56±0.03a	6	0.54±0.03a
15:1 n-6	-	-	5	0.35±0.04a	3	0.74±0.12b
16:0	25	19.44±0.27a	28	19.33±0.18a	22	17.91±0.50a
16:1 n-9	-	-	25	0.79±0.02	-	-
16:1 n-7	25	12.24±0.44a	28	7.07±0.27b	22	4.78±0.36c
17:0	21	1.16±0.78a	26	1.01±0.04a	7	0.92±0.09a
17:1 n-8	12	0.77±0.09ab	15	0.60±0.04a	8	0.80±0.06b
18:0	25	4.28±0.21a	28	4.59±0.15a	22	5.98±0.29b
18:1 n-9	25	8.26±0.28a	28	17.86±0.41b	22	11.74±0.55c
18:1 n-7	25	3.98±0.07a	28	3.85±0.08a	22	4.73±0.32a
18:2 n-6	25	1.12±0.05a	28	4.09±0.21b	22	4.08±0.30b
18:3 n-6 cis	25	0.77±0.06	-	-	-	-
18:3 n-6	15	0.75±0.07	-	-	-	-
18:3 n-3	22	1.67±0.18a	28	3.06±0.17b	15	2.77±0.31b
18:4 n-3	20	0.84±0.09a	16	0.82±0.06a	-	-
18:4 n-3 iso	17	0.99±0.07	-	-	-	-
20:0	-	-	-	-	19	1.72±0.20
20:1 n-9	5	0.6±0.06a	15	0.64±0.05a	3	0.71±0.20a
20:2 n-6	5	0.68±0.10a	12	0.42±0.02b	17	1.23±0.09c
20:3 n-3	5	0.38±0.02a	3	0.39±0.12a	8	0.71±0.06b
20:4 n-6	25	2.86±0.19a	28	6.19±0.29b	22	8.63±0.34c
20:5 n-3	25	18.68±0.30a	28	6.66±0.09b	22	8.12±0.43c
21:0	5	0.45±0.08a	19	0.59±0.03a	2	0.71±0.05a
22:2 n-6	25	0.69±0.04	-	-	-	-
22:5 n-6	25	1.18±0.06a	27	1.02±0.05b	16	1.90±0.17c
22:5 n-3	25	4.07±0.12a	28	2.79±0.08b	22	3.59±0.18c
22:6 n-3	25	12.29±0.45a	28	15.88±0.72b	22	16.61±0.70b
Σ Diğer	23	3.09±0.31a	26	1.79±0.11b	22	5.31±0.45c
Σ SFA	25	27.02±0.26a	28	27.82±0.26a	22	27.21±0.49a
Σ UFA	25	70.11±0.23a	28	70.53±0.31a	22	67.35±0.65b
Σ MUFA	25	24.99±0.62a	28	30.25±0.72b	22	21.87±1.14c
Σ PUFA	25	45.14±0.68a	28	40.27±0.80b	22	45.48±1.12a
Σ ω3 PUFA	25	37.95±0.59a	28	28.82±0.63b	22	30.46±0.74b
Σ ω6 PUFA	25	7.20±0.16a	28	11.50±0.34b	22	15.14±0.49c
Σ ω3 / Σ ω6	25	5.31±0.10a	28	2.56±0.08b	22	2.06±0.07c
EPA / DHA	25	1.58±0.06a	28	0.44±0.02b	22	0.52±0.04b

*Aynı satırda aynı harfle gösterilen değerler birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir (p>0.05).

4.7.2. Türler arasında tekli doymamış yağ asidi (MUFA) bileşiminin yıllık değişimi

Türler arasında Σ MUFA ve MUFA bileşiminin yıllık değişimleri Şekil 4.30'da verilmiştir.

Σ MUFA oranının türler arasındaki yıllık değişimi *L. cephalus*'da diğer türlere göre önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). *C. regium*'da palmitoleik asit (16:1 n-7) oranı diğer türlere göre yüksek, oleik asit (18:1 n-9) oranı ise düşük olup türler arasında önemli derecede farklılık göstermiştir ($p<0.05$).

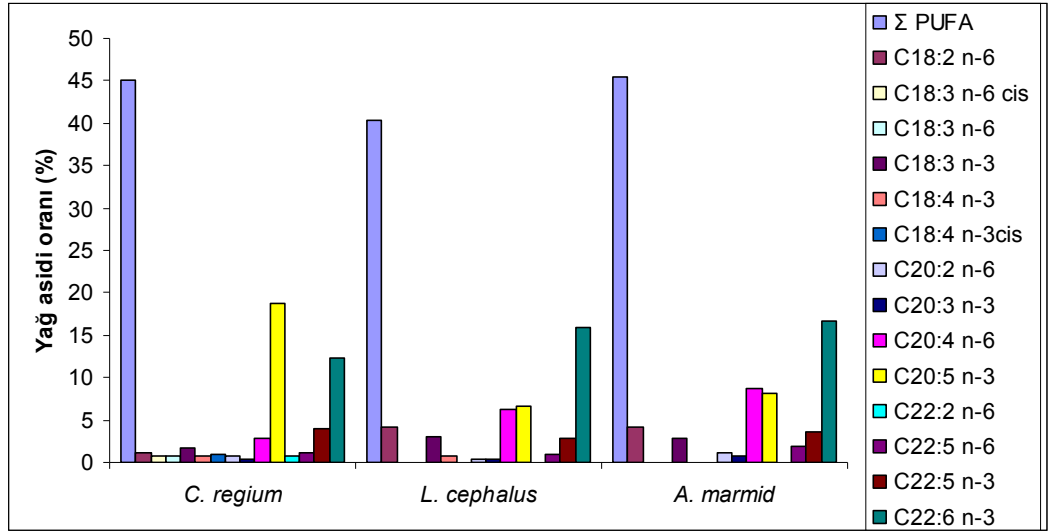


Şekil 4.30. Σ MUFA ve MUFA bileşiminin yıllık değişimleri

4.7.3. Türler arasında doymamış yağ asidi (PUFA) bileşiminin yıllık değişimi

Türler arasında Σ PUFA ve PUFA bileşiminin yıllık değişimleri Şekil 4.31'da verilmiştir.

Araşidonik asit (20:4) ve EPA (20:5) oranının türler arasındaki yıllık değişimleri önemli derecede farklılık göstermiştir ($p<0.05$).

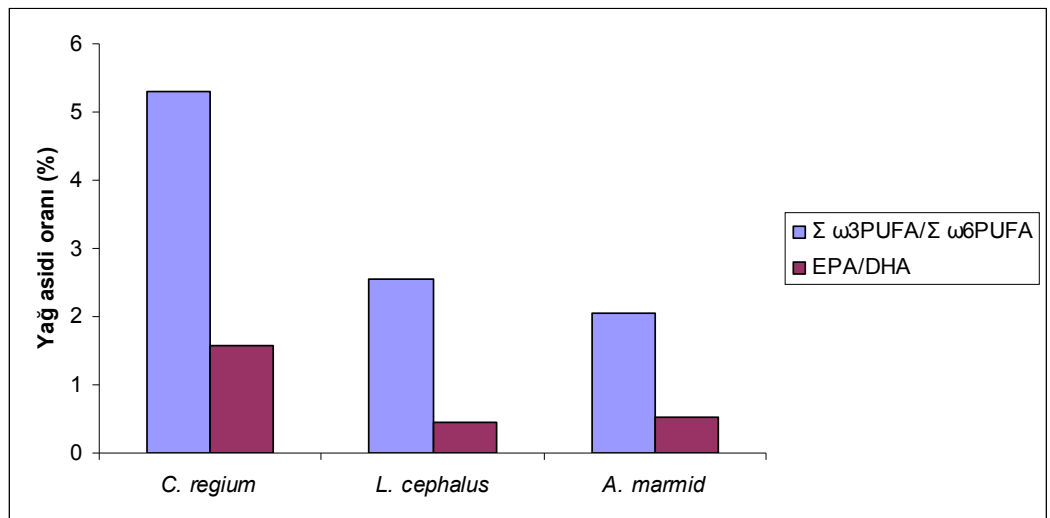


Şekil 4.31. Σ PUFA ve PUFA bileşiminin yıllık değişimleri

C. regium'da linoleik asit (18:2 n-6) ve linolenik asit (18:3 n-3) ve DHA (22:6) oranları diğer türlere göre önemli derecede düşük bulunmuştur ($p<0.05$). Dokosapentaenoik asidin n-3 ve n-6 formu *L. cephalus*'da diğer türlere göre önemli derecede düşük bulunmuştur ($p<0.05$). Eikosadienoik asit oranı türler arasında önemli derecede farklı bulunmuştur ($p<0.05$).

Türler arasında Σ ω3 PUFA / Σ ω6 PUFA ve EPA/DHA oranının yıllık değişimi Şekil 4.32'de verilmiştir.

Σ ω6 PUFA, Σ ω3 PUFA / Σ ω6 PUFA oranı türler arasında önemli farklılık gösterirken, Σ ω3 PUFA ve EPA/DHA oranı *C. regium*'da diğer türlere göre önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$).



Şekil 4.32. Türler arasında Σ ω3 PUFA / Σ ω6 PUFA ve EPA / DHA oranlarının yıllık değişimi

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Hepatosomatik indeks değerleri *C. regium*'da % 1.01-1.96, *L. cephalus*'da % 1.55-1.98, *A. marmid*'de % 1.38-1.60 arasında tespit edilmiştir. Türler arasında hepatosomatik indeks değerleri sonbahar mevsiminde *C. regium* ile *A. marmid* arasında önemli derecede farklılık gösterirken ($p<0.05$), diğer mevsimlerde türler arasında önemli derecede farklılık göstermemiştir ($p>0.05$).

Hepatosomatik indeks değerleri *Gadus morhua*'da yıl içinde % 2.5-15 [239], *Esox lucius*'da % 1-3 [240], *Chalcalburnus tarichi*'de % 1.519-3.085 [215], *Stizostedion lucioperca*'da % 0.8-1.9 [154] arasında değiştiği bildirilmiştir. Bulgularımız, *Gadus morhua* hariç diğer türlerde tespit edilen oran aralığında yer almaktadır.

Kas dokusu total glikojen miktarı kış ve ilkbahar mevsimlerinde *C. regium* ile *L. cephalus* arasında istatistiksel olarak farklılık göstermezken, *A. marmid*'de bu türlere göre önemli derecede düşük bulunmuştur. Yaz mevsiminde ve yıllık ortalama olarak üç tür arasında da önemli derecede farklılıklar gözlenmiştir ($p<0.05$).

C. regium ve *L. cephalus* arasında karaciğer dokusu total glikojen miktarı kış ilkbahar ve yaz mevsiminde önemli derecede farklılık göstermezken ($p>0.05$), sonbahar mevsiminde önemli derecede farklılık göstermiştir ($p<0.05$). Karaciğer dokusu total glikojen miktarı *A. marmid* ile *L. cephalus* arasında dört mevsimde ve yıllık ortalama olarak önemli derecede farklılıklar göstermiştir.

Glikojen diğer omurgalı hayvanlarda olduğu gibi balıklarda da ilk olarak kullanılan enerji kaynağıdır. Glikojen, kas ve karaciğerde depo edilir. Karaciğerde depo edilen glikojen özellikle dişi balıklarda yumurta için gerekli olan spesifik yumurta proteinlerin yapımında da kullanılır. Kaslarda depo edilen glikojen genellikle vücut için gerekli olan enerjinin temininde kullanılır [241].

Karaciğerdeki glikojen miktarı birçok faktöre bağlıdır. Bunlar ortamdan alınan besinin miktarı ve çeşidi, balığın bulunduğu ortam sıcaklığı ve hormonal faktörlerdir. Karaciğerdeki glikojen seviyesinin östrojen varlığı ve seviyesiyle [242-244], ortam sıcaklığıyla [241] ve alınan besin maddeleriyle [245-246] değiştiği belirtilmiştir.

Yapılan araştırmalara göre, gonadal glikojen kaynağının karaciğer ve kas dokusu olduğu ve bu dokulardan gonatlara transfer edildiği saptanmıştır [247-248]. Ancak, balık dokularında, balığın olgunluk derecesi ne olursa olsun glikojen miktarındaki değişim lipid miktarında görülen değişimden daha az olduğu belirtilmiştir. Bu değişimin de özellikle yumurtlama periyodunda görüldüğü vurgulanmıştır [248].

Cyprinion macrostomus Heckel, 1843'un gonadal total lipit, total yağ asidi ve glikojen içeriğinin mevsimsel değişimi araştırılmış ve gonadal glikojen seviyesinin, total lipit miktarından çok daha az olduğu saptanmıştır. Yumurtlama periyodunda en yüksek düzeye ulaşan bu değerler, yumurtlama periyodu sonrasında bir azalma göstermişlerdir. Elde edilen verilerden, balıkların gonat gelişimlerini ve üremelerini sağlayabilmesi için lipitlere glikojenden daha fazla gereksinim duydukları sonucuna varılmıştır [213].

İncelediğimiz türlerde üreme öncesi dönemdeki glikojen miktarı üreme dönemine göre daha yüksek bulunmuştur. Kas dokusunda total glikojen miktarı total lipit miktarından oldukça düşük tespit edilmiştir.

Balıklarda da diğer hayvan gruplarında olduğu gibi karbohidratlar, enerji kaynağı olarak ilk kullanılan organik madde olmasına rağmen, memelilere göre daha az önemli rol oynamaktadır. *Salmo gairdnerii*'nin düşük oranda karbohidrat içeren besinle beslenmesi durumunda, gelişimin hissedilir derecede arttığı saptanmıştır [249-250]. Yüksek oranda karbohidrat (% 31-35) ve % 7-8 oranında lipit içeren besinlerle sürekli beslenen *Oncorhynchus mykiss*'de karbohidrat kullanımının arttığı ve lipogenesis dolayısıyla lipit depolandığı gözlenmiştir [251].

Bulgularımıza göre, kas dokusu total lipit miktarı yıllık ortalama olarak *A. marmid*'de % 1.59, *C. regium*'da % 1.67, *L. cephalus*'da % 1.83 olarak tespit edilmiştir. Bu balık türleri Gülyavuz vd. [23] 'nin sınıflandırmasına göre yağsız balıklar grubuna girmektedir. Kas dokusu total lipit miktarı mevsimler arasında önemli derecede farklılıklar göstermemiştir ($p>0.05$).

Yunanistan tatlısu balıklarından 8 türün total lipit miktarı % 0.6 ± 0.21 - 3.5 ± 0.65 arasında bulunmuştur [141]. Bu çalışmada, *Leuciscus cephalus*'un total lipit miktarı (% 1.3 ± 0.36) bulgularımızdan daha düşük bulunmuştur.

Keban Baraj Gölü'nde yaşayan balıklardan kas dokusu total lipit oranı; *Acanthobrama marmid*'de % 1.64, *Capoeta capoeta umbla*'da % 1.78 ve *Barbus capito pectoralis*'de % 1.08 [129], şubat ve ekim ayları arasında *Capoeta trutta*'nın dişi bireylerinde % 0.98-2.27 ve *Barbus rajanarum mystaceus*'un dişi bireylerinde % 0.86-3.44 [252] ve aynalı sazanların dişilerinde ilkbahar ayları itibarıyla % 2.12 [253] oranında yağ bulunduğu belirtilmiştir. *Capoeta capoeta umbla*'nın dişi bireylerinin kas dokusu yıllık ortalama total lipit miktarı Hazar Gölü'nde % 2.39 ± 0.11 [254], Tercan Baraj Gölü'nde % 2.40 ± 0.01 ve Tuzla Çayı'nda ise % 1.96 ± 0.01 [189] bulunmuştur. Van Gölü'nde yaşayan inci kefalinin kas dokusunda yağ miktarı ortalama % 1.92 olarak

belirlenmiştir [255]. Bulgularımız, Cyprinidae familyası ait olan bu türlerin total lipit miktarlarına benzerlik göstermektedir.

Gadus morhua balıklarının kas dokusunun yaklaşık % 0.6, karaciğerin ise % 15-65 arasında lipit içerdiği tespit edilmiştir. Kas dokusu lipit içeriğinin mevsimsel olarak önemli bir varyasyon göstermediği, ancak karaciğer lipit içeriğindeki varyasyonun oldukça önemli olduğu saptanmıştır [239].

Eylül ve Ekim aylarında 18 tatlısu balığı üzerinde yapılan bir araştırmada total lipit miktarı 10 türde % $0.7 \pm 0.2 - 2.0 \pm 0.1$, 5 türde % $2.2 \pm 0.4 - 3.4 \pm 1.2$ ve 3 türde % $3.8 \pm 0.4 - 7.2 \pm 2.6$ [132], Eylül ve Aralık ayları arasında 22 tür Malezya balığı üzerinde yapılan araştırmada ise total lipit miktarı 14 türde % 0.6-1.4 ve 8 türde % 1.9-3.9 arasında bulunmuştur [135].

Balık türlerinin üreme döneminden önce lipit ve proteinleri kas ve karaciğerlerinde depo ettikleri ve bunu gonatların gelişimi ve gamet oluşumu için harcadıkları belirtilmiştir [256-259]. *Perca fluviatilis* balıklarının gonat gelişimi ile ilgili olarak kas ve karaciğer yağ içeriği araştırılmış ve gonatların gelişmesine paralel olarak total lipit içeriğinin azaldığı ve üremeden sonra en düşük seviyeye indiği tespit edilmiştir [7].

Fırat-Dicle nehir sisteminde yaşayan Cyprinidae familyası türlerinin üreme mevsiminin, genellikle Nisan ayı başlarında başlayarak Temmuz sonuna veya Ağustos ortalarına kadar devam ettiği belirtilmektedir [260]. İncelediğimiz türler Cyprinidae familyasına ait olduklarında üreme öncesi dönemde total lipit miktarının üreme dönemine göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Karakaya Baraj Gölü'nde incelediğimiz türlerin total yağ asidi bileşiminde bulunan yağ asitlerinin karbon sayıları 14-22 arasında değişmektedir. Toplam 29 değişik yağ asidi çeşidi balıkların total yağ asidi bileşimini oluşturmuştur. Tespit edilen yağ asitlerinin bir kısmı bazı türlerde hiç tespit edilememiştir. Bu yağ asitlerin tespit edilememe sebebi olarak, türler arasında yağ asidi kompozisyonu farklılığı [261] veya bu yağ asitleri çok düşük oranlarda bulunduğundan gaz kromatografisi tarafından tespit edilemediği düşünülmektedir. Tanımlanayan yağ asitleri de mevcut olup bunların toplamı (Σ Diğer) belirtilmiştir. Ayrıca, linolenik asit (18:3), stearidonik asit (18:4) ve dokosapentaenoik asidin (22:5) farklı izomerleri bazı türlerde tespit edilmiştir.

Balık yağlarının kompozisyonunu oluşturan üç temel yağ asidi tipi vardır. Bunlar doymuş, doymamış ve aşırı doymamış yağ asitleridir [262]. Balık yağlarında bulunan yağ asitleri büyük ölçüde doymamış yağlardan oluşmaktadır. Doymamış yağların oranı % 70-80 iken doymuş yağların oranı % 20-30 civarında bulunmaktadır [28-29].

Superior Gölü balıklarından, ticari öneme sahip olan 8 türün kas dokusu doymuş yağ asitleri (SFA) % 16.8-31, doymamış yağ asitleri (UFA) % 68.1-88.4, tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) % 20.1-42.3, çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) % 34.8-54.7 arasında tespit edilmiştir [140].

Keban Baraj Gölü'nde yaşayan dişi *Barbus rajanarum mystaceus*'un mevsimlere göre kas dokusu Σ SFA oranı % 19.03 ± 0.69 - 24.72 ± 0.95 , Σ UFA oranı % 75.28 ± 0.95 - 81.13 ± 1.21 , Σ PUFA oranı % 44.48 ± 0.86 - 53.38 ± 1.43 ve Σ MUFA oranı % 24.29 ± 0.64 - 31.19 ± 1.02 ve dişi *Capoeta trutta*'da ise bu oranlar sırasıyla % 25.00 ± 0.49 - 32.35 ± 0.69 , % 67.69 ± 0.70 - 75.00 ± 0.49 , % 42.97 ± 0.56 - 51.85 ± 4.05 ve % 20.12 ± 0.95 - 25.72 ± 0.31 arasında tespit edilmiştir [252].

Hazar Gölü'nde yaşayan dişi *Capoeta capoeta umbla*'nın mevsimlere göre kas dokusu Σ SFA oranı % 30.49 ± 1.15 - 36.18 ± 1.12 , Σ UFA oranı % 63.81 ± 1.12 - 69.39 ± 1.80 , Σ PUFA oranı % 35.04 ± 1.09 - 38.73 ± 0.83 ve Σ MUFA oranı % 26.76 ± 0.63 - 32.85 ± 1.46 arasında bulunmuştur [254].

Derbent Baraj Gölü'nde kültürü yapılan *Oncorhynchus mykiss*'in mevsimlere göre kas dokusu Σ SFA oranı % 23.55 - 28.89 , Σ UFA oranı % 67.95 - 76.81 , Σ PUFA oranı % 59.73 - 69.14 ve Σ MUFA oranı % 7.0 - 9.69 arasında bulunmuştur [263].

Beyşehir Gölü'ndeki *Tinca tinca*'nın mevsimlere göre Σ SFA oranı % 33.04 ± 0.67 - 48.32 ± 1.16 , Σ PUFA oranı % 24.53 ± 0.62 - 39.44 ± 0.56 ve Σ MUFA oranı % 22.13 ± 0.74 - 32.02 ± 0.79 arasında tespit edilmiştir [170].

Apa ve Selevir Baraj Gölü'nde yaşayan *Cyprinus carpio*'nun Mayıs-Eylül ayları arasında yağ asidi bileşimi incelenmiştir. Apa Baraj Gölü'ndeki dişi bireylerin kas dokusu Σ SFA oranı % 26.84 - 35.67 , Σ PUFA oranı % 7.24 - 18.48 ve Σ MUFA oranı % 35.68 - 42.68 , Seve Baraj Gölü'ndeki dişi bireylerde ise bunlar sırasıyla % 27.34 - 29.29 , % 22.99 - 31.71 ve % 25.05 - 32.33 arasında tespit edilmiştir [160]. Aynı türün mevsimlere göre bu oranları Beyşehir Gölü'nde [180] sırasıyla % 26.58 - 29.26 , % 29.64 - 42.81 , % 28.26 - 40.79 ve Örenler Baraj Gölü'nde [185] ise % 25.29 - 28.13 , % 17.87 - 26.73 ve % 46.01 - 50.17 arasında bulunmuştur.

Eğirdir Gölü'nde yaşayan dişi sudakların (*Sander lucioperca*) yıllık ortalama kas dokusu Σ SFA oranı % 34.05 ± 2.5 , Σ UFA oranı % 56.20 ± 9.40 , Σ PUFA oranı % 26.62 ± 10.0 ve Σ MUFA oranı % 29.58 ± 3.20 olarak tespit edilmiştir [154].

Seyhan Baraj Gölü'nde avlanan kadife balığı (*Tinca tinca* L., 1758)'nın temmuz, ağustos ve eylül aylarında Σ SFA oranı % 29.59 - 34.98 , Σ PUFA oranı % 26.5 - 41.85 ve Σ MUFA oranı % 20.5 - 22.21 arasında bulunmuştur [264].

Yapılan bu çalışmada yağ asitlerinin genele uyum gösterdiği, balık türlerinin mevsimsel olarak doymamış yağ asitlerini (Σ UFA) % 64.33 ± 1.01 - 72.11 ± 0.20 , doymuş yağ asitlerini (Σ SFA) % 25.10 ± 0.72 - 29.48 ± 0.68 arasında içerdiği tespit edilmiştir. Doymamış yağ asitlerinden tekli doymamış yağ asitlerinin (Σ MUFA) oranı % 18.39 ± 0.57 - 32.75 ± 0.79 , çoklu doymamış yağ asitlerinin (Σ PUFA) oranı ise % 35.83 ± 0.75 - 48.86 ± 1.92 arasında bulunmuştur.

Türler arasında yıllık Σ SFA oranları istatistiksel açıdan önemli derecede farklılık göstermemiştir ($p > 0.05$). *A. marmid*'de Σ UFA oranı, *L. cephalus*'da Σ PUFA oranı diğer türlere göre önemli derecede düşük bulunurken, *L. cephalus*'da Σ MUFA oranı diğer türlere göre önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$).

Balıklarda lipit ve yağ asidi bileşimi, türlere, eşeye, mevsim ve aylara, beslenme ortamına, suyun sıcaklığına ve kirliliğine, türün kültür ya da yabani form olup olmamasına göre değişmektedir [42-52].

Balık yağları içinde en fazla miktara sahip olan yağ asitleri palmitik asit, oleik asit, ve dokosaheksaenoik asit (DHA)'dır [32]. EPA ve DHA, diyetlerinde alg tüketen birçok balıkta en çok bulunan yağ asitleridir [265, 266].

Kas dokusu palmitik asit oranı, *Tilapia spp.*'de (% 23.115 ± 0.045) ve *Oreochromis niloticus*'da (% 19.605 ± 0.105) [166], *Gambusia affinis*'de (% 19.75 ± 0.59) [168], *Cyprinus carpio*'da (% 17.47 - 18.94) [160], *Mugil cephalus*'da (% 20.62 - 29.35) [178], *Capoeta trutta*'da (% 18.26 ± 0.21 - 39.42 ± 0.12) [252], *Oncorhynchus mykiss*'de (% 23.55 - 28.89) [263] ve *Tinca tinca*'da ilkbahar mevsimi hariç diğer mevsimlerde (% 15.42 ± 1.19 - 21.78 ± 5.47) [170], *Capoeta capoeta umbla*'nın dişi bireylerinde kış mevsimi hariç diğer mevsimlerde (% 22.07 ± 1.02 - 26.79 ± 0.94) [254], *Sander lucioperca*'da Temmuz-Mayıs ayları arasında yapılan incelemede dişi bireylerde eylül ayı hariç diğer aylarda tüm bireylerde (% 20.25 ± 2.10 - 36.65 ± 3.00) [154], *Salmo trutta labrax*'da (% 25.39 ± 1.19) [167] ve *Salmo trutta macrostigma*'da (% 19.27 ± 1.53) [267] en fazla miktarda bulunan yağ asidi olmuştur.

Bu çalışmada da her üç türün kas dokusunda tüm mevsimlerde en fazla miktarda bulunan yağ asidi palmitik asit (16:0) olup total yağ asidinin % 16.58 ± 1.06 - 20.75 ± 0.56 'lık bir kısmını oluşturmaktadır. Balık yağ asidi bileşimi içinde palmitik asidin yüksek olmasının nedenin yağ asidi metabolizmasında rol oynamasından kaynaklanabileceği ileri sürülmüştür [140].

Palmitik asitten sonra kas dokusunda en fazla miktarda bulunan yağ asidi *Barbus rajonarum mystaceus* ve *Capoeta trutta*'nın üreme periyodu boyunca dişi bireylerinde

oleik asit (% 16.77 ± 1.1 - 24.55 ± 1.13), DHA (% 5.61 ± 0.72 - 15.62 ± 1.16) ve EPA (% 8.51 ± 1.33 - 14.50 ± 1.63) [150], *Salmo trutta labrax*'da DHA (% 21.42 ± 1.61) ve oleik asit (% 20.63 ± 1.78) [167], *Gambusia affinis*'de oleik asit (% 19.65 ± 0.50), DHA (% 12.82 ± 2.40), stearik asit (% 11.91 ± 0.32) ve araşidik asit (% 10.69 ± 0.21) [168], *Tinca tinca*'da ilkbahar mevsimi mevsimi hariç diğer mevsimlerde oleik asit (% 10.52 ± 0.99 - 16.35 ± 1.64), palmitoleik asit (% 8.59 ± 4.22 - 13.18 ± 3.47) [170], *Capoeta capoeta umbla*'nın dişi bireylerinde kış mevsimi hariç diğer mevsimlerde (% 18.95 ± 0.84 - 22.07 ± 1.02) oleik asit, DHA (% 9.35 ± 0.26 - 12.47 ± 1.39), EPA (% 12.09 ± 0.76 - 16.70 ± 0.75) [254], *Salmo trutta macrostigma*'da DHA (% 16.07 ± 1.34), oleik asit (% 15.33 ± 0.53) ve EPA (% 12.95 ± 1.26) [267] olmuştur.

Merluccius merluccius ve *Saurida undosquamis*'un kimyasal bileşimi ve yağ asidi içeriği kış, ilkbahar ve sonbahar mevsiminde incelenmiştir. Her iki türde üç mevsimde de baskın olan yağ asitlerini doymuş yağ asitlerinden palmitik asit (% 21.13 ± 0.30 - 26.16 ± 0.07) ve stearik asit (6.47 ± 0.04 - 9.04 ± 0.06), tekli doymamış yağ asitlerinden palmitoleik asit (2.86 ± 0.03 - 7.28 ± 0.00) ve oleik asit (7.06 ± 0.10 - 11.72 ± 0.03), çoklu doymamış yağ asitlerinden eikosapentaenoik asit (3.93 ± 0.01 - 7.26 ± 0.09) ve dokosaheksaenoik (6.37 ± 0.15 - 22.90 ± 0.22) asit oluşturmaktadır [191]

Aynı şartlar altında yetiştirilen farklı üç Alabalık türünün (*Salvelinus alpinus*, *Salmo trutta fario*, *Oncorhynchus mykiss*) kas dokusu yağ asidi kompozisyonunun belirlendiği çalışmada, toplam SFA içerisinde palmitik asit (18.27 ± 0.68 - 22.73 ± 0.68), MUFA içerisinde oleik asit (24.06 ± 1.91 - 32.91 ± 1.91), PUFA içerisinde dokosaheksaenoik asit (12.74 ± 1.65 - 19.17 ± 1.65) en çok bulunan yağ asitleri olarak bulunmuştur [159].

Porsuk Baraj Gölü'nde Temmuz ve Ocak aylarında üç tatlısu balığının (*Barbus plebejus escherichi*, *Capoeta capoeta capoeta* ve *Rutilus rutilus*) kas dokusu yağ asidi kompozisyonu incelenmiş ve her iki ayda üç türde palmitik asit (% 16.48 - 21.06), palmitoleik asit (% 10.25 - 12.96), oleik asit (% 20.30 - 28.10), DHA (% 5.85 - 13.30) ve EPA (% 5.62 - 9.63) baskın yağ asitleri olarak bulunmuştur [195].

Seyhan Baraj Gölü'nde avlanan kadife balığı (*Tinca tinca* L., 1758)'nın yağ asidi kompozisyonu temmuz, ağustos ve eylül aylarında incelenmiştir. Bu aylarda palmitik asit (% 20.36 ± 1.05 - 21.59 ± 0.08), oleik asit (% 10.89 ± 0.91 - 14.46 ± 3.62), dokosaheksaenoik asit (% 5.51 ± 0.68 - 17.33 ± 1.01) en çok bulunan yağ asitleri olarak bulunmuştur [264] .

Balık türlerinin en önemli özelliği linoleik (18:2 n-6) ve linolenik (18:3 n-3) asit gibi yağ asitlerini fizyolojik öneme sahip daha uzun ve daha doymamış yağ asitleri olan eikosapentaeonik asit (20:5 n-3 EPA), dokosaheksaenoik asit (22:6 n-3 DHA) ve araşidonik asit (20:4 n-6)'e dönüştürebilmeleridir [268]. Bunlar hücre zarlarının fosfolipit yapısının önemli bileşenleridir [269]. Yani, balıklar biyosentez yoluyla veya besinsel kaynaklardan elde ettikleri yağ asitlerini tamamen doymuş veya uzun zincirli aşırı doymamış yağ asitlerine dönüştürebilmektedirler [270-274]. Bu yağ asitleri de fosfolipit veya trigliserit olarak depo edilir ve balıkların bu dönüşüm olaylarını yapabilme yetenekleri, anabolik kapasitelerine ve günlük besinlerinden fizyolojik ihtiyaçlarına göre doymamış yağ asitlerini sentezleme yetenekleri ile yakından ilgilidir [275].

Bu çalışmada incelenen türlerin kas dokusunda palmitik asitten sonra *A. marmid*'de tüm mevsimlerde ikinci sırada görülen görülen yağ asidi DHA olup, bunu oleik asit (18:1 n-9) izlemiştir. *L. cephalus*'da kış ve ilkbahar mevsiminde ikinci sırada görülen yağ asidi DHA olup bunu oleik asit (18:1 n-9), yaz ve sonbahar mevsiminde ise oleik asit (18:1 n-9) olup bunu DHA izlemektedir. *C. regium*'da tüm mevsimlerde ikinci sırada görülen yağ asidi EPA olup bunu DHA ve oleik asit (18:1 n-9) izlemektedir. Üç türde de tüm mevsimlerde $\Sigma \omega 3$ PUFA'ların oranı $\Sigma \omega 6$ PUFA'ların oranından daha yüksek çıkmıştır. *C. regium*'da EPA / DHA ve $\Sigma \omega 3$ PUFA / $\Sigma \omega 6$ PUFA oranı tüm mevsimlerde diğer türlere göre önemli derecede yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni olarak *C. regium*'da EPA'nın çok yüksek oranda görülmesi olarak düşünülmektedir.

Bu çalışmanın sonucunda tüm mevsimlerde üç türün de yağ asidi bileşiminde total doymamış ve çoklu doymamış yağ asitlerinin oranı, total doymuş yağ asitlerinden yüksek; total çoklu doymamış yağ asitleri içinde $\omega-3$ çoklu doymamış yağ asitlerinin oranının $\omega-6$ çoklu doymamış yağ asitlerinin oranından yüksek olduğu tespit edilmiştir. $\omega-3$ çoklu doymamış yağ asitleri içinde de sağlık açısından varlığı önemli olan yağ asitlerinden EPA ve DHA'nın yüksek oranda bulunması bu türlerin insan beslenmesi için önemli bir besin kaynağı olduğunu ortaya koymaktadır.

6. KAYNAKLAR

- [1] İ. İnal, *Besin Hijyeni Hayvansal Gıdaların Sağlık Kontrolü*, Final Ofset, İstanbul, 1992
- [2] C. Varlık, N. Erkan, Ö. Özden, S. Mol, ve T. Baygar, *Su Ürünleri İşleme Teknolojisi*, İstanbul Üniversitesi Yayın No: 4465, 2004, 491s.
- [3] D. A. Forss, *Role of Lipids in Flavors*, **J. Agric Food Chem.**, 17:4 (1969) 681-685.
- [4] J.E. Kinsella, *Summary of needs, in "Seafoods and Fish Oils in Human Health and Disease"*, Pub. Marcel Dekker, Inc. New York, , 1987, 234 pp.
- [5] R.G. Ackman, *Characteristics of the Fatty Acid Composition and Biochemistry of Some Freshwater Fish Oils and Lipids in Comparison with Marine Oils and Lipids*, **Comp. Biochem. Physiol.**, 22 (1967) 907-922.
- [6] J.C. Deng, F.T. Orthefer, R.A. Dennison, M. Watson, *Lipids and Fatty Acids in Mullet (*Mugil cephalus*): Seasonal and Locational Variations*, **J. Food Sci.**, 41 (1976) 1479-1483.
- [7] J. Agren, P. Mute, O. Hanninen, J. Herranen, I. Pentila, *Seasonal Variations of Lipid Fatty Acids of Boreal Freshwater Fish Species*, **Comp. Biochem. Physiol.**, 88B (1987) 905-909.
- [8] Z. Cai, L.R. Curtis, *Effects of Diet on Consumption, Growth and Fatty Acid Composition in Young Grass Carp*, **Aquaculture**, 81 (1989) 47-60.
- [9] İ. Örün, *Karakaya Baraj Gölünde Yaşayan ve Ekonomik Öneme Sahip Bazı Balıkların [*Acanthobrama marmid* Heckel, 1843, *Leuciscus cephalus orientalis* (Nordman, 1840), *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843), *Capoeta trutta* (Heckel, 1843) ve), *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)]* Hematolojik Yönden İncelenmesi, Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi, 2000.
- [10] E. Kalkan, *Karakaya (Malatya) Baraj Gölünde Yaşayan ve Ekonomik Öneme Sahip Dört Cyprinid [*Acanthobrama marmid* Heckel, 1843, *Capoeta trutta* (Heckel, 1843), *Leuciscus cephalus* Linnaeus, 1758 ve *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843)]* Populasyonunun Bazı Büyüme ve Üreme Özellikleri, Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi, 1998.
- [11] M. Yılmaz, H. R. Yılmaz, A. Alaş, *An Electrophoretic Taxonomic Study on Serum Proteins of *Acanthobrama marmid*, *Leuciscus cephalus* and *Chondrostoma regium**, **EurAsia J BioSci**, 3 (2007) 22-27.
- [12] F. Gürdöl, E. Ademoğlu (Editörler), *Biyokimya*, 1. Baskı, Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul, 2006, 880s.
- [13] V. L. Davidson, D. B. Sittman, *NMS Biyokimya*, 3. Baskı, Çeviri Editörü: G. Göner, Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul, 2000, 584s
- [14] Pamela C. Chample, Richard A. Harvey, *Biyokimya*, 2. Baskı, Çeviri Editörleri: A.Tokullugil, M. Dirican, E. Ulukaya, *Lipincott's Illustrated Review* Serisinden, 1997, 438s
- [15] E.M. Gözükar, *Biyokimya Cilt II*, 3.Baskı, Nobel Tıp Kitabevleri, 1997
- [16] R.K. Murray, D.K. Granner, P.A. Mayes, V.W. Rodwell, *Harperin Biyokimyası*, Çeviri Editörleri: N. Dikmen, T. Özgüven, 25. Baskı, Nobel Tıp Kitabevleri, 2004, 928s.
- [17] A. L. Lehninger, D. L. Nelson, M. M. Cox, *Principles of Biochemistry*, Second Edition, 1993, 1013 pp.
- [18] D. L. Nelson, M. M. Cox, *Lehninger Biyokimyanın İlkeleri*, Üçüncü Baskıdan Çeviri, N. Kılıç (Çeviri Editörü), 2005, Palme Yayıncılık, 1152s.
- [19] H. Geçkil, *Biyokimya*, 2006, pp. 494

- [20] L. Stryer, *Biochemistry*, Third Edition, 1988, pp. 1089
- [21] M.M. EL-Sayed, K. Ezzat, M. Kandeel, F. A. Shaban, *Biochemical Studies on The Lipid Content of Tilapia nilotica and Sparatus auratus*, **Comp. Biochem. Physiol.**, 4 (1984) 589-594.
- [22] D. Gunstone, J. Frank, L. Harwood, B. Padley Fred, *The Lipid Handbook*, Chapman and Hall Ltd., 1986.
- [23] H. Gülyavuz, M. Ünlüsayın, *Su Ürünleri İşleme Teknolojisi*, Şahin Matbaa, Isparta, 1999, 366 s.
- [24] H. Huss, *Fresh Fish Quality and Quality Changes*, Ministry of Fisheries Technical University Press, Copenhagen, Denmark, 1988.
- [25] G. Şengör, N. Erakan, *Su Ürünlerinin Beslenmemizdeki Yeri ve Önemi*, Standart, 2002, 484: 70-74.
- [26] F. Ludorff, V. Meyer, *Fische und Fischerzeugnisse*, Z. Auflage, Verlag Paul Parey In Berlin und Hamburg, 1973, 209-210.
- [27] E.J. Kinsella, *Fisch and Seafoods Nutritional Implications and Quality Issues*, **Food Technology**, 5 (1988) 146-150.
- [28] E.D. Bligh, S.J. Shaw, A.D. Woyewoda, *The Effects of Drying and Smoking on Lipids of Fish, Fish Smoking and Drying* (Ed. by J.R Burt), Elsevier Applied Science Publishers Ltd., London and New York, 1988, 41-53.
- [29] G.V. Sukudttir, H.B. Schiat, E. Gudmunsottir, B. Richards, F. Gardarsson, L. Jonsson, *Fatty Acid Composition of Muscle, Heart and Liver Lipids in Atlantic Salmon, Salmo salar, at Extremely Low Enviromental Temperature*, **Aquaculture**, 84 (1990) 71-80.
- [30] R.G. Ackman, *Seafood Lipids and Fatty Acids*, **Food Previews International**, 6 (1990) 617-646.
- [31] M.E. Stansby, *Nutritional Properties af Fish Oils*, **World Rew. of Nutrition and Dietetics**, 11 (1969) 46-105.
- [32] M.E. Stansby, H. Schlenk, H. Edvard, J. Gruger, *Fatty Acids Composition of Fish*, NY (USA), 1990, 6-39.
- [33] A.K. Göğüs, *Su Ürünleri İşleme Teknolojisi*, K.T.Ü. Sürmene Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu, Ders Kitabı No: 19, Trabzon, 1988.
- [34] J. Sargent, G. Bell, L. McEvoy, D. Tocher, A. Estevez, *Recent Developments in the Essential Fatty Acid Nutrition of Fish*, **Aquaculture**, 177 (1999) 191-199.
- [35] G. Karp, *Cell Biology*, Mc Graw-Hill Book Company, USA, 1984, 145-167.
- [36] B.A. Watkins, *Importance of Essential Fatty Acids and Their Derivates in The Poultry*, **J. Nutr.**, 121 (1991) 1475-1485.
- [37] M. Enser, *Animal Carcass Fats and Fish Oils*, Analysis of Oilseeds, Fats and Fatty Foods, J.B. Rossell and J.L.R. Pritchard (Edt.) Elsevier Applied Science, 1991, 367-387.
- [38] B. Özçelik, A.Karaali, *Omega-3 Yağ Asitleri ve Sağlığımız*, **Gıda 2000**, 27 (2002) 34-38.
- [39] S. Satoh, W.E. Poe, R.P. Wilson, *Studies on The Essential Eatty Acid Requirement of Channel Catfish, Ictalurus punctatus*, **Aquaculture**, 79 (1989) 121-128.
- [40] J. E. Kinsella, J. C. Shimp, J. Mai, *The Proximate and Lipid Composition of Several Species of Fresh Water Fishes*, **Food Sci.**, 69 (1978) 1 -20.
- [41] R.B.H. Wills, G. Hopkirk, *Distribution and Fatty Acid Composition of Lipids of Eels (Anguilla australis)*, **Comp. Biochem. Physiol.**, 53B (1976) 525-527.
- [42] R.H. Crowford, R.R. Cusack, T. R. Parle, *Lipid Content and Energy Expenditure in Spawning Migration of Alewife (Alosa pseudoharengus) and Bluebase Herring (Alosa aestivalis)*, **Canad. J. Zool**, 64 (1986) 1902 - 1907.

- [43] J. S. Christiansen, E. Ringo, T. Farkas, *Effect of Sustained Exercise on Growth and Body Composition of First Feeding Fry of Arctic Charr, Salvelinus alpinus (L.)*, **Aquaculture**, 79 (1989) 329 -335
- [44] H. Dutta, A.B. Das, T. Farkas, *Role of Environmental Temperature in Seasonal Changes of Fatty Acid Composition of Hepatic Lipid in An Air-Breathing Indian Teleost, Channa punctatus (Bloch)*, **Comp. Biochem. Pysiol**, 81B (1985) 341-347.
- [45] T. Farkas, I. Csengeri, *Biosynthesis of Fatty Acids by The Carp Cyprinus Carpio L., in Relation to Environmental Temperature*, **Lipids**, 11 (1976) 401 -407.
- [46] H. S. Gill, A.E. Weatherley, *Protein, Lipid and Caloric Content of Bluntnose Minnow, Pimephales Notatus, Rafinosque, During Growth At Different Temperatures*, **J. Fish Biol.**, 25 (1984) 491-500.
- [47] E. Lahti, *Total Lipid and Cholesterol of Liver and Muscle in Some Fish Species, Especially Vendace (Coregonus albula L.) in Filland*, **Arch. Hydrobiol**, 110 (1987) 133 -142.
- [48] R. R. Linko, J. K. Kaitaranta, R. Vuorela, *Comparision of The Fatty Acids in Balting Herring and Available Plankton Feed*, **Comp. Biochemical Physiol B** , 82 (1985) 699 - 705.
- [49] H. Nakanishi, T. Tsuda, B. Nakagawa, S. Fukul, T. Htrayama, *Correlative Studies on Changes in Lipid Composition of Gills and Uptake of Chemicals of Willow Shiner Fish {Gnathopogon Caesulescens} by Exposure to Detergent*, **Comp. Biochem. Physiol C**, 86 (1987) 339 - 341
- [50] E. Ringo, B. Nilsen, *Hatchery-Reared Landlocked Arctic Charr, Salvelinus alpinus (L.) From Lake Takwatn, Reared in Fresh and Sea Water, I. Biochemical Composition Food and Lipid Composition of Fish Reared in Fish Water*, **Aquaculture**, 67 (1987) 343 - 351.
- [51] R. R. Stickney, J. W. Andrews, *Effects of Diatary Lipids on Growth, Food Conversion, Lipid and Fatty Acid Composition of Cannel Catfish*, **J. Nutr.**, 102 (1972) 249 -258.
- [52] R. R. Stickney, W. A. Wurts, *Growth Response of Blue Tilapies to Selected Levels of Diatary Menhaden and Catfish Oils*, **Prog. Fish. Cult.**, 48 (1986) 107 - 109.
- [53] J. Murray, J.R. Burt, *The Composition of Fish*, Tory Advisory Note, 38 (1977) 9-14.
- [54] D.G. Bishop, D.G. James, J. Oley, *Lipid Composition of Slender Tuna (Allothunnus falloi) as related to Lipid Composition of Their Feed (Nyctiphanes australis)*, **Jour. Fisheries Research of Canada**, 33 (1976) 1156-1161.
- [55] A. Kiessling, L. Johansson, T. Storebakken, *Effects of Reduced Feed Ration Levels on Fat Content and Fatty Acid Composition in White and Red Muscle From Rainbow Trout*, **Aquaculture**, 79 (1989) 169-175.
- [56] E. Bergström, *Effect of Natural and Artificial Diets on Seasonal Changes in Fatty Acid Composition and Total Body Lipid Content of Wild and Hatchery Reared Atlantic Solmon (Salmo salar L.) Parr- Smolt*, **Aquaculture**, 82, (1989), 205-217
- [57] O. Işık, *Farklı Mikroalg Türleri (Chlorella vulgaris, Monoraphidium minitum, Scenedesmus abundans) ve Bunlarla Beslenen Rotifer (Brachionus calycijlorus) ile, beslenmeleri Rotiferle Yapılmış Tatlısu Çipurası (Tilapia zilli) Larvalarında Yağ Asidi Kompozisyonu*, Doktora Tezi Çukurova Üniversitesi, Fenbilimleri Enstitüsü, 1995.
- [58] J.C. Navarro, F. Amat, *Effect of Algal Diets on the Fatty Acid Composition of Brine Shrimp, Artemia sp., cysts*. **Aquacult**, 101 (1991) 223-227.

- [59] G. Mourente, A. Medina, S. Gonzalez, A. Rodriguez, *Variations in Lipid Content and Nutritional Status During Larval Development of Marine Shrimp Penaeus kerathurus*, **Aquacult**, 130 (1995) 187-199.
- [60] P. Chanmugam, M. Boudreau, D.H. Hwanmg, *Differences in the n-3 Fatty Acid Contents in Pond-Reared and Wild Fish and Shellfish*, **J. Food Sci.**, 51:6 (1986) 1556-1557.
- [61] E.R. Mohsen, *Launching Major Research Program on Fish Oils and Health*, **Food Chemical News**, 6 (1985) 34-39.
- [62] S.A. Rahman, T.S. Huah, O. Hassan, N.M. Daud, *Fatty Acid Composition of Some Malaysian Freshwater Fish*, **Food Chem.**, 54 (1995) 45-49.
- [63] T. Farkas, *Adaptation of Fatty Acid Composition to Temperature-A Study on Carp (Cyprinus carpio L.) Liver Slices*, **Comp. Biochem. Physiol.**, 79 (1984) 531-535.
- [64] H. Dutta, A. Das, T. Farkas, *The Role of Environmental Temperature in Seasonal Changes of Fatty Acid Composition of Hepatic Lipid in an Air-Breathing Indian Teleost (Channa punctatus)*, **Comp. Biochem. Physiol.**, 81 (1985) 341-347.
- [65] Z. Cai, L.R. Curtis, *Effects of Diet and Temperature on Food Consumption, Growth Rate and Tissue Fatty Acid Composition of Triploid Grass Carp*, **Aquaculture**, 88 (1990) 313-327.
- [66] M. Kayam, *Feed Oil*, **Abst. Bull.**, 6 (1977) 6-10.
- [67] N. J. Manning, D.E. Kime, *Temperature Regulation of Ovarian Steroid Production in The Common Carp (Cyprinus Carpio L.) in Vivo and in Vitro*, **Gen. Comp. Endocrinol.**, 56 (1984) 376-388.
- [68] R.G. Ackman, R.D. Burgher, *Cod Liver Oil: Component Fatty Acids As Determined By Gas-Liquid Chromatography*, **J. Fish. Res. Bd. Can.**, 21:2 (1964) 319-326.
- [69] M.A. Akpınar, *Ergin Olmayan ve Ergin Sazanların (Cyprinus Carpio L.) Gonatlarında Total Lipid Değişimi*, **C.Ü. Fen-Ed. Fak. Fen Bil. Derg.**, 5 (1987) 173-190,
- [70] G.J. Atchison, *Fatty Acid Levels in Developing Brook Trout (Salvenus fontinalis) Eggs and Fry*, **J. Fish. Res. Bd. Can.**, 32 (1975) 2513-2515
- [71] M. Love, *The Chemical Biology of Fishes*, Academic Press, NewYork, 1970, 547p.
- [72] U. Kietzman, K. Pribe, D. Rakou, K. Reichstein, *Seefisch als Lebensmittel*, Paul Parey Verlag, Hamburg, Berlin, 1969, 268p.
- [73] Y. Kaya, H. A. Duyar ve M. Erdem, *Balık Yağ Asitlerinin İnsan Sağlığı İçin Önemi*, **E.Ü. Su Ürünleri Dergisi** 21: 3-4 (2004) 365-370
- [74] D. T. Gordon, V. Ratliff, *The Implications of Omega-3 Fatty Acids in Human Health*, *Advances in Seafood Biochemistry Composition and Quality*, Ed. By George L. Flick, 1992, 406 pp.
- [75] C.S. Lau, K.D. Morley, J.J. Belch, *Effects of Fish Oil Supplementation on non-steroidal anti-inflammatory Drug Requirement in Patients with Mild Rheumatoid Arthritis-a double-blind Placebo Controlled Study*, **Br. J. Rheumatol.**, 32 (1993) 982-9
- [76] H.B. Simon, *Patient-directed, non-prescription Approaches to Cardiovascular Disease*, **Arch. Intern. Med.**, 154 (1994) 2283-96.
- [77] I. Eritsland, H. Arnesen, I. Seljefolt, *Longterm Metabolic Effects of n-3 Polyunsaturated fatty acids in Patients with Coronary Artery Disease*, **Am. J. Clin. Nutr.**, 61 (1995) 831-6.
- [78] A.P. Simopoulos, *Evolutionary Aspects of Omega-3 Fatty Acids in The Food Supply*, **Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids**, 60 (1999) 421-429.

- [79] P.M. Khris-Etherton, D.S. Taylor, S. Yu-Poth, *Polyunsaturated Fatty Acids in the Food Chain in the United States*, **American Journal of Clinical Nutrition**, 71:1 (2000) 179-188.
- [80] J.M. Bourre, *Dietary Omega-3 Fatty Acids for Women*, **Biomedicine and Pharmacotherapy**, 61 (2007) 105-112.
- [81] M.L. Burr, A.M. Fehily, *Fatty Fish and Heart Disease*, **World Review of Nutrition and Dietetics**, (1990) 256-257.
- [82] G.O. Burr, M.M. Burr, *A New Deficiency Disease Produced by The Rigid Exclusion of Fat from The Diet*, **J. Biol.Chem.**, 82 (1929) 345-367.
- [83] J.E. Halver, *Fish Nutrition*, Academic Press, Inc.111 Fifth Avenue, New York, 1972, pp 713.
- [84] M. Bilgüven, *Yemler Bilgisi, Yem Teknolojisi ve Balık Besleme*, Yayın No:1, 2002, Akademisyen Yayın Evi, Rize.
- [85] M. Lorgèril, P. Salen, F. Laporte, J. Leiris, *Alpha-Linolenic Acid in The Prevention and Treatment of Coronary Heart Disease*, **European Heart Journal Supplements**, 3 (Supplement D) (2001) D26-D32.
- [86] P.M. Kris-Etherton, W.S. Harris, L.J. Appel, *Fish Consumption, Fish Oil, Omega-3 Fatty Acids, and Cardiovascular Disease*, **Circulation**, 106 (2002) 2747-2757.
- [87] S. Çelik, M. Demirel, *İnsan ve Hayvan Sağlığı Bakımından Omega Yağ Asitleri ve Konjuge Linoleik Asidin Önemi*, **Y.Y.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 9:1 (2004) 25-35.
- [88] T. Terano, A. Hirai, T. Hamazaki, S. Kobayashi, T. Fujita, Y. Tamura, A. Kumagai, *Effect Of Oral Administration Highly Purified Eicosapentaenoic Acid on Platelet Function , Blood Viscosity and Red Cell Deformability in Healthy Human Subjects*, **Atherosclerosis**, 46 (1983) 321-331.
- [89] P.M. Herold, J.E. Kinsella, *Fish Oil Consumption and Decreased Risk of Cardiovascular Disease: A Comparison Of Findings from Animal and Human Feeding Trials*, **Am. J. Clin. Nutr.**, 43 (1986) 566-598.
- [90] J. Bierman, W. Herman, W. Reuter, *Zur beeinflussung des lipoprotein profils durch eicosapen-taensaurereiche diat in kombination mit sporttheapie*. **Ernährungsforschung** 32 (1987) 44-46.
- [91] W. Steffens, U. Lieder, G. Mieth, M. Friedrich, M. Wirth, *Zum ernahrungs physiologischen aspect von silber und marmorkarpfen unter besonderer berücksichtigung ihres fettgehaltes*. **Ernährungs-forschung**, 34 (1989) 41-44.
- [92] M. Wirth, C. Wagenknect, H. Kretschmer, W. Wagenknect, W. Steffens, G. Miet, *Omega-3-fettsaure-haltige nahrungsquellen für die praventio von herz-kreislaufkrankungen*, **J. Clin. Chem. Clin Biochem**, 28 (1990) 803.
- [93] P. Singer, *Was sind, wie wirken omega-3-fettsauren?* Umschau Zeitschriftenverlag. Frankfurt am Main, 1994, 197 pp.
- [94] S. Mol, *Balık Yağı Tüketimi ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkiler*, **Journal of FisheriesSciences.com**, 2:4 (2008) 601-607
- [95] S. Bunting, S. Moncada, J.R. Vane, *The Prostacyclin-Thromboxane A2 Balance: Pathophysiological and Therapeutic Implications*, **Br. Med. Bull.**, 39:3 (1983) 271-276.
- [96] W. Steffens, *Effects of Variation in Essential Fatty Acids in Fish Feeds on Nutritive Value of Freshwater Fish for Humans*, **Aquaculture**, 151 (1997) 97-119.
- [97] R.M. Gunasekera, S.S.D. Silva, B.A. Ingram, *Early Ontogeny-Related Changes of The Fatty Acid Composition in The Percichthyid Fishes Trout Cod, Maccullochella macquariensis and Murray cod, M. peelii peelii*, **Aqua Living Resour.**, 12 :3 (1999) 219-227.

- [98] M.A. Duddley, H. Wang, D.L. Hachey, R.J. Shuman, J.S. Perkinson, J. Rosenberger, H.J. Mersmann, *Jejunal Brush Border Hyrolase Activitiy is Higher in Tallow-fed Pigs Than in Corn Oil-fed Pigs*, **J. Nutr.**, 124 (1994) 1996-2005.
- [99] D.C. Chan, G.F. Watts, P.H. Barrett, L.J. Beilin, T.G. Redgrave, T.A. Mori, *Regulatory Effects of HMG CoA Reductase İnhibitor and Fish Oils on Apolipoprotein B-100 Kinetics in İnsulin-Resistant Obese Male Subjects with Dyslipidemia*, **Diabetes**, 51 (2002) 2377-2386.
- [100] K. K. Carroll, *Biological Effects of Fish Oils in Relation to Cronic Diseases*, **Lipids**, 21:12 (1986) 731-732.
- [101] J. Dyerberg, H.O. Bang, *A Hypothesis on The Development of Acute Myocardial İnfarction iĭn Greenlanders*, **Scand J Clin Lab Invest Suppl**, 161 (1982) 7-13.
- [102] PN Durrington, R. Illingworth, *Lipid-Lowering Drugs: Who Gets What?* **Curr Opin Lipidol.**, 9 (1998) 289-294.
- [103] G. Hergenç, *Ateroskleroza Biyokimyasal Yaklaşım*, U. Görpe, B. İlerigelen, *Ateroskleroz El Kitabı*, Ateroskleroz Derneği Yayınları, 1. baskı, İstanbul, 2002, 16-35.
- [104] Y. Özkan, S. S. Koca, *Hiperlipidemi Tedavisinde Omega-3 Yağ Asitinin (Balık Yağı) Etkinliği*, **Fırat Tıp Dergisi**, 11:1 (2006) 40-44.
- [105] M.C. Morris, F. Sacks, B. Rosner, *Does Fish Oil Lower Blood Pressure? A Meta-Analysis Of Controlled Trials*, **Circulation**, 88 (1993) 523-533.
- [106] L.J. Appel, E.R.3rd Miller, A.J. Seidler, P.K. Whelton, *Does Supplementation of Diet With 'Fish Oil' Reduce Blood Pressure? A Meta-Analysis of Controlled Clinical Trials*, **Arch Intern Med.**, 153:12 (1993) 1429-1438.
- [107] J. A. Conquer, *Fatty Acid Analysis of Blood Plazma of Patient With Alzheimer's Disease, Other Type of Dementia, and Cognitive İmpairment*, **Lipids**, 35 (2000) 1305-1311.
- [108] J. N. Stone, *Fish Consumption, Fish Oil, Lipids and Coronary Hearty Disease*, **America Heart Association**, 94 (1996) 2337-2340.
- [109] K. Vanschoonbeek, M.A.H. Feijge, M. Paquay, J. Rosing, W. Saris, C. Kluft, P.L.A. Giesen, M.P.M. Maat, J.W.M. Heemskerk, *Variable Hypocoagulant Effect of Fish Oil Intake in Humans*, **American Hearth Association**, 24:9 (2004) 1734-1740.
- [110] J.L. Breslow, *n-3 Fatty Acids and Cardiovascular Disease*, **Americal Journal of Clinical Nutrition**, 83:6 (2006) 1477-1482.
- [111] W.E. Hardman, *(n-3) Fatty Acids and Cancer Therapy*, **Journal of Nutrition**, 34:12 (2004) 3427-3430.
- [112] K.S. Broughton, C.S. Johnson, B.K. Pace, M. Liebman, K.M. Kleppingerat, *Reduced Asthma Symptomps with n-3 Fatty Acid İngestion are Related to 5-Series Leukotrience Production*, **American Journal of Clinical Nutrition**, 65 (1997) 1011-1017.
- [113] L. G. Arnold, *Alternative Treatments for Adult with ADHD Annalysis*, **The New York Academy of Science**, 931, (2001), 310-341.
- [114] J. Britton, *Dietary Fish and Airways Obstruction*, **Thorax**, 50 (supplement 1) (1995) 11-15.
- [115] A.P. Simonopoulos, *Omega-3 Fatty Acids in Health and Disease and in Growth and Development*, **Am.J.Clin.Nutr.**, 54 (1991) 438-463.
- [116] U.N. Das, *Essential Fatty Acids and Acquired İmmunodeficiency Syndrome*, **Medical Science Monitor**, 11:6 (2005) 206-211.

- [117] D. Kromhout, E.B. Bosscheiter, De Lezenne-Coulander, *Inverse Relation Between Fish Oil Consumption and 20 Year Mortality from Coronary Heart Disease*, **New England Journal of Medicine**, 312 (1985) 1205-9.
- [118] H.D. Hafs, R.G. Zimbelman, *Low-fat Meats: Design Strategies and Human Implications*, **Food Science and Technology International Series**, USA, 1994, p 328.
- [119] J.P. San Giovanni, S Para-Cabrera, G.A. Colditz, C.S. Berkey, J.T. Dwyer, *Meta-Analysis of Dietary Essential Fatty Acids and Long-Chain Polyunsaturated Fatty Acids as They Relate to Visual Resolution Acuity in Healthy Preterm Infants*, **Pediatrics**, 105 (2000) 1292-1298.
- [120] WW. Koo, *Efficacy and Safety of Docosahexaenoic Acid and Arachidonic Acid Addition to Infant Formulas: Can One Buy Better Vision and Intelligence?* **J Am Coll Nutr**, 22 (2003) 101-107.
- [121] S.M. Innis, *n-3 Fatty Acid Requirements of The Newborn*, **Lipids**, 27 (1992) 879-885.
- [122] S.M. Innis, J. Gilley, J. Werker, *Are Human Milk Long-Chain Polyunsaturated Acids Related to Visual and Neural Development in Breast-Fed Term Infants?* **J Pediatr**, 139 (2001) 532-538.
- [123] H. Gülyavuz, K. Altinkurt, *Besin İşleme Teknolojisi*, Milli Eğitim Bakanlığı Basımevi, İstanbul, 1991, 320s.
- [124] M. Tülsner, *Fischverarbeitung band 1, rohstoffergenschaften von fische und grundlagen der verarbeitungs Prozesse*. Behr's Verlag-Hamburg, 19-23 (1994) 55-66.
- [125] J. A. Nettleton, *Seafood Nutrition in The 1990's Issues for The Consumer*, *Seafood Science and Technology*, Chapter 4, Ed. By Graham Bligh Can. Inst. of Fish Tech., 2000, 32-39.
- [126] Q. Bone, *On the Function of the Two types of Myotomal Muscle Fibre in Elasmobranch* **Fish. J. Mar. Biol.**, 46 (1966) 321-349
- [127] R. V. Krishnamoorthy, T. Narasimhan, *Ascorbic Acid and Fat Content in the Red and white Muscle of Carp (Catla catla)*, **Comp. Biochem. Physiol**, 43:4 (1972) 991-997
- [128] Y. Lin, G.H. Kobs, A.L. De Vries, *Oxygen Consumption and Lipid Content in Red and White Muscle of Antarctic Fishes*, **J. Exp. Zool.**, 189 (1974) 379-385
- [129] A. Berker, A. Çolak, *Keban Baraj Gölü'nde Bulunan Sazangiller (Cyprinidae) Familyasına Ait Bazı Türlerin Besinsel Analizleri Üzerine Araştırmalar*, **Veteriner Hekimleri Dergisi**, 49 (1976) 45-48.
- [130] H. Karaçam, M. Boran, *Doğu Karadeniz Bölgesindeki Bazı Balıklarda Besin Elementleri ve Sindirilebilir Proteinler Üzerine Bir Çalışma*, **Su Ürünleri Dergisi**, 7 (1990) 26-28.
- [131] A. Diler, *Çapalı Gölü Turna Balıklarının (Esox lucius L.) Mikrobiyolojik ve Kimyasal Kalitesindeki Mevsimsel Değişimleri*, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, 1995.
- [132] J. E. Kinsella, J. Shimp, L. Mai, J. Weihrauch, *Fatty Acid Content and Composition of Freshwater Finfish*, **JAOCs**, 54 (1977) 424-429.
- [133] J. R. Hazel, *Influence of Thermal Acclimation on Membrane Lipid Composition of Rainbow Trout Liver*, **Am. J. Physiol.**, 236 (1979) R91-101.
- [134] A.J. Sinclair, *Elevated Levels of Arachidonic Acid in Fish From Northern Australian Coastal Waters*, **Lipids**, 18:12 (1983) 877-881.

- [135] R. A. Gibson, R. Kneebone, G. M. Kneebone, *Comparative Levels of Arachidonic Acid in Malasian Fish*, **Comp. Biochem. Physiol C.**, 78 :2 (1984) 325-328.
- [136] Akpınar, M. A. 1987. *Cyprinus carpio*, L. (Osteichthyes, Cyprinidae) 'nın Kas Dokusu Yağ Asitlerinin Mevsimsel Değişimi, **Doğa Türk Biyoloji** 11:1 (1987) 1-9
- [137] M. A. Akpınar, M.Y. Aksoylar, *Garra rufa Heckel, 1949'nın Yağ Asidi Bileşimine Sıcaklığın, Besinsel Yağ Asitlerinin ve Açlığın Etkileri*, **Doğa Türk. Biyoloji**, 12:1 (1988) 1-8.
- [138] M.N. Bautista, M.C. Cruz, *Linoleic (ω 6) and Linolenic (ω 3) acids in the Diet of Fingerling Milkfish (*Chanos chanos* Forsskal)*, **Aquaculture**, 71:4 (1988) 347-358.
- [139] Ø. Lie, E. Lied, G. Lambertsen, *Haematological Values and Fatty Acid Composition of Erythrocyte Phospholipids in Cod (*Gadus morhua*) Fed at Different Water Temperatures*, **Aquaculture**, 79 (1989) 137-144.
- [140] Y. J. Wang, L. A. Miller, M. Perren, P. B. Addis, *Omega 3 Fatty Acids in Lake Superior Fish*, **Journal of Food Science**, 55:1 (1990) 72-73.
- [141] G. Aggelousis, E.S. Lazos, *Fatty Acid Composition of The Lipids From Eight Freshwater Fish Species from Greece*, **Journal of Food Composition and Analysis**, 4:1 (1991) 68-76.
- [142] M. L. Gallagher, M. L. Harrell, R. A. Rulifson, *Variation in Lipid and Fatty Acid Contents of Atlantic Croakers, Striped Mullet, and Summer Founder*, **Transactions of the American Fisheries Society**, 120:5 (1991) 614-619.
- [143] R. R. Linko, M. Rajasilta, R. Hiltunen, *Comparison of Lipid and Fatty Acid Composition in Vendace (*Coregonus albula* L.) and Available Plankton Feed*, **Comparative Biochemistry and Physiology A**, 103:1 (1992) 205-212
- [144] S. Sağlık, *Bazı Balık, Midye ve Karides Türlerinin Yağ Asidi Kompozisyonları ve Kolesterol İçeriklerinin Gaz Kromatografik İncelenmesi*, İstanbul Üniversitesi, Doktora Tezi, 1994.
- [145] Ö. Yılmaz, V. Konar, S. Çelik, *Elazığ Hazar Gölünde Yaşayan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843) 'nın (Siraz) Total Lipid ve Yağ Asidi Miktarlarının Aylara ve Mevsimlere Göre Değişimi*, **Tr. J. Of Biology**, 20 (1996) 245-257.
- [146] F. Soriguer, S. Serna, E. Valverde, J. Hernando, A. Martin-Reyes, M. Soriguer, A. Pareja, F. Tinahones, I. Esteve, *Lipid, Protein and Calorie Content of Different Atlantic and Mediterranean Fish, Selfish and Molluscs Commonly Eaten In The South of Spain*, **European Journal of Epidemiology**, 13 (1997) 451-463.
- [147] T. Serot, G. Gandemer, M. Demaimay, *Lipid and Fatty Acid Compositions of Muscle from Farmed and Wild Adult Turbot*, **Aquaculture International**, 6 (1998) 331-343.
- [148] M. Ünlüsayın, *Yılan Balığı (*Anguilla anguilla* L. 1766), Gökkusağı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* W. 1792) ve Sudak Balığı (*Stizostedion luciperca* L. 1758) 'nın Sıcak Dumanlama Sonrası Lipid ve Protein Bileşimleri*, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, 1999.
- [149] G. Ahlgren, M. Carlstein, I.B. Gustafsson, *Effects of Natural and Commercial Diets on The Fatty Acid Content of European Grayling*, **Journal of Fish Biology**, 55 (1999) 1142-1155
- [150] V. Konar, A.Canpolat, Ö. Yılmaz, F. Gürsu, *Capoeta trutta ve Barbus rajanorum mystaceus 'un Kas Dokularındaki Total Lipit ve Yağ Asidi Miktar ve Bileşimlerinin Üreme Periyodu Süresince Değişimi*, **Tr. J. of Biology**, 23 (1999) 319-330.
- [151] M. A. Akpınar, *Besinsel Yağ Asitlerinin ve Açlığın *Cyprinion macrostomus* Heckel 1843'un Kas Dokusu Yağ Asidi Bileşimine Etkisi*, **Tr. J. of Biology**, 23 (1999) 309-317.

- [152] M. Çelik, *Su Sirkülasyonunun Gökkusağı Alabalık (Oncorhynchus mykiss) Filetolarında omega-3 Yağ Asitleri Miktarına Etkisi*, **Turk. J. Vet. Anim. Sci.** 24 (2000) 605-607.
- [153] K. Metin, M. A. Akpınar, *Cyprinion macrostomus (Heckel, 1843)'un Gonatlarında Total Lipid ve Yağ Asidi Miktarının Mevsimsel Değişimi*, **Turk. J. Biol.**, 24 (2000) 627-634.
- [154] K. Uysal, *Eğirdir Gölü Sudak (Stizostedion luciperca L. 1758) Balıklarının Total Lipid, Total Yağ Asidi ve Yağ Asidi Bileşiminin Mevsimsel İncelenmesi*, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, 2000.
- [155] C. Kara, M. Çelik, *Fatty Acid Composition of Gonad Tissue in Female and Male Chondrostoma regium (Heckel, 1843) Living in Ceyhan River, Kahramanmaraş-Turkey*, **Fen ve Mühendislik Dergisi**, 3:1 (2000) 160-168.
- [156] C. Kara, *Sır Baraj Gölü (Kahramanmaraş) 'nde Yaşayan Chondrostoma regium (Heckel, 1843) 'Un Dişi ve Erkek Bireylerinin Kas Dokusu Yağ Asitlerinin Değişimi*, **Fen ve Mühendislik Dergisi**, 4:1 (2001) 74-78.
- [157] X.L. Xu, P. Fontaine, C. Melard, P. Kestemont, *Effects of Dietary Fat Levels on Growth, Feed Efficiency and Biochemical Compositions of Eurasian Perch Perca Fluviatilis*, **Aquaculture International**, 9 (2001) 437-449.
- [158] M. Ünlüsayın, M. Y. Aksoylar, H. Gülyavuz, *Bazı Tatlısu Balıklarının Sıcak Dumanlama Sonrası Lipidlerindeki Kimyasal Değişimler*, **Turk J Vet Anim Sci**, 25 (2001) 341-348.
- [159] H.İ. Haliloğlu, N.M. Aras, *Comparison of Muscle Fatty Acids of Three Trout Species (Salvelinus alpinus, Salmo trutta fario, Oncorhynchus mykiss) Raised under the Same Conditions*, **Turk J Vet Anim Sci**, 26 (2002) 1097-1102
- [160] S. Bulut, *Farklı Alanlarda [Apa (Konya) ve Selevir Baraj Gölü (Afyon)] Yaşayan Cyprinus Carpio L. (Osteichthyes, Cyprinidae)'nın Kas Dokusu Yağ Asitleri ve Kolesterol Seviyelerinin İncelenmesi*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, 2002.
- [161] M.A. Akpınar, V. Konar, *Aç Bırakılan ve Beslenen Oncorhynchus mykiss'in Kas Dokusu Yağ Asit Bileşimi*, **F.Ü. Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 14(1) (2002) 11-18
- [162] N. Shirai, M. Tereyama, H. Takeda, *Effect of Season on The Fatty Acid Composition and Free Amino Acid Content of The Sardine Sardinops melanostictus*, **Comparative Biochemistry and Physiology**, Part B 131 (2002) 387-393.
- [163] D.R. Tocher, M. Agaba, N. Hastings, J.G. Bell, J.R. Dick, A.J. Teale, *Nutritional Regulation of Hepatocyte Fatty Acid Desaturation and Polyunsaturated Fatty Acid Composition in Zebrafish (Danio rerio) and Tilapia (Oreochromis niloticus)*, **Fish Physiology and Biochemistry**, 24:4 (2001) 309-320.
- [164] İ. Uysal, Ş.Çaklı, U. Çelik, *Kültür Şartlarında Extruder Pelet Yemle Beslenen Abant Alabalığı (Salmo trutta abanticus T., 1954) ile Gökkusağı Alabalığı (Oncorhynchus mykiss W., 1792)'nın Biyokimyasal Kompozisyonları*, **E.Ü. Su Ürünleri Dergisi**, 19: 3-4 (2002) 447-454.
- [165] O. Hisar, Ş. A. Hisar, M.K. Kaya, T. Yanık, *Farklı Su Sıcaklıklarında Tutulan Aynalı Sazanlarda (Cyprinus carpio) Eritrosit Hücrelerinin Ozmotik Kırılgenlikleri İle Yağ Asidi Kompozisyonları*, **Turk J Vet Anim Sci**, 27 (2003) 1277-1281
- [166] M. Çelik, M. A.Gökçe, *Çukurova (Adana) Bölgesinden Beş Ayrı Tilapia Türünün Yağ Asidi Özelliklerinin Tespiti*, **Turk J Vet Anim Sci**, 27 (2003) 75-79
- [167] N. M. Aras, H. İ. Haliloğlu, Özer Ayık, *Comparison of Fatty Acid Profiles of Different Tissues of Mature Trout (Salmo trutta labrax, Pallas, 1811) Caught from Kazandere Creek in the Çoruh Region, Erzurum, Turkey*, **Turk J Vet Anim Sci** 27 (2003) 311-316

- [168] E. Cengiz, E. Ünlü, M. Başhan, *The Effects of Dietary Fatty Acids on The Fatty Acid Composition in The Phospholipid Fraction of Gambusia affinis*, **Turk. J. Biol.**, 27 (2003) 145-148.
- [169] S. Sağlık, M. Alpaslan, T. Gezgin, K. Çetintürk, A. Tekinay, K. C. Güven, *Fatty Acid Composition of Wild and Cultivated Gilthead Seabream (Sparus aurata) and Sea Bass (Dicentrarchus labrax)*, **Eur. J. Lipid Sci. Technol.**, 105 (2003) 104–107
- [170] A. K. Öztürk, *Beyşehir Gölü'ndeki Kadife Balığı, Tinca tinca L.(Osteichthyes: Cyprinidae)'nın Total Yağ Asidi Bileşiminin Mevsimsel Değişimi*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, 2003
- [171] M.A. Gökçe, O. Taşbozan, M. Çelik, , Ş.S. Tabakoğlu, *Seasonal Variations in Proximate and Fatty Acid Compositions of Female Common Sole (Solea solea)*, **Food Chemistry** 88 (2004) 419-423.
- [172] E. Kırac, *Konya'da Satılan Bazı Balık Türlerinin Yağ Asidi Bileşimi*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, 2004
- [173] M. Bulut, *Levrek (Dicentrarchus labrax L., 1758) ve Çipura (Sparus aurata L., 1758) Yumurtalarının Biyokimyasal Kompozisyonu*, **E.Ü. Su Ürünleri Dergisi**, 21 (1-2) (2004) 129 –132.
- [174] C. Kara, N. Kurtul, S. Çalışlar, *Üreme Zamanına Bağlı Olarak Acanthobrama marmid (Heckel, 1843)'in Dişi ve Erkek Bireylerinde Gonad Yağ Asidi Bileşiminin İncelenmesi*, **KSÜ. Fen ve Mühendislik Dergisi**, 8:2 (2005) 23-26.
- [175] E. Şener, M. Yıldız, E. Savaş, *Effects of Dietary Lipids on Growth and Fatty Acid Composition in Russian Sturgeon (Acipenser gueldenstaedtii) Juveniles*, **Turk J Vet Anim Sci**, 29 (2005) 1101-1107
- [176] J. E. R. Rasoarahona, G. Barnathan, P. J. Bianchini, M. E. Gaydou, *Influence of Season on The Lipid Content and Fatty Acid Profiles of Three Tilapia Species (Oreochromis niloticus, O. macrochir and Tilapia rendalli) from Madagascar*, **Physiol.**, 105A (2005) 513-518.
- [177] K. Uysal, M. Y. Aksoylar, *Seasonal Variations in Fatty Acid Composition and the n-6/n-3 Fatty Acid Ratio of Pikeperch (Sander lucioperca) Muscle Lipids*, **Ecology of Food and Nutrition**, 44:1 (2005) 23 - 35
- [178] S. Şen, *Kefal Balığı, Mugil cephalus L. 1758 (Osteichthyes: Mugilidae)'nın Total Yağ Asidi Bileşiminin Mevsimsel Değişimi*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, 2006.
- [179] G. Özyurt, A. Polat, *Amino Acid and Fatty Acid Composition of Wild Sea Bass (Dicentrarchus labrax): A seasonal differentiation*, **Eur. Food Res. Technol**, 222 (2006) 316–320.
- [180] B. Kıztanır, *Beyşehir Gölü'ndeki Cyprinus carpio L. (Osteichthyes: Cyprinidae)'nın Total Yağ Asidi Bileşiminin Mevsimsel Değişiminin Belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, 2006
- [181] A. Belikuşaklı, *Levrek Balığı, Dicentrarchus labrax L. 1758 (Osteichthyes:Moronidae)'nın Total Yağ Asidi Bileşiminin Mevsimsel Değişimi*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, 2006
- [182] İ. Yıldırım, *Çipura balığı, Sparus aurata L. 1758 (Osteichthyes:Sparidae)'nın Total Yağ Asidi Bileşiminin Mevsimsel Değişimi*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, 2006.
- [183] A. Bayir, A. N. Sirkecioğlu, H. Polat, N. M. Aras, *Biochemical Profile of Blood Serum of Siraz Capoeta capoeta umbla*, **Comp Clin Pathol**, 16 (2007) 119-126.
- [184] G. M. Turchini, V. M. Moretti, T. Mentasti, E.O.F. Valfare, *Effects of Dietary Lipid Source on Fillet Chemical Composition, Flavour Volatile Compounds and*

- Sensory Characteristics in the Freshwater Fish Tench (Tinca tinca L.)*, **Food Chemistry**, 102 (4) (2007) 1144-1155
- [185] M. Karaçalı, *Örenler Baraj Gölü'ndeki Cyprinus carpio (L. 1758 Cyprinidae)'nın Toplam Yağ Asidi Bileşiminin Mevsimsel Değişimlerinin Belirlenmesi*, Afyon Kocatepe Üniversitesi, 2007
- [186] Ş. Kandemir, N. Polat, *Seasonal Variation of Total Lipid and Total Fatty Acid in Muscle and Liver of Rainbow Trout (Oncorhynchus mykiss W., 1792) Reared in Derbent Dam Lake*, **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, 7 (2007) 27-31
- [187] G.O. Güler, A. Aktümsek , O.B. Cital, A. Arslan, E. Torlak, *Seasonal Variations on Total Fatty Acid Composition of Fillets of Zander (Sander lucioperca) in Beyşehir Lake (Turkey)*, **Food Chemistry**, 103 (2007) 1241-1246
- [188] S. Sağlık Aslan, K. C. Güven, T. Gezgin, M. Alpaslan , A. Tekinay, *Comparison of Fatty Acid Contents of Wild and Cultured Rainbow Trout (Oncorhynchus mykiss) in Turkey*, **Fisheries Science**, 73 (2007) 1195-1198.
- [189] M. Güneş, *Tercan Baraj Gölü ve Tuzla Çayı 'nda Yaşayan Capoeta capoea umbla Heckel, 1843 Populasyonlarının Bazı Biyo-Ekolojik Özellikleri, Total Yağ ve Yağ Asidi Kompozisyonlarının Karşılaştırılması*, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, 2007
- [190] Y. Özoğul, F. Özoğul, S. Alagöz, *Fatty Acid Profiles and Fat Contents of Commercially Important Seawater and Freshwater Fish Species of Turkey: A Comparative Study*, **Food Chemistry**, 103 (2007) 217-223.
- [191] A. Küçükgülmez, M. Çelik, B. Ersoy, Y. Yanar, L. Sangün, *Seasonal Variations in Proximate and Fatty Acid Compositions of Two Commercially Important Fish, Hake (Merluccius merluccius) and Lizardfish (Saurida undosquamis), from the Northeastern Mediterranean Sea*, **Journal of Muscle Foods**, 19 (2008) 352-361.
- [192] M. Çelik, M. A. Gökçe, N. Başusta, A. Küçükgülmez, O. Taşbozan, Ş. S. Tabakoğlu, *Nutritional Quality of Rainbow Trout (Oncorhynchus mykiss) Caught from the Atatürk Dam Lake in Turkey*, **Journal of Muscle Foods**, 19 (2008) 50-61
- [193] M. Çelik, *Seasonal Changes In The Proximate Chemical Compositions and Fatty Acids of Chub Mackerel (Scomber japonicus) and Horse Mackerel (Trachurus trachurus) from The North Eastern Mediterranean Sea*, **International Journal of Food Science and Technology**, 43 (2008) 933-938
- [194] J. Rasoarahona, P. Ramanoelina, J.P. Bianchini, E. Gaydou, *Muscle Lipids and Fatty Acid Profiles of the Sea Catfish (Arius madagascariensis) in Madagascar Inland Waters*, **Journal of the American Oil Chemists' Society**, 85 (5) (2008) 435-440
- [195] K. Uysal, M. Bülbül, M. Dönmez, A. K. Seçkin, *Changes in Some Components of The Muscle Lipids of Three Freshwater Fish Species Under Natural Extreme Cold and Temperate Conditions*, **Fish Physiol Biochem**, 34 (2008) 455-463.
- [196] A. Polat, S. Kuzu, G. Özyurt, B. Tokur, *Fatty Acid Composition of Red Mullet (Mullus barbatus): A Seasonal Differentiation*, **Journal of Muscle Foods**, 20 (2009) 70-78.
- [197] A. Aksoy, S. Haşimoğlu, A. Çakır, *Besin Maddeleri ve Hayvan Besleme*, Erzurum, 1981 Atatürk Üni. Basımevi, 290.
- [198] T. Lovell, *Nutrition and Feeding of Fish*, New York, 1989, America, 260.
- [199] I. Akyurt, *Balık Besleme*, Erzurum, Atatürk Üni. Ziraat Fak. Ders Notları, 1993, 219.

- [200] E. Ş. Çelik, A. Aslan, M. Alparslan, *Balıklarda Kan Glukozunu Etkileyen Başlıca Faktörler*, **Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, 24:1-2 (2008) 364 - 379
- [201] İ. Akyurt, *Balık Besleme*, Mustafa Kemal Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Ders Kitapları, Hatay, 3, 2004, 226.
- [202] B. Hoşsu, A. Y. Korkut, A. Fırat, *Balık Besleme ve Yem Teknolojisi*, I. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları, İzmir, 50 (19) (2001) 295.
- [203] A. Girgin Başusta, *Balık Biyolojisi Araştırma Yöntemleri*, Nobel Yayın, Ankara, 772 (2005) 498.
- [204] J.R. Strange, *Acclimation Temperature Influences Cortisol and Glucose Concentrations in Stressed Channel Catfish*, **Transactions of The American Fisheries Society**, 109 (1980) 298-303.
- [205] D. S. Kaminska, U. Loos, V. Maier, H. H. Didschuneit, E. F. Pfeiffer, *Seasonal Variations of Glucose and Triiodothyronine Concentrations in Serum of Carp (Cyprinus carpio L.)*, **Horm. Metabol. Res.**, 20 (1988) 727-729.
- [206] A. J. Matty, *Fish Endocrinology*, Croom Helm, London and Sydney, Timber Press Portland, Oregon, 1985, 267 pp.
- [207] A. Yıldırım, M. Türkmen İ.Altuntaş, *Çoruh Havzası-Oltu Çayı'nda Yasayan Bıyıklı Balık, Barbus plebejus escherichi (Steindachner, 1897)'in Kan Glikoz Düzeyindeki Mevsimsel Değişimler*, **Tr. J. of Veterinary and Animal Sciences**, 23 (1999) 373-378.
- [208] A. Yıldırım, M. Türkmen, İ.Altuntaş, *Çoruh Nehri Oltu Çayında Yaşayan Capoeta tinca (Heckel, 1843)'nın Kan Glikoz Düzeyindeki Aylık Değişmeler*, **Turk J Biol**, 24 (2000) 49-56.
- [209] G.M. Christensen, J.M. Mckim, W.A. Brungs, E.P. Hunt, *Changes in the Blood of The Brown Bullhead (Ictalurus nebulosus) Following Short and Long Term Exposure to Copper*, **Toxicol. Appl. Pharmacol.**, 23 (1972) 417-427.
- [210] G.M. Dethloff, D. Schlenk, S. Khan, H.C. Bailey, *The Effects of Copper on Blood and Biochemical Parameters of Rainbow Trout (Oncorhynchus mykiss)*, **Arch. Environ. Contam. Toxicol.**, 36 (1999) 415-423.
- [211] H.M. Levesque, T.W. Moon, P.G.C. Campbell, A. Hontela, *Seasonal Variation in Carbohydrate and Lipid Metabolism of Yellow Perch (Perca flavescens) Chronically Exposed to Metals in the Field*, **Aquatic Toxicology**, 60:3-4 (2002) 257-267.
- [212] M. Z. Vosyliene, *The Effect of Heavy Metals on Hematological Indices*, **Acta Zoologica Litvanica Hydrobiologia**, 9 (1999) 76-82.
- [213] K. Metin, *Topardıç Deresindeki (Kangal-Sivas) Cyprinion macrostomus Heckel, 1843 (Osteichthyes: Cyprinidae)'ların Gonadal Total Lipid, Total Yağ Asidi ve Glikojen İçeriğinin Mevsimsel Değişimi*, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, 1992.
- [214] M.A. Akpınar, K. Metin, *Aç Bırakılan ve Beslenen Oncorhynchus mykiss'in Karaciğer ve Kas Dokusu Glikojen Miktarı*, **Tr. J. of Biology**, (1999) 23 : 107-113
- [215] A. R. Oğuz, İnci Kefali (*Chalcalburnus tarichi* Pallas, 1811) *Karaciğerinin Histolojik Yapısı ve Karaciğerdeki Total Yağ ve Glikojen Seviyelerinin Üreme Siklusuna Bağlı Olarak Değişimi*, Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, 2002.
- [216] B. Cicik, K. Engin, *The Effects of Cadmium on Levels of Glucose in Serum and Glycogen Reserves in the Liver and Muscle Tissues of Cyprinus carpio (L., 1758)*, **Turk J Vet Anim Sci**, 29 (2005) 113-117.

- [217] M. Arslan, S. Karaytuğ, B. Cıçık, *Bakırın Clarias lazera (Valenciennes, 1840)'da Doku Glikojen ve Serum Glukoz Düzeyi Üzerine Etkileri*, **E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences**, 23 Suppl. (1) (2006) 23-27.
- [218] A. Bayır, A. N. Sirkecioğlu, H. Polat, N. M. Aras, *Biochemical Profile of Blood Serum of Siraz Capoeta capoeta umbla*, **Comp Clin Pathol**, 16 (2007) 119-126.
- [219] S. Aydın, A. Yıldırım, O. Erdoğan, *Aras Nehrinde Yaşayan Capoeta capoeta capoeta (Güldenstaedt, 1772) 'nin Kan Glikoz Düzeyindeki Aylık Değişimler*, **Türk J Vet Anim Sci**, 24 (2000) 523-528.
- [220] C. Ezike, E.B.C. Ufodike, *Plasma Glucose and Liver Gglycogen of African Catfish (Clarias gariepinus) Exposed to Petrol*, **Journal of Fisheries International**, 3:2 (2008) 46-48.
- [221] Anonymous, Karakaya Baraj Gölü Limnoloji Raporu, DSİ, 1991.
- [222] http://tr.wikipedia.org/wiki/Karakaya_Baraj_Gölü
- [223] M. Dağlı, A.Ü.Erdemli, *An Investigation on the The Fish Fauna of Balıksuyu Stream (Kilis, TURKEY)*, International J. of Natural and Engineering Sciences (in the press), 2009
- [224] M. Kuru, *Dicle - Fırat, Kura - Aras, Van Gölü ve Karadeniz Havzası Tatlı Sularında Yaşayan Balıkların (Pisces) Sistematik ve Zoocoğrafik Yönden İncelenmesi* (Doçentlik Tezi), Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi, Erzurum, 1975, 181s.
- [225] R. Geldiay, S. Balık, *Türkiye Tatlısu Balıkları*, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınlan No:46, Ders Kitabı Dizini No:16, Ege Üniversitesi Basım Evi, Bornova, 1996.
- [226] A. Demirsoy, *Yaşamın Temel Kuralları, Omurgalılar/Anamniyota*, Cilt III / Kısım-I, Beşinci Baskı, Meteksan A.Ş., Ankara, 2001, 684s.
- [227] J. Folch, M. Lees, G. H. A. Sladane - Stanley, *Simple Method for the İsolation and Purification of Total Lipids from Animal Tissues*, **J. Biol. Chem.**, 226 (1957) 497 -509.
- [228] S. Peter, *Extraction and Purification of Lipids: II Why is Chloroform-Metanol such a Good Lipid Solvent*, **Physiol Chem & Physic**, 5 (1973) 141 -149.
- [229] S. Peter, E. Hunter, J. Calvert, *Extraction and Purification of Lipids: III Serious Limitations of Chlofoform and Chloroform-Metanol in Lipid Investigations*, **Physiol Chem & Physic**, 5 (1973) 151 - 155.
- [230] S. Peter, J. Calvert, R. Steiner, (1973) *Extraction and Purification of Lipids: IV Alternative Binary Solvent Systems to Replace Chloroform-Metanol in Studies on Biologycal Membranes*, **Physiol Chem & Physic**, 5 (1973) 157 -166.
- [231] A. Hara, N. S. Radin, *Lipid Extraction of Tissues with a Low - Toxicity Solvent*, **Analytical Biochemistry**, 90 (1978) 420-426.
- [232] F. Phillips, O. S. Privett, *A Simple Procedure for The Quantitative Extraction of Lipids from Brain Tissue*, **Lipids**, 14:6 (1978) 590 - 595.
- [233] M. Kates, *Techniques of Lipidology, Isölation, Analysis and Identification of Lipids*, 2 nd revised edition, New York, 1988.
- [234] WW. Christie, *Gas Chromatography and Lipids*, pp. 302, The Oil Press, Glaskow, 1990.
- [235] W.L. De Vlaming, H:S: Wiley, G. Delahunty, R.A Wallace, *Goldfish (Carassius auratus) Vitellogenin: İndüction, Isolation, Properties and Relationship to Yolk Proteins*, **Comp. Biochem. Physiol**, 67B (1980) 613-623.
- [236] L.L Johnson, E. Casilas, M.S.Myers, D.L. Rhodes, O.P. Olson, N.R. John, *Patterns of Oosit Devoloment and Related Changes in Plasma 17-B Estradiol*,

- Vitellogenin and Plasma Chemistry in English Sole, Paraphrys vetulus girard*, **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, 152 (1991) 161-185
- [237] J. H. Roe, J.M. Bailey, R. R. Gray, J.N. Robinson, *Complete Removal of Glycogen from Tissues by Extraction with Cold Trichloroacetic Acid Solution*, **J. Biol. Chem.**, 236:5 (1961) 1244-1246.
- [238] N. V. Carroll, R.W. Longley, J. H. Roe, *The Determination of Glycogen in Liver and Muscle by Use of Anthrone Reagent*, **J. Biol. Chem.**, 220 (1956) 583-593.
- [239] P.M. Jangaard, H. Brockerhoff, R.D. Burger, R.J. Hoyle, *Seasonal Changes in General Condition and Lipid Content of Cod from Inshore Waters*, **Jour. Fisheries Research Board of Canada**, 24 (1967) 607-612.
- [240] B.A. Medford, W.C. Mackay, *Protein and Lipid Content of Gonads, Liver and Muscle of Northern Pike (Esox lucius) in Relation to Gonad Growth*, **Jour. Fisheries Research Board of Canada**, 35 (1978) 213-219.
- [241] E. Dere, A. Yanıkoğlu, *Sıcaklığın Cyprinion macrostomus'un Karaciğer ve Kas Glikojen Seviyesine Etkisi*, **C.Ü. Fen-ed. Fak. Fen. Bil. Derg.**, 15 (1993) 15-27.
- [242] B. Korsgaard, I. Petersen, *Vitellogenin, Lipid and Carbohydrate Metabolism During Vitellogenesis and Pregnancy, after Hormonal Induction in the Blenny zoarces Viviparus (L)*, **Comp. Biochem. Physiol.**, (63B) (1979) 245-251.
- [243] C. Haux, B. Norberg, *The Influence of Estradiol-17 β on the Liver Content of Protein, Lipids, Glycogen and Nucleic Acids in Juvenile Rainbow Trout, Salmo gairdnerii*, **Comp. Biochem. Physiol.**, (81B) (1985) 275-279.
- [244] L. L. Johnson, E. Casillas, M.S. Myers, D.L. Rhodes, O.P. Olson, *Patterns of Oosit Development and Related Changes in Plasma 17- β Estradiol, Vitellogenin and Plasma Chemistry in English sole, Paraphrys vetulus girard*, **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, 152 (1991) 161-185.
- [245] A. Demirsoy, *Yaşamın Temel Kuralları*, Genel Biyoloji/Genel Zooloji, Hacettepe Üniversitesi Yayınları, A/55, Cilt: I, Kısım I., Ankara, 1997, 770 s.
- [246] M.A. Akpınar, K. Metin, *Aç Birakılan ve Beslenen Oncorhynchus mykiss'in Karaciğer ve Kas Dokusu Glikojen Miktarı*, **Tr. J. of Biology**, 23 (1999) 107-113.
- [247] L. Tashima, G.F. Cahill, *Fat Metabolism in Fish*, in Hand-book of Physiology (A.E. Renold and G.F. Cahili, eds.), Section 5: Adipose Tissue, 1965, pp.55-8.
- [248] M. Fontaine, J. Hatey, *Contribution to the Study of Glucose Metabolism in the Salmon (Salmo salar) at Different Stages of Its Development and of Its Migrations*, **Phystologia Comp. Oecol.**, 3 (1953) 37-52.
- [249] B.O., Ross, R., Hems, H.A. Krebs, *The Rate of Gluconeogenesis from Various Precursors in The Perfused Rat Liver*, **Biochem.**, 102 (1967) 942-951.
- [250] P. Luquet, C. Leger, F., Bergot, *Effects of Carbohydrate Suppression in Diets of Rainbow trout Kept A Temperature of 10°C. I-Growth in Relation to Level of Protein Ingestion*. **Ann. Hydrobiol.**, 6 (1975) 61-70.
- [251] S.S.O., Hung, T., Storebakken, *Carbohydrate Utilization by Rainbow Trout is Affected by Feeding Strategy*, **J. Nutr.**, (1994) 223-230.
- [252] A. Canpolat, *Keban Baraj Gölü'nde bulunan Barbus rajanorum mystaceus (Heckel, 1843) ve Capoeta trutta (Heckel, 1843)'nın Kas Dokularındaki Total Lipit ve Yağ Asidi Miktar ve Bilesimlerinin Üreme Mevsiminde Total Yağ ve Yağ Asitlerinin Karşılatılması*, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, 1996.
- [253] A. Arslan, *Keban Baraj Gölü Aynalı Sazanlarının (Cyprinus carpio L.) Mikrobiyolojik ve Kimyasal Kaliteleri*, **Doğa Tr. J. of Vet. and Animal Sciences**, 17 (1993) 251-259.

- [254] Ö. Yılmaz, *Elazığ Hazar Gölünde Yaşayan Capoeta capoeta umbla (Heckel, 1843) 'nın Total Yağ Asidi Miktarı ve Yağ Asitleri Cinslerinin Mevsimlere Göre Değişimi*, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, 1995.
- [255] F. Odabaşoğlu, *Van Gölü'nde Yaşayan İnci Kefali (Chalcalburnus tarichi, Pallas 1811,) Balığı'nın Çeşitli Dokularının Kimyasal Bileşimi*, Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncüyıl Üniversitesi, 1996.
- [256] R. G. Ackman, W.M.N. Ratnayake, *Fish Oils, Seal Oils, Esters and Acids are All Form of $\omega 3$ Intake Equal*, Heart Effects of Fish and Fish Oils (Derleyen : Chandra, R. K.), 1989, 373 - 393, ARTS Biomedical Publisher & Distributors, Newfoundland.
- [257] R. A. Gibson, *The Effect of Diets Containing Fish and Fish Oils on Disease Risk Factors in Humans*, **J. Med.**, 18 (1988) 713-731.
- [258] C. Magali, C. Francoise, P. Henri, P. Anne, P. Marine, *Effects of Salmon Oil and Corn Oil on Plasma Lipid Level and Hepato-Biliary Cholesterol Metabolism in Rats*, **Biochimica et Biophysica Acta**, 1046 (1990) 40-45.
- [259] E. H. Gruger, R. W. Nelson, M. E. Stansby, *Fatty Acid composition of Oils from 21, Species of Marine Fish, Freshwater Fish and Shellfish*, **JAOCs.**, 41 (1964) 662-667.
- [260] D. Şen, N. Özdemir, *Elazığ Hazar Gölü'ndeki Capoeta capoeta umbla (Heckel, 1843)'nın (Pisces, Cyprinidae) Sindirim Aygıtı Muhteviyatı*, VIII. Ulusal Biyoloji Kongresi, 3-5 Eylül, İzmir, 1986.
- [261] D.F. Harrobin, M.S. Manku, *Clinical Biochemistry of Essential Fatty Acids*, In: Horrobin. D.F. (Hrsg.). Omega-6 Essential Fatty Acids, Pathophysiology and Clinical Medicine, Wiley-Liss, New York, 1990, 21-53.
- [262] J.E. Halver, *Fish Nutrition*, Academic Press Inc., Second Ed., New York, 1989, 798p.
- [263] Ş. Kandemir, *Derbent Baraj Gölü'nde Kültürü Yapılan Gökkuşluğu Alabalığı (Oncorhynchus mykiss W., 1792)'Nin Total Lipid ve Yağ Asidi ile Yağ Asidi Cins ve Miktarlarının Mevsimlere Göre Değişimi*, Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, 2007.
- [264] S. Kandemir, *Farklı Mevsimlerde Seyhan Baraj Gölünde Avlanan Kadife Balığı (Tinca tinca L., 1758)'nin Yağ Asitleri Kompozisyonundaki Değişimler*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, 2008.
- [265] R.G. Ackman, *Fish Lipids*, Part 1 in Advances in Fish Science and Technology, Fishing News Books, Crc Press, 1980, 86-102.
- [266] J.L.R. Pritchard, *Analysis of Oilseeds, Fats and Fatty Acids*, Edited by J. B. Rossell, Elsevier Applied Science, London and New York, 1982, 367-385.
- [267] N.M. Aras, H.İ. Haliloğlu, A. Bayır, M. Atamanalp, A.N. Sirkecioğlu, *Karasu Havzası Yeşildere Çayı Olgun Dere Alabalıkları (Salmo trutta macrostigma, Dumeril, 1858)'nda Farklı Dokuların Yağ Asidi Kompozisyonlarının Karşılaştırılması*, **Türk J Vet Anim Sci**, 27 (2003) 887-892.
- [268] R.J. Henderson, D.R. Tocher, *The Lipid Composition and Biochemistry of Freshwater Fish*, **Prog. Lipid Res.**, 26:4 (1987) 281-347.
- [269] J.G. Bell, D.R. Tocher, B.M. Farndale, D.I. Cox, R.W. McKinney, J.R. Sargent, *The Effect of Dietary Lipid on Polyunsaturated Fatty Acid Metabolism in Atlantic Salmon (Salmo salar) Undergoing Parr-Smolt Transformation*, **Lipids**, 32: 5 (1997) 515-525.
- [270] J.H.F.M. Kluytmans, D.I. Zandee, 1973a. *Lipid Metabolism in The Northern Pike (Esox lucius L.), I. The Fatty Composition of The Northern Pike*, **Comp. Biochem. Physiol.**, 44 (2): 451-458.

- [271] J.H.F.M. Kluytmans, D.I. Zandee, *Lipid Metabolism in The Northern Pike (Esox lucius L.), II. The Composition of Total Lipids and of The Fatty Acids Isolated from Lipid Classes and Some Tissues of The Northern Pike*, **Comp. Biochem. Physiol.**, 44:2 (1973) 459-466.
- [272] K. Hayashi, T. Takagi, *Lipids Metabolism in Fish, I. Comparison of Fatty Acid Composition in Gilled Fish and Impounded Fish*, **Bull. Fac. Fish, Hokkaido Univ.**, 27 (1976) 172-180.
- [273] T. Farkas, I. Csengeri, F. Majoros, J. Olah, *Metabolism of Fatty Acids in Fish, I. Development of Essential Fatty Acid Deficiency in The Carp, Cyprinus carpio L.*, **Aquaculture**, 11:2 (1977) 147-157.
- [274] T. Farkas, I. Csengeri, F. Majoros, J. Olah, *Metabolism of Fatty Acids in Fish, II. Biosynthesis of Fatty Acid in Relation to Diet in The Carp, Cyprinus carpio L.*, **Aquaculture**, 14 (1978) 57-65.
- [275] R.O. Sinnhuber, *The Role of Fats, In fish in Research*, Academic Pres, New York, 1969, 245-261 pp.

ÖZGEÇMİŞ

1975 Kilis doğumlu olup ilköğrenimini Kilis'te, ortaöğrenimini Diyarbakır Cumhuriyet Fen Lisesi'nde tamamladı. 1994 yılında Dicle Üniversitesi Eğitim Fakültesi Biyoloji Öğretmenliği Bölümünü kazanarak, 1998 yılında mezun oldu. 1999 yılında Kafkas Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümünde Araştırma görevlisi olarak göreve başladı. 2000 yılında İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanları Eğitimi Bölümü, Biyoloji Eğitimi Anabilim Dalına atanarak araştırma görevlisi olarak bu görevini sürdürmektedir. Evli ve bir çocuk babasıdır.