

**FARKLI YAĞ KAYNAKLARI ve SU
SICAKLIĞININ GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI
(*Oncorhynchus mykiss*) YAVRULARININ BÜYÜME
PERFORMANSI, LİPİT METABOLİZMASI ve
BAZI GENLERİN mRNA EKSPRESYONU
ÜZERİNE ETKİSİ**

Ahmet Necdet SİRKECİOĞLU

**Doktora Tezi
Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı
Prof. Dr. Mevlüt ARAS
2011
Her hakkı saklıdır**

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

FARKLI YAĞ KAYNAKLARI ve SU SICAKLIĞININ GÖKKUŞAĞI
ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss*) YAVRULARININ BÜYÜME
PERFORMANSI, LİPİT METABOLİZMASI ve BAZI GENLERİN
mRNA EKSPRESYONU ÜZERİNE ETKİSİ

Ahmet Necdet SİRKECİOĞLU

SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ERZURUM

2011

Her hakkı saklıdır








T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

Farklı Yağ Kaynakları ve Su Sıcaklığının Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Yavrularının Büyüme Performansı, Lipit Metabolizması ve Bazı Genlerin mRNA Ekspresyonu Üzerine Etkisi

Prof. Dr. Mevlüt ARAS danışmanlığında, Ahmet Necdet SİRKECİOĞLU tarafından hazırlanan bu çalışma 18.11.2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda Doktora tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

Başkan	: Prof. Dr. Mevlüt ARAS	İmza	: 
Üye	: Prof. Dr. Orhan ERDOĞAN	İmza	: 
Üye	: Doç. Dr. Yusuf GÜNER	İmza	: 
Üye	: Doç. Dr. M.İrfan AKSU	İmza	: 
Üye	: Doç. Dr. H.İbrahim HALİLOĞLU	İmza	: 

Prof. Dr. Ömer AKBULUT

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum
Enstitü Müdürü

Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri kapsamında desteklenmiştir.

Proje No: BAP 2009/49.

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

ÖZET

DOKTORA TEZİ

FARKLI YAĞ KAYNAKLARI ve SU SICAKLIĞININ GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss*) YAVRULARININ BÜYÜME PERFORMANSI, LİPİT METABOLİZMASI ve BAZI GENLERİN mRNA EKSPRESYONU ÜZERİNE ETKİSİ

Ahmet Necdet SİRKECİOĞLU

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mevlüt ARAS

Bu araştırmada, gökkuşağı alabalıkları (*Oncorhynchus mykiss*) iki farklı sıcaklıkta (10°C ve 16°C) farklı lipit kaynakları (balık, soya, keten tohumu yağı) ile hazırlanan dört farklı diyetle beslenmişlerdir. Sekiz haftalık denemeden sonra tüm vücuttaki yağ asidi kompozisyonu, karaciğerdeki $\Delta 6$ desaturasyon ve elangasyon mRNA seviyeleri, kas ve karaciğerdeki insülin benzeri büyüme faktörü-I (IGF-I) ve insülin benzeri büyüme faktörü-II (IGF-II) mRNA seviyeleri ve büyüme parametreleri araştırılmıştır.

Büyüme değerleri sıcaklık ve diyet uygulamalarından çok önemli derecede etkilenmiştir ($p < 0,01$). Yaşama ve yem değerlendirme oranları bakımından gruplar arasında farklılık olmadığı görülmüştür ($p > 0,05$).

Tüm araştırma gruplarında palmitik asit (16:0) ve oleik asit (18:1n-9) oransal olarak en fazla doymuş (SFA) ve tekli doymamış (MUFA) yağ asitleri olarak belirlenmiştir. En yüksek n-6 çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA), soya yağı ile beslenen grupta belirlenirken, en yüksek n-3 PUFA miktarı ise keten tohumu yağı ile beslenen grupta belirlenmiştir. Ayrıca en yüksek eikosapentaenoik asit (EPA, 20:5n-3) ve dokosaheksaenoik asit (DHA, 22:6n-3) miktarı balık yağı ile beslenen grupta bulunmuştur ($p < 0,05$). Sonuç olarak balıkların tüm vücut yağ asidi profilleri besledikleri diyetin yağ asidi kompozisyonunu yansıttığı görülmüştür.

Desaturasyon ve elangasyon mRNA seviyeleri hem diyet hem de sıcaklık uygulamalarına bağlı olarak önemli derecede farklılık göstermiştir. IGF-I ve IGF-II mRNA seviyeleri tüm diyet gruplarında sıcaklık uygulamasından önemli oranda etkilenmiştir ($p > 0,05$).

2011, 179 sayfa

Anahtar Kelimeler: Gökkuşağı alabalığı, balık yağı, keten tohumu yağı, soya yağı, yağ asidi, büyüme, desaturasyon, elangasyon, IGF-I, IGF-II.

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

EFFECTS OF DIFFERENT DIETARY LIPIDS SOURCES AND TEMPERATURE ON LIPID METABOLISM, GROWTH PERFORMANCE AND SOME mRNA EXPRESSION IN JUVENILE RAINBOW TROUT (*Oncorhynchus mykiss*)

Ahmet Necdet SİRKECİOĞLU

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Aquaculture

Supervisor: Prof.Dr. Mevlüt ARAS

Juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) were fed different dietary lipid sources (fish oil, soybean oil and linseed oil) under to water temperature (10°C and 16°C). After 8 weeks trial, fatty acid profiles in the whole body, $\Delta 6$ desaturation and elongation mRNA levels in liver, insulin-like growth factor-I (IGF-I) and insulin-like growth factor-II (IGF-II) mRNA levels in tissue and liver and growth parameters were examined.

Growth parameters were not statistically different among treatment groups exposed to same water temperature. But they were statistically important between temperature treatments ($p < 0,05$). Survival and food efficiency ratio in fish were not different among groups ($p > 0,05$).

Palmitic (16:0) and oleic acid (18:1n-9) were the major saturated (SFA) and monosaturated (MUFA) fatty acid in all experimental groups, respectively. While the highest amounts of n-6 polyunsaturated fatty acids (PUFA) was determined in fish fed the soybean oil diet, the maximum level n-3 PUFA in fish fed the linseed oil diet. However, the highest eicosapentaenoic acid (EPA, 20:5n-3) and docosahexaenoic acid (DHA, 22:6n-3) levels were found in fish fed the fish oil diet ($p < 0,05$). In conclusion, the results of present study suggest that the fatty acid composition of whole fish reflect the fatty acid profiles of different dietary lipid sources.

Levels of desaturation and elongation mRNA were significantly influenced by both dietary lipid sources and water temperature. IGF-I and IGF-II mRNA levels in all treatment groups were significantly influenced by water temperature ($p < 0,05$).

2011, 179 sayfa

Anahtar Kelimeler: Rainbow trout, fish oil, linseed oil, soybean oil, fatty acid, growth, desaturation, elongation, IGF-I, IGF-II

TEŞEKKÜR

Doktora tezi olarak sunduğum bu çalışmanın yürütölmesi esnasında her konuda yardımlarını ve desteğini gördüğüm, engin tecrübesinden yararlandığım hocam Sayın Prof. Dr. Mevlüt ARAS'a minnetlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Ayrıca hocalarım Sayın Doç. Dr. H. İbrahim HALİLOĞLU'na ve Sayın Doç. Dr. M. İrfan AKSU'ya, değerli arkadaşım Sayın Yrd. Doç. Dr. Abdulkadir BAYIR'a çalışma süresince yaptığı katkılardan dolayı şükranlarımı sunarım. Çalışmam süresince her zaman yanımda olan ve her konuda destek olup sıkıntılarımı paylaşan sevgili arkadaşım Sayın Yrd. Doç. Dr. Ercüment AKSAKAL'a ve laboratuvar çalışmalarımda yardımcı olan Sayın Erkan ALTUN, Sayın Sait ÇIRAK ve Sayın Fatih ARSLAN'a sonsuz teőekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim. İstatistiki analizlerde yardımlarını esirgemeyen arkadaşım Sayın Yrd. Doç. Dr. Memiş ÖZDEMİR'e teşekkür ederim.

Sunduğum bu çalışmayı, Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Destekleme Birimi tarafından BAP 2009/49 nolu proje ile destekleyen kuruluşa ve altyapısını kullandığım TÜBİTAK tarafından desteklenen 105Y094 nolu projeye ayrıca teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca bana destek olan çok sevgili annem ve rahmetli babama, bana sürekli destek olan aileme, hayatımıza renk katan çocuklarıma ve sevgili yeğerime şükranlarımı sunarım.

Ahmet Necdet SİRKECİOĞLU

KASIM 2011

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Gökkuşuğu Alabalığı (Oncorhynchus mykiss) Hakkında Genel Bilgiler	6
1.2. Yağlar ve Yağ Asitleri Metabolizması	7
1.3. Yağ Asitleri Biyosentezi	14
1.4. Yağ Asitlerinde Desaturasyon ve Elangasyon	15
1.4.1. Desaturasyon enzimleri	16
1.4.1.a. $\Delta 9$ Desaturasyon enzimi	18
1.4.1.b. $\Delta 12$ Desaturasyon enzimi	20
1.4.1.c. $\Delta 15$ Desaturasyon enzimi	20
1.4.1.d. $\Delta 6$ Desaturasyon enzimi	20
1.4.1.e. $\Delta 5$ Desaturasyon enzimi	21
1.4.2. Elangasyon enzimi	22
1.5. Yağ Asitlerinin Beta-oksidasyonu.....	22
1.6. Balıklarda Yağ Asidi Metabolizması	23
2. KAYNAK ÖZETLERİ	26
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	45
3.1. Materyal.....	45
3.1.1. Araştırma yeri ve süresi.....	45
3.1.3. Balık materyali	45
3.1.4. Su materyali.....	45
3.1.5. Yem materyali	46
3.2. Metot	47

3.2.1. Deneme düzeni	47
3.2.2. Denemede kullanılan yemlerin hazırlanması	48
3.2.3. Balıkların bakımı ve beslenmesi	51
3.2.4. Büyüme performansının belirlenmesi	51
3.2.4.a. Ortalama canlı ağırlık artışı	51
3.2.4.b. Spesifik büyüme oranı	52
3.2.4.c. Yem değerlendirme oranı	52
3.2.4.d. Hepatosomatik indeks	53
3.2.5. Balıklardan Doku örneklerinin alınması	53
3.2.6. Analizler	53
3.2.6.a. Nem analizi	54
3.2.6.b. Ham kül miktarının tayini	54
3.2.6.c. Ham protein miktarının tayini	54
3.2.6.d. Örneklerden yağın ekstrakte edilmesi ve miktarının belirlenmesi	55
3.2.6.e. Ham yağ miktarının tayini	56
3.2.6.f. Yağ asidi metil esterlerinin (FAME) hazırlanması	56
3.2.6.g. Yağ asidi analizleri	57
3.2.6.h. Yağ asidi analizlerinde uygulanacak GC şartları	57
3.2.6.i. Total RNA izolasyonu	57
3.2.6.j. Nanodrop ile RNA konsantrasyonlarının hesaplanması	59
3.2.6.k. cDNA kütüphanesinin oluşturulması	59
3.2.6.l. Real time PCR Uygulamaları	60
3.2.6.m. mRNA ekspresyon oranının hesaplanması	62
3.2.6.n. İstatistik analizler	63
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	64
4.1. Bireysel Ortalama Canlı Ağırlık Değişimi	64
4. 2. Oransal Büyüme (OB)	69
4. 3. Spesifik Büyüme Oranı	70
4. 4. Yem Değerlendirme Oranı	70
4. 5. Hepatosomatik İndeks	71
4.6. Balıkların Tüm Vücutlarına Ait Besin Madde Kompozisyonu	72

4.7. Yavru Gökkuşığı Alabalıklarının Doymuş Yağ Asidi (SFA) Profilleri	74
4.8. Yavru Gökkuşığı Alabalıklarının Tekli Doymamış Yağ Asidi (MUFA) Profilleri	82
5.9. Yavru Gökkuşığı Alabalıklarının Çoklu Doymamış Yağ Asidi (n-3 PUFA) Profilleri	90
5.10. Çoklu Doymamış Yağ Asidi (n-6 PUFA) Profilleri.....	101
5.11. Yavru Gökkuşığı Alabalıklarının Toplam HUFA Çoklu Doymamış Yağ Asidi Profilleri	108
5.12. Yavru Gökkuşığı Alabalıklarının n-3/n-6 Çoklu Doymamış Yağ Asidi Profilleri	111
5.13. İki Farklı Sıcaklık Şartlarında Dört Farklı Yemle Beslenen Yavru Gökkuşığı Alabalıklarının EPA+DHA Çoklu Doymamış Yağ Asidi Profilleri	113
5.14. Real time PCR Analizlerinde Elde Edilen Amplifikasyon ve Standart Eğri İle Primer Etkinlik Oranları	118
5. 15. İki Farklı Sıcaklık Şartlarında Dört Farklı Diyetle Beslenen Yavru Gökkuşığı Alabalıklarının Karaciğer Dokularında $\Delta 6$ Desaturasyon mRNA Seviyesi	121
5.16. Yavru Gökkuşığı Alabalıklarının Karaciğer Dokularında Elangasyon mRNA Seviyesi	125
5.17. İki Farklı Sıcaklık Şartlarında Dört Farklı Diyetle Beslenen Yavru Gökkuşığı Alabalıklarının Kas ve Karaciğer Dokularında IGF-I mRNA Seviyesi	128
5.18. Yavru Gökkuşığı Alabalıklarının Kas ve Karaciğer Dokularında IGF-II mRNA Seviyesi	132
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	137
5.1. Büyüme Değerlerine İlişkin Tartışma	137
5.2. Yem Değerlendirme Oranlarına İlişkin Tartışma.....	140
5.3. Hepatosomatik İndeks Oranlarına İlişkin Tartışma.....	141
5.4. Besin Madde Kompozisyonuna İlişkin Tartışma	142
5.5. Yağ Asidi Profillerine İlişkin Tartışma	142
5.5.1. Yavru gökkuşığı alabalıklarının doymuş yağ asidi (SFA) profilleri	142

5.5.2. Yavru gökkuşığı alabalıklarının tekli doymamış yağ asidi (MUFA) profilleri	144
5.5.3. Yavru gökkuşığı alabalıklarının n-3 çoklu doymamış yağ asidi (n-3 PUFA) profilleri	146
5.5.4. Yavru gökkuşığı alabalıklarının n-6 çoklu doymamış yağ asidi (n-6 PUFA) profilleri	151
5.5.5. Yavru Gökkuşığı Alabalıklarının n-3/n-6 Çoklu Doymamış Yağ Asidi Profilleri ve EPA+DHA değerleri.....	153
5.6. Yavru Gökkuşığı Alabalıklarının Karaciğer Dokularında $\Delta 6$ Desaturasyon mRNA Seviyesi.....	156
5.7. Yavru Gökkuşığı Alabalıklarının Karaciğer Dokularında Elangasyon, mRNA Seviyesi	158
5.8. Yavru Gökkuşığı Alabalıklarının Kas ve Karaciğer Dokularında IGF-I mRNA Seviyesi	159
5.9. Yavru Gökkuşığı Alabalıklarının Kas ve Karaciğer Dokularında IGF-II mRNA Seviyesi	160
KAYNAKLAR	164
ÖZGEÇMİŞ	180

SİMGELER DİZİNİ

ACC	Asetil-CoA Karboksilaz
ALA	Linolenik Asit
ARA	Araşhidonik Asit
D5D	Δ 5desaturasyon enzimi
D6D	Δ 6desaturasyon enzimi
DHA	Dokosaheksaenoik Asit
DPA	Dokosapentaenoik Asit
EFA	Esansiyel Yağ Asidi
EPA	Eikosapentaenoik Asit
FA	Yağ Asidi
FAD	Yağ Asidi Sentetaz-II
FAS	Yağ Asidi Sentetaz
FCR	Yem Değerlendirme Oranı
GLA	γ -Linolenik asit
LA	Linoleik Asit
HSİ	Hepatosomatik İndeks
HUFA	Yüksek Doymamış Yağ Asidi
MUFA	Tekli Doymamış Yağ Asidi
PA	Palmitik Asit
POA	Palmitoleik Asit
PUFA	Çoklu Doymamış Yağ Asidi
OA	Oleik Asit
SA	Siteraik Asit
SCD	Stearoyl-CoA Desaturasyon
SFA	Doymuş Yağ Asidi
STA	StearidonikAsit

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Türkiye’de kültür balıkçılığı yoluyla elde edilen toplam üretim miktarları	1
Şekil 1.2. Türkiye’de kültür balıkçılığı ile üretilen balıkların türlere göre yetiştiricilik miktarları.	2
Şekil 1.5. Doymuş bir yağ asidinin kimyasal yapısı	10
Şekil 1.6. Doymamış bir yağ asidinin kimyasal yapısı.	11
Şekil 1.7. Bazı yağ asitlerinin yapıları	12
Şekil 1.8. Linoleik Asit (18:2 n-6)’den en çoklu doymamış yağ asitlerinin sentez basamakları.	16
Şekil 1.9. Linolenik Asit (18:3n-3)’den çoklu doymamış yağ asitlerinin sentez basamakları.	17
Şekil 1.10. Steraik Asit (18:0)’den başlayan endojen sentez yolu	19
Şekil 1.11. Diyetler ve çevresel faktörlerin yağ asidi metabolizması üzerine etkisi.....	25
Şekil 3.1. Araştırmada kullanılan deneme üniteleri	48
Şekil 3.2. Nanodrop analiz görüntüsü	59
Şekil 3.3. Real time PCR protokolü	61
Şekil 4.1. 10°C de farklı yağ kaynağı içeren yemlerle beslenen gökkuşacağı alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) yavrularının deneme süresince ortalama bireysel ağırlık artışları.....	66
Şekil 4.2. 16°C de farklı yağ kaynağı içeren yemlerle beslenen gökkuşacağı alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) yavrularının deneme süresince ortalama bireysel ağırlık artışları.....	66
Şekil 4.3. 10 ve 16°C de balık yağı içeren yemlerle beslenen gökkuşacağı alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) yavrularının deneme süresince ortalama bireysel ağırlık artışları.....	67
Şekil 4.4. 10 ve 16°C de soya yağı içeren yemlerle beslenen gökkuşacağı alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) yavrularının deneme süresince ortalama bireysel ağırlık artışları.....	67

Şekil 4.5. 10 ve 16°C de keten tohumu yağı içeren yemlerle beslenen gökkuşacağı alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) yavrularının deneme süresince ortalama bireysel ağırlık artışları.....	68
Şekil 4.6. 10 ve 16°C de soya ve keten tohumu yağı içeren yemlerle beslenen gökkuşacağı alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) yavrularının ortalama bireysel ağırlık artışları.....	68
Şekil 4.7. 10 ve 16°C de farklı yağ kaynakları içeren yemlerle beslenen gökkuşacağı alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) yavrularının oransal büyümleri (%).	69
Şekil 4.8. Palmitik asit bakımından besleme periyodu x diyet interaksiyonunun etkisi.....	75
Şekil 4.9. Palmitik asit bakımından sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.....	75
Şekil 4.10. Palmitik asit bakımından sıcaklık x besleme periyodu x diyet interaksiyonunun etkisi.	76
Şekil 4.11. Straik asit bakımından sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.....	77
Şekil 4.12. Steraik asit bakımından sıcaklık x besleme periyodu x diyet interaksiyonunun etkisi.	78
Şekil 4.13. Toplam doymuş yağ asitleri bakımından sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.	79
Şekil 4.14. Toplam doymuş yağ asitleri bakımından sıcaklık x besleme periyodu x diyet interaksiyonunun etkisi	79
Şekil 4.15. Toplam tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) bakımından sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.	83
Şekil 5.16. Toplam tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) bakımından besleme periyodu x diyet interaksiyonunun etkisi	83
Şekil 4.17. Oleik asit bakımından beslenme periyodu x sıcaklık interaksiyonunun etkisi.	84
Şekil 4.18. Oleik asit bakımından beslenme periyodu x diyet interaksiyonunun etkisi.	85
Şekil 4.19. Oleik asit bakımından sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.	85
Şekil 4.20. Palmitoleik asit bakımından besleme periyodu x diyet interaksiyonunun etkisi.	86
Şekil 4.21. Palmitoleik asit bakımından sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.....	87

Şekil 4.22. Toplam n-3 çoklu doymamış yağ asitleri bakımından sıcaklık x diyet interaksyonunun etkisi.	91
Şekil 4.23. Toplam n-3 çoklu doymamış yağ asitleri bakımından sıcaklık x beslenme periyodu x diyet interaksyonunun etkisi.	91
Şekil 4.24. Linolenik aside (18:3n-3, ALA) beslenme periyodu x sıcaklık interaksyonunun etkisi.	92
Şekil 4.25. Linolenik aside (18:3n-3, ALA) sıcaklık x diyet interaksyonunun etkisi.....	93
Şekil 4.26. Linolenik aside (18:3n-3, ALA) beslenme periyodu x sıcaklık x diyet interaksyonunun etkisi.	93
Şekil 4.27. Eikosapentaenoik asidin (20:5n-3, EPA) beslenme periyodu x diyet interaksyonunun etkisi.	95
Şekil 5.28. Eikosapentaenoik asidin (20:5n-3, EPA) sıcaklık x diyet interaksyonunun etkisi.	95
Şekil 4.29. Eikosapentaenoik asidin (20:5n-3, EPA) beslenme periyodu x sıcaklık x diyet interaksyonunun etkisi.	96
Şekil 4.30. Dokosaheksaenoik asit (22:6 n-3, DHA) beslenme periyodu x diyet interaksyonunun etkisi.	97
Şekil 4.31. Dokosaheksaenoik asit (22:6 n-3, DHA) sıcaklık x diyet interaksyonunun etkisi.	98
Şekil 4.32. Toplam n-6 PUFA yağ asitlerine beslenme periyodu x sıcaklık interaksyonunun etkisi.	102
Şekil 4.33. Toplam n-6 PUFA yağ asitlerine beslenme periyodu x diyet interaksyonunun etkisi.	102
Şekil 4.34. Toplam n-6 PUFA yağ asitlerine sıcaklık x diyet interaksyonunun etkisi. ...	103
Şekil 4.35. Linoleik aside beslenme periyodu x sıcaklık interaksyonunun etkisi.....	104
Şekil 4.36. Linoleik aside beslenme periyodu x diyet interaksyonunun etkisi.	105
Şekil 4.37. Linoleik aside sıcaklık x diyet interaksyonunun etkisi.	105
Şekil 4.38. Araşhidonik aside beslenme periyodu x diyet interaksyonunun etkisi.....	107
Şekil 4.39. Araşhidonik aside sıcaklık x diyet interaksyonunun etkisi.....	107
Şekil 4.41. Araşhidonik aside beslenme periyodu x sıcaklık x diyet interaksyonunun etkisi.	108

Şekil 4.41. Yüksek doymamış yağ asitlerine (HUFA) beslenme periyodu x sıcaklık interaksiyonunun etkisi.....	109
Şekil 4.42. Yüksek doymamış yağ asitlerine (HUFA) beslenme periyodu x diyet interaksiyonunun etkisi.	110
Şekil 4.43. Yüksek doymamış yağ asitlerine (HUFA) sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.	110
Şekil 4.44. n-3/n-6 PUFA oranına beslenme periyodu x sıcaklık interaksiyonunun etkisi.	112
Şekil 4.45. n-3/n-6 PUFA oranına sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.....	112
Şekil 4.46. n-3/n-6 PUFA oranına beslenme periyodu x sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.	113
Şekil 4.47. EPA+DHA oranına beslenme periyodu x diyet interaksiyonunun etkisi.	114
Şekil 4.48. EPA+DHA oranına sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.	114
Şekil 4.49. Araştırmada kullanılan gen örneklerinden gerçek zamanlı PCR ile elde edilen amplifikasyon görüntüsü.	118
Şekil 4.50. Real time PCR uygulamasında β -Aktin'e bağlı oluşturulan standart eğri ve etkinlik oranı.....	119
Şekil 4.51. Real time PCR uygulamasında $\Delta 6$ desaturasyon genine bağlı oluşturulan standart eğri ve etkinlik oranı.....	119
Şekil 4.52. Real time PCR uygulamasında elangasyon genine bağlı oluşturulan standart eğri ve etkinlik oranı.....	120
Şekil 4.53. Real time PCR uygulamasında IGF-I genine bağlı oluşturulan standart eğri ve etkinlik oranı.	120
Şekil 4.54. Real time PCR uygulamasında IGF-II genine bağlı oluşturulan standart eğri ve etkinlik oranı.	121
Şekil 4.55. Balıkların karaciğer dokularındaki $\Delta 6$ desaturasyon mRNA seviyesine beslenme periyodu x diyet interaksiyonunun etkisi.	123
Şekil 4.56. Balıkların karaciğer dokularındaki $\Delta 6$ desaturasyon mRNA seviyesine sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.	123
Şekil 4.57. Balıkların karaciğer dokularındaki $\Delta 6$ desaturasyon mRNA seviyesine beslenme periyodu x sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.....	124

Şekil 4.58. Balıkların karaciğer dokularındaki elangasyon mRNA seviyesine beslenme periyodu x sıcaklık interaksyonunun etkisi.....	126
Şekil 4.59. Balıkların karaciğer dokularındaki elangasyon mRNA seviyesine beslenme periyodu x diyet interaksyonunun etkisi.....	126
Şekil 4.60. Balıkların karaciğer dokularındaki elangasyon mRNA seviyesine sıcaklık x diyet interaksyonunun etkisi.....	127
Şekil 4.61. Balıkların karaciğer dokularındaki elangasyon mRNA seviyesine beslenme periyodu x sıcaklık x diyet interaksyonunun etkisi.....	127
Şekil 4.62. Balıkların karaciğer dokularındaki IGF-I mRNA seviyesine sıcaklık x diyet.....	129
Şekil 4.63. Balıkların karaciğer dokularındaki IGF-I mRNA seviyesine beslenme periyodu x sıcaklık x diyet interaksyonunun etkisi.....	129
Şekil 4.64. Balıkların kas dokularındaki IGF-I mRNA seviyesine beslenme periyodu x diyet interaksyonunun etkisi.....	130
Şekil 4.65. Balıkların kas dokularındaki IGF-I mRNA seviyesine sıcaklık x diyet interaksyonunun etkisi.....	131
Şekil 4.66. Balıkların kas dokularındaki IGF-I mRNA seviyesine beslenme periyodu x sıcaklık x diyet interaksyonunun etkisi.....	131
Şekil 4.67. Balıkların karaciğer dokularındaki IGF-II mRNA seviyesine beslenme periyodu x sıcaklık interaksyonunun etkisi.....	133
Şekil 4.68. Balıkların karaciğer dokularındaki IGF-II mRNA seviyesine beslenme periyodu x sıcaklık x diyet interaksyonunun etkisi.....	133
Şekil 4.69. Balıkların kas dokularındaki IGF-II mRNA seviyesine beslenme periyodu x diyet interaksyonunun etkisi.....	134
Şekil 4.70. Balıkların kas dokularındaki IGF-II mRNA seviyesine beslenme periyodu x sıcaklık x diyet interaksyonunun etkisi.....	135

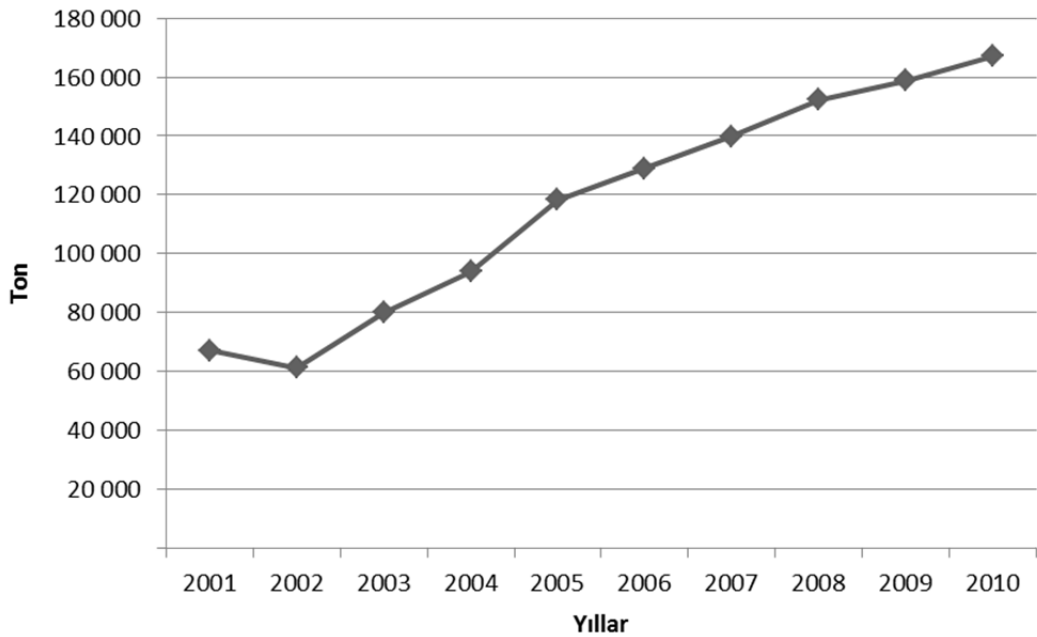
ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Bazı önemli yağ asitleri	13
Çizelge 1.2. Doymuş yağ asitleri sentezinin temel reaksiyon basamakları.	15
Çizelge 3.1. Deneme Ünitelerinde Kullanılan Suyun Kimyasal Analiz Sonuçları.....	46
Çizelge 3.2. Farklı yağ kaynakları (Balık yağı, soya yağı ve ketentohumu yağı) ile hazırlanan araştırma diyetleri.....	47
Çizelge 3.3. Deneme diyetlerinin yağ asidi kompozisyonu (%).	50
Çizelge 3.4. Real time PCR karışımı	61
Çizelge 3.5. Araştırmada Kullanılan ve Gökkuşaağı Alabalığı için Hazırlanan Primer ve Propların Baz Dizilimleri	62
Çizelge 4.1. 10 ve 16°C de farkı yağ kaynağı içeren yemlerle beslenen gökkuşaağı alabalığı yavrularının deneme süresince ortalama bireysel canlı ağırlık artışları (g).	65
Çizelge 4.2. Gökkuşaağı alabalığı yavrularının oransal büyüme (OB), sipesifik büyüme oranı (SBO), yem değerlendirme oranı (YDO) ve yaşama oranı (YO) değerleri (%).	71
Çizelge 4.3. 10 ve 16°C de farklı yağ içeren yemlerle beslenen gökkuşaağı alabalığı (Oncorhynchus mykiss) yavrularının hepatosomatik indeks (HSI) değerleri.	72
Çizelge 4.4. 10 ve 16°C de farklı yağ içeren yemlerle beslenen gökkuşaağı alabalığı yavrularının tüm vücutlarında besin madde kompozisyonu (%).	73
Çizelge 4.5. İki farklı sıcaklıkta dört farklı yağ içeren diyetlerle beslenen gökkuşaağı alabalığı yavrularının tüm vücut doymuş yağ asidi profilleri.	80
Çizelge 4.6. İki farklı sıcaklıkta dört farklı yağ içeren diyetlerle beslenen gökkuşaağı alabalığı yavrularının tüm vücut doymuş yağ asitlerine ait varyans analiz tablosu.	81
Çizelge 4.7. İki farklı sıcaklıkta dört farklı yağ içeren diyetlerle beslenen gökkuşaağı alabalığı yavrularının tüm vücut tekli doymamış yağ asitleri profili.....	88

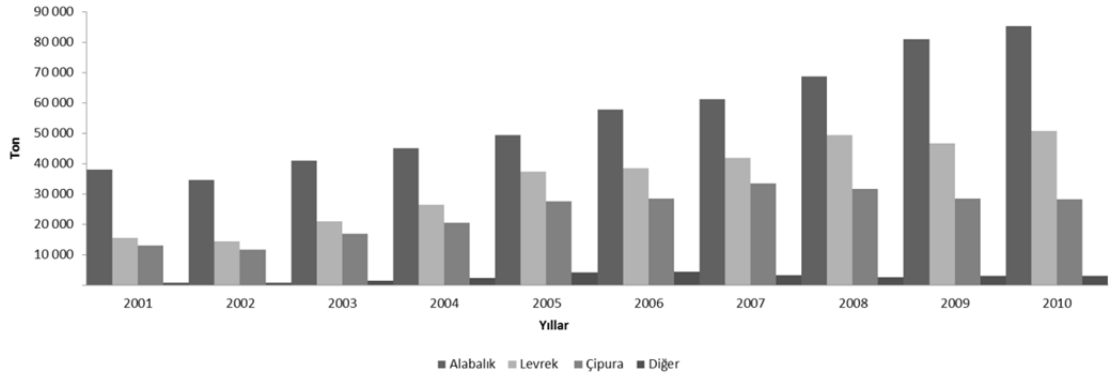
Çizelge 4.8. İki farklı sıcaklıkta dört farklı yağ içeren diyetlerle beslenen gökkuşaağı alabalığı yavrularının tüm vücut tekli doymamış yağ asitlerine ait varyans analiz tablosu.....	89
Çizelge 4.9. İki farklı sıcaklıkta dört farklı yağ içeren diyetlerle beslenen gökkuşaağı alabalığı yavrularının tüm vücut n-3 ve n-4 çoklu doymamış yağ asidi profili.	99
Çizelge 4.10. İki farklı sıcaklıkta dört farklı yağ içeren diyetlerle beslenen gökkuşaağı alabalığı yavrularının tüm vücut n-3 ve n-4 çoklu doymamış yağ asitlerine ait varyans analiz tablosu.	100
Çizelge 4.11. İki farklı sıcaklıkta dört farklı yağ içeren diyetlerle beslenen gökkuşaağı alabalığı yavrularının tüm vücut n-6 çoklu doymamış yağ asidi, toplam HUFA, n-3/n-6 PUFA ve EPA+DHA profilleri.	116
Çizelge 4.12. İki farklı sıcaklıkta dört farklı yağ içeren diyetlerle beslenen gökkuşaağı alabalığı yavrularının tüm vücut n-6 çoklu doymamış yağ asidi, toplam HUFA, n-3/n-6 PUFA ve EPA+DHA yağ asitlerine ait varyans analiz tablosu.	117
Çizelge 4.13. Gökkuşaağı alabalığı yavrularının kas dokusunda β -aktin'e bağılı bazı genlerin mRNA seviyelerine ait varyans analiz tablosu.....	136

1. GİRİŞ

Kültür balıkçılığı üretim miktarı hızla artmaktadır. Dünya kültür balıkçılığı yoluyla su ürünleri üretimi 1980 yılında 7,4 milyon ton, 1990 yılında 16,8 milyon ton, 2002 yılında 40 milyon ton iken bu miktar 2006 yılında 47,4 milyon tona ve 2009 yılında 73,04 milyon tona ulaşmıştır (FAO 2011). Ülkemizde ise kültür balıkçılığı üretimi 2001 yılında 67.244 ton, 2005 yılında 118.277 ton iken bu miktar 2010 yılında 167.141 ton olarak gerçekleşmiştir (Şekil 1.1), toplam üretim miktarı içerisinde en fazla üretimi yapılan balıklar ise alabalık, levrek ve çipuradır (Şekil1.2; TÜİK 2011).



Şekil 1.1. Türkiye’de kültür balıkçılığı yoluyla elde edilen toplam üretim miktarları (TÜİK 2011).



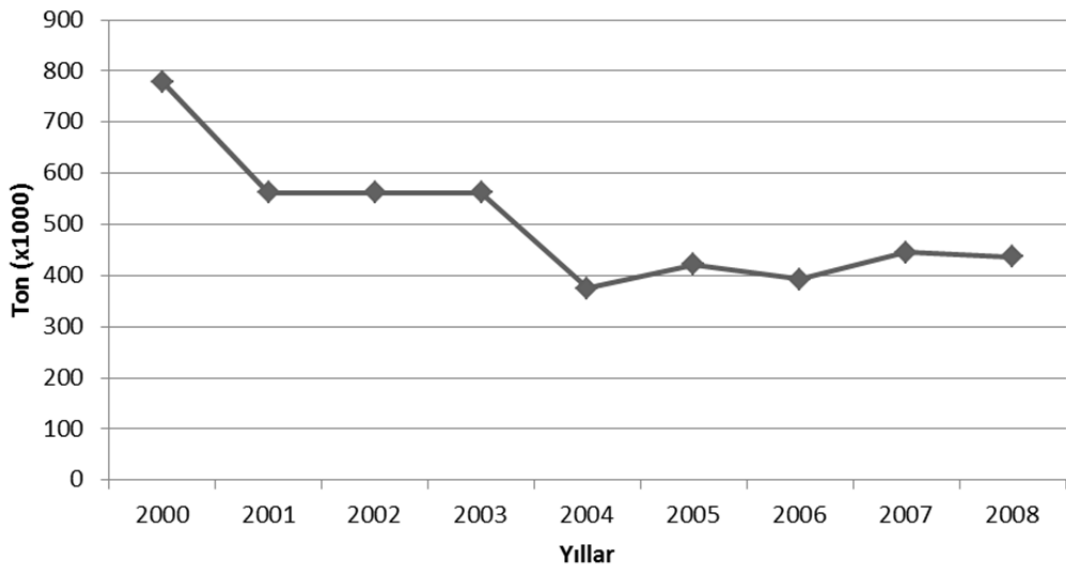
Şekil 1.2. Türkiye’de kültür balıkçılığı ile üretilen balıkların türlere göre yetiştiricilik miktarları (TÜİK 2011).

Dünyada kültür balıkçılığı son 10 yıl içerisinde yıllık ortalama %6-7 oranında artış göstermiştir. Artışa paralel olarak yetiştiricilikte girdi maliyetlerinin %50-70’ini oluşturan yeme olan ilgede doğal olarak daha da artmıştır. Farklı arayışlara karşı yemin ana hammaddesi olan balık unu ile yağı, yapısı ve özellikleri ile alternatiflerinin belirleyicisi veya ana standardı durumundadır (Meyers 1994; Ergün 1997). Çünkü yapısındaki zengin EPA, DHA ve araşhidonik asit (ARA)’in yanı sıra yüksek oranda içerdiği palmitik (16:0) ve steraik asit (18:0) gibi doymuş yağ asitleri (SFA) ve oleik asit (OLA, 18:1n-9), 20:1n-9 ve 22:1n-11 gibi tekli doymamış yağ asitlerinden (MUFA) dolayı balıkların enerji ihtiyacını karşılayan mükemmel bir yem hammaddesidir (NRC 1993; Sargent *et al.* 2002).

Balık unu ve yağını balıklar için özel kılan bir diğer hususta balıkların esansiyel yağ asidi ihtiyaçlarını karşılamasıdır. Hiçbir besin maddesinin yağ asitleri kadar metabolizmaya direkt etkisi yoktur. Yağ asitleri (FA) sadece hayvanların büyümesi üzerine değil aynı zamanda üreme faaliyetleri, immün sistem ve ürün kalitesi üzerine de etkisi bulunmaktadır (Castell *et al.* 1972; Watanabe 1982; Henderson and Tocher 1987; Sargent *et al.* 2002; Glencross 2009). DHA esansiyel yağ asitlerinin en önemlisidir. Hatta balıkların ve bütün sucul organizmaların değeri, içerdiği DHA miktarı ile ölçülür (Calder and Yaqoob 2009).

Kullanılan balık yağı, hamsi, mezgit, ringa, uskumru, sardalya, kum yılanbalığı, kedi

balığı, paplina, morina balığı başta olmak üzere birçok doğal tür ve özellikle de pelajik türlerden elde edilmektedir (Tocher 2003; Tacon 2005; Karalazos 2007). Önemine rağmen balık yağı üretim miktarları yıllar itibari ile artmamış hatta son yıllarda dikkate değer oranda düşüş göstermiştir (Şekil 1.3). Dolayısıyla gerek girdi maliyetlerinin düşürülmesi ve gerekse üretime bağlı düşüslere alternatif yem katkı maddelerine olan arayışları daha da artırmıştır.



Şekil 1.3. Dünya balık yağı üretim miktarı (FAO 2011).

Diyetlerde kullanılacak ilave yem katkı maddeleri balık unu ve yağının özelliklerini olabildiğince taşıması gereğinin yanında balıkların yağ asidi metabolizmasındaki işlevine ve sentez kabiliyetlerine de uygun içeriklerde olması gerekmektedir. Çünkü omurgalılarda olduğu gibi birçok balık türü 18 karbonlu n-3 ve n-6 PUFA'lar dan HUFA'ları sentezleme kabiliyetine sahiptirler (Henderson and Tocher 1987; Tocher 2003). Bazı balık türlerin de ise yaşadıkları habitatta zengin HUFA ihtiva eden besin maddeleri ile beslendiklerinden bu yağ asitlerini sentezleme kabiliyetleri bulunmamaktadır. Dolayısıyla bu türlerin diyetlerle HUFA'ları almaları gerekmektedir. Genel olarak balıklarda yağ asidi metabolizması sentez kabiliyeti olan tatlı su balıklarında ve sentez kabiliyeti olmayan deniz balıklarında ayrı ayrı ele

alınmaktadır.(Torstensen *et al.* 2000; Bell *et al.* 2001; Rosenlund *et al.* 2001; Sargent *et al.* 2002; Tocher 2003; Nakamura and Nara 2004; Mourente *et al.* 2005).

Tatlı su balıklarının büyük bir kısmının sahip olduğu bu özellikten dolayı kültür balıkçılığında kullanılan diyetlerde bitkisel yağların balık yağına ikamesi çalışmalarının özel bir önemi bulunmaktadır. Çünkü bitkisel kaynaklı yağlar ile hazırlanan diyetlerle beslenen balıkların büyüme, yem değerlendirme (FCR), yaşama oranı ve hepatosomatik indeks (HSI) değerlerinin balık yağı ihtiva eden diyetler ile beslenen balıklardan farklılık göstermediği yapılan birçok araştırmada ortaya konulmuştur (Bell *et al.* 1991a; Tocher *et al.* 2000; Bell *et al.* 2002; Rollin *et al.* 2003; Rosenlund *et al.* 2003; Torstensen *et al.* 2005).

Büyüme üzerine negatif etki göstermeyen bitkisel yağların; üreme performansı, bağışıklık sistemi, pigmentasyon, strese karşı direnç, gelişim, beyin fonksiyonları, sinir sistemi ve yağ asitleri sentezinde görev alan enzimlerin aktiviteleri ve bu enzimlerin genlerinin ekspresyon dereceleri üzerine çalışmalar son yıllarda popüler bir araştırma konusu olmuştur. Çünkü balıklar bu metabolik fonksiyonların düzenli işlemesi için belli miktarda DHA, EPA ve ARA yağ asidine gereksinim duyarlar. Bu yağ asitlerini ya diyetler ile direk alırlar ya da diyetlerle alınan linolenik asit (ALA) ve linoleik asit (LA) yağ asitlerinden sentezlerler (Watanabe 1982; Buzzi *et al.* 1996; Sargent *et al.* 2002).

Balık yağındaki yüksek doymamış yağ asitlerinin HUFA miktarı içerdiği toplam yağ asitlerinin %15-30 oranında olmasına rağmen bitkisel yağlarda HUFA bulunmamaktadır. Bitkisel yağlarda ise %50-70 oranında ALA ve LA yağ asitleri içermektedir. Beslendikleri yağların yağ asitleri profili balık etinin kalitesini etkilemekte, yani ürün değerini artırmaktadır (Pickova and Møkøre 2007; Dubois *et al.* 2007; Glencross 2009).

Bitkisel yağ içeren balık diyetleri ile yüksek miktarda alınan ALA ve LA yağ asitlerinin çoklu doymamış yağ sitleri (PUFA) ve özelliklede karbon sayısı 20 den fazla olan

DHA, EPA ve ARA gibi yağ asitleri grubunu oluşturan HUFA'ya dönüşümünü etkileyen faktörler özellikle $\Delta 6$ desaturasyon ve elangasyon genlerinin ekspresyon miktarlarına bitkisel yağ kaynaklarının ve sıcaklığın etkilerinin anlaşılmasına yönelik olması bu araştırmayı ve sonuçlarını önemli ve anlamlı kılacağı düşünülmektedir.

Araştırmanın hedefleri;

1. Düşük ve optimum su sıcaklığı şartlarında diyetlere (balık yağına) ikame edilen bitkisel yağ kaynaklarının büyüme parametrelerine, HSI, genel balık eti bileşimine ve yağ asidi profillerine etkisi
2. Yemlerdeki bitkisel yağ kaynaklarının balıkların tüm vücutlarında ARA, EPA ve DHA yağ asidi birikimi üzerine su sıcaklıklarının etkisi.
3. Balıklarda yağ asidi sentez yolunda üretilen yağ asitlerinin miktarı ve bu yağ asitlerine sıcaklığın ve yağ kaynaklarının etkisi.
4. Bitkisel orjinli yağlarla beslenen balıklarda diyetlerle yüksek oranda alınan ALA ve LA yağ asitlerinden ARA, EPA ve DHA yağ asitlerinin sentezinde görev alan $\Delta 6$ desaturasyon ve elangasyon genlerinin ekspresyon derecelerinin belirlenmesi ve bu genlerin ekspresyonuna sıcaklığın ve besleme periyodunun etkisi.
5. Balıklarda büyümeden sorumlu olan IGF-I ve IGF-II gibi hormonların genlerinin ekspresyonu üzerine sıcaklık, besleme periyodu ve diyetlerde kullanılan farklı bitkisel yağ kaynaklarının etkileri araştırılmıştır.

1.1. Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Hakkında Genel Bilgiler

Gökkuşığı alabalığı dünyada hem yetiştiricilik hem de sportif balıkçılık açısından en popüler soğuk su balığıdır. Kuzey Amerika orjinli ve doğal olarak Pasifik okyanusuna dökülen ırmaklarda yaşar. Sistematikte Salmonidae familyasında yer alırlar. Alabalıklar yaygın şekilde yetiştiricilik ve doğal suların balıklandırılması için kullanılan *Salmo*, *Salvelinus* ve *Oncorhynchus* olmak üzere üç cinsin türleridir (Bruno and Poppe 1996; Stickney 2000; Aras vd 2000; Arabacı 2007). Gökkuşığı alabalığının sistematikteki yeri;

Alem	: Animalia
Şube	: Chordata
Alt şube	: Vertebrata
Üst sınıf	: Osteichthyes
Sınıf	: Actinopterygii
Alt Sınıf	: Neopterygii
Üst Takım	: Ostariophysi
Takım	: Salmoniformes
Aile	: Salmonidae
Cins	: <i>Oncorhynchus</i>
Tür	: <i>Oncorhynchus mykiss</i>

Alabalıkların morfolojik olarak en belirgin özelliği sırt yüzgeci ile kuyruk yüzgeci arasında yağ yüzgecine sahip olmalarıdır. Gökkuşığı alabalığında vücut uzamış ve az basıktır. Sırt yüzgeci 10-12, anal yüzgeci ise 8-12 yumuşak ışına sahiptir. Vücut rengi dorsal kısımda metalik mavi diğer bölgelerde ise gümüşü renktedir yanal çizgi boyunca parlak ve gökkuşığı renklerinde bantlar mevcuttur. Dorsal ve kaudal yüzgeçle beraber yanal çizginin üzerin de siyah benekler mevcuttur (Ade 1982; Stickney 2000; Arabacı 2007).

Çözünmüş oksijence zengin, soğuk ve berrak suları seven gökkuşağı alabalığı hemen hemen dünyanın bütün bölgelerine yayılım göstermiştir. Çevresel faktörlere karşı adaptasyon kabiliyeti yüksek ve hızlı büyüyen bir türdür. Yemi iyi değerlendirmesi, kolay döl alımı, kısa inkübasyon periyodu ve hastalıklara karşı yüksek mukavemet özelliği bu türün kültür balıkçılığında tercih edilmesinin diğer önemli sebeplerindendir (Lindhors-Emme 1990; Çelikkale 1994; Aras vd 2000).

Gökkuşağı alabalığının Dünya’da ilk yetiştiricilik çalışmaları, Kuzey Amerika’da 1874 yılında başlamış ve dünyaya yayılmıştır. Gökkuşağı alabalığı 100 yılı aşkın süredir kültürü yapılan en önemli tür konumundadır. Bu nedenlerden dolayı ve ekonomik değerinin yüksek oluşu dikkate alındığında en fazla araştırma yapılan balık türlerinden birisi konumundadır.

1.2. Yağlar ve Yağ Asitleri Metabolizması

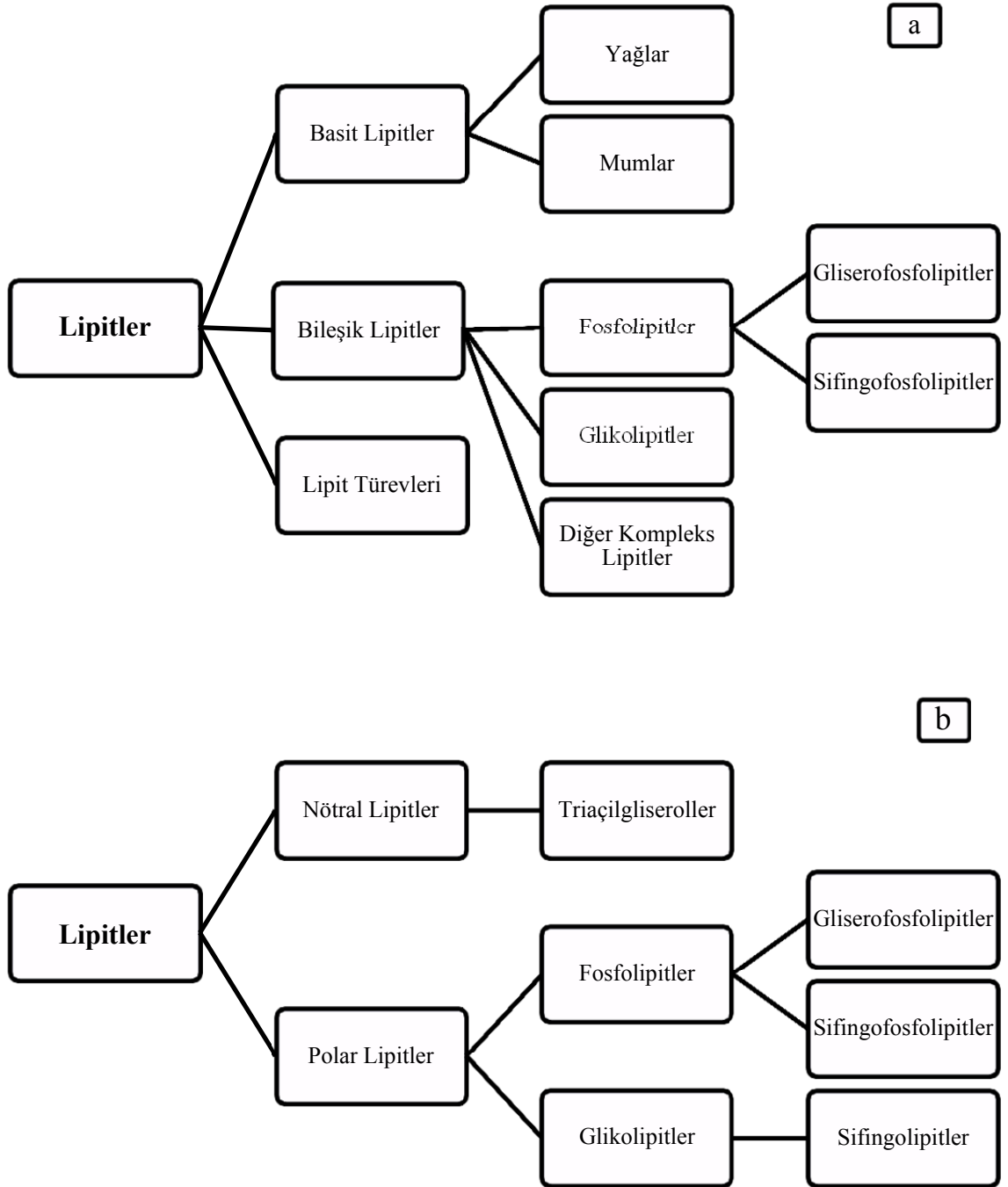
Lipitler ya gerçekten ya da potansiyel olarak yağ asitleri ile ilişkileri olan, katı ve sıvı yağların geniş bir bölümünü oluşturan heterojen yapılı (Murray *et al.* 1993; Kennedy 2007), benzen veya kloroform gibi organik çözücülerde kolayca çözünen fakat sudaki çözünürlükleri son derece zayıf olan organik bileşiklerdir (Montgomery *et al.* 2000; Gurr *et al.* 2002). Lipitler, yapı taşlarını oluşturan yağ asitleri ile türevleri olan eikosanoidler tüm canlı organizmada olduğu gibi balıklarda da büyüme ve üremenin yanı sıra aşağıda sıralanan çok önemli biyolojik fonksiyonlara sahiptir.

- Hücre membranlarının yapı elamanlarıdır.
- Metabolik yakıtın hücre içi depolanma şeklidirler.
- Metabolik yakıtın bir taşıma formudur.
- Canlı organizmayı dış etkenlere karşı korurlar.
- İç organlara destek olurlar.
- Hücre yüzey bileşenleri olarak hücrelerin birbirini tanımada ve doku immünesinde görev alırlar.

- Isı ve elektrik yalıtımını sağlarlar (Keha ve Küfrevioğlu 1997; Aksoy 2000; Sargent *et al.* 2002; Tocher 2003).

Lipitler işlevlerine ve özelliklerine göre çeşitli gruplara ayrılmaktadır. Birçok lipit sınıflandırması mevcut olmakla beraber genellikle kendi aralarında basit lipitler, kompleks lipitler ve lipit türevleri olmak üzere üç gruba ayrılarak incelenirler (Şekil 1.4). Lipitler yağ asitlerinin gliserol ile yaptıkları bileşikler olarak da adlandırılmaktadır ve yapılarında buldukları yağ asitlerinin doymamışlık derecelerine göre kompleks (gliserol ile çoklu doymamış yağ asitlerinden oluşan) ve basit lipitler (gliserol ile doymuş yağ asitlerinden oluşan) olarak adlandırılırlar (Gurr *et al.* 2002; Kjorsvik *et al.* 2004; Pratoomyot 2010).

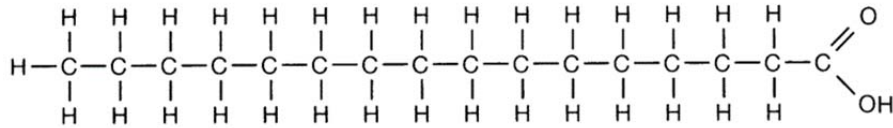
Diğer bir yaygın kullanım alanına sahip sınıflandırma da ise lipitler, depo (nötral) lipitleri ve membran (polar) lipitleri olmak üzere iki gruba ayrılarak incelenirler (Şekil 1.4). Depo yağları trigiliserid, açilgliserol veya gliseridler olarak da bilinirler. Bu yağlar yağ asitlerinin gliserolle meydana getirdikleri bileşikler olup esterleşen hidroksit kökü sayısına göre mono, di ve trigiliserid diye de adlandırılırlar. Hayvan hücrelerindeki yağ depolarının özellikle adipoz dokunun başlıca bileşenlerini bu yağlar oluşturmaktadır (Keha ve Küfrevioğlu 1997; Tocher 2003). Fosfolipitler ise yağ asitleri ve alkole ek olarak bir fosfat içeren bileşik lipitlerdir. Fosfolipidler; molekül yapılarındaki alkol türüne göre fosfoglisidler (gliserofosfolipidler) ve fosfingozidler (sfingomyelinler) olmak üzere (Şekil 1.5) iki grupta incelenirler (Keha ve Küfrevioğlu 1997).



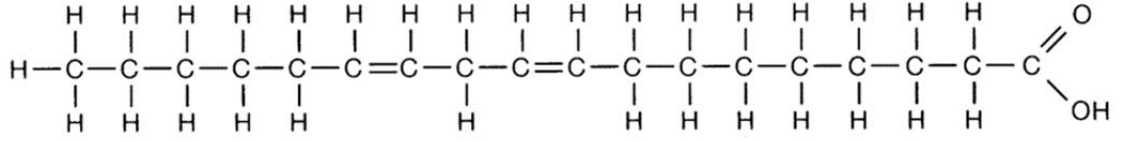
Şekil 1.4. Yağların iki farklı sınıflandırılması.

Yağ asitleri, başlıca doğal katı ve sıvı yağlarda esterleri halinde bulunurlar; ancak plazmada bir transport şekli olan serbest yağ asidi olarak da esterleşmemiş durumda bulunabilirler (Murray *et al.* 1993).

Bütün yağ asitlerinin bir ucu metil (CH₃) uzun bir hidrokarbon zinciri ve sonunda karboksil grubu (COOH) bağlanmaktadır. Yağ asitleri genellikle karbon ile yaptıkları bağ sayılarına göre numaralandırılır ve bu yolla adlandırılırlar. Yağ sitleri doymuş ve doymamış olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Doymuş yağ asitleri çift bağ içermezler ve tüm karbonları hidrojenle doyurulmuştur (Şekil 1.5). Doymamış yağ asitleri, tekli doymamış FA yani tek çift bağ ihtiva edenler ve çoklu doymamış FA yani iki veya daha fazla çift bağ ihtiva edenler olmak üzere ikiye ayrılır (Şekil 1.6). Yüksek derecede doymamış yağ asitleri olarak adlandırılan karbon sayıları ≥ 20 olan ve 3 veya daha fazla çift bağ içeren ve PUFA'ların bir alt grubu olan yağ asitleridir (Gunstone 1991; Murray *et al.* 1993; Keha ve Küfrevioğlu 1997; Aksoy 2000). Doymamış yağ asitleri çift bağlarının dönme hareketi yapamaması nedeniyle çift bağın olduğu noktalarda hidrokarbon zincirlerinde kıvrımlara sahiptirler. Bu tür yağ asitleri 16–22 karbon uzunluğundadırlar. Genellikle *cis* bağları $\Delta 9$ pozisyonunda başlar ve her *cis* çifte bağ tarafından zincirde 30°'lik bir açı yapacak kırılma meydana gelir. Doğada bulunan hemen hemen bütün tiplerinde, çift bağlar *cis* konumundadırlar. Bu çeşit bir veya birkaç kıvrıma sahip olan, tamamen doymuş yağ asitleri kadar sıkı bir etkileşime giremez, bundan dolayı moleküller arasındaki zayıf etkileşimi bozmak için daha az ısı enerjisi gerekmektedir (Murray *et al.* 1993; Montgomery *et al.* 2000).

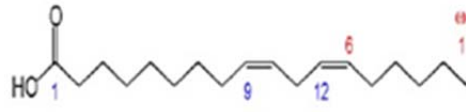


Şekil 1.5. Doymuş bir yağ asidinin kimyasal yapısı (Palmitik asit, 16:0).

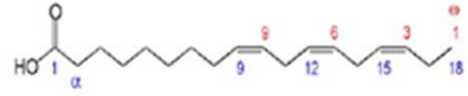


Şekil 1.6. Doymamış bir yağ asidinin kimyasal yapısı (Linoleik asit, 18:2 n-6).

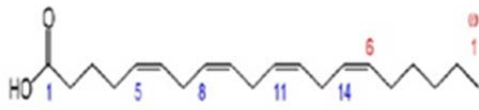
Uluslararası Teorik ve Uygulamalı Kimya Birliği (IUPAC) tarafında yağ asitlerinin isimlendirilmesinde zincir uzunluğu, çift bağların konumu ve doymamışlık dereceleri dikkate alınmıştır. Genelde kısa ve sistematik olmak üzere iki farklı isimlendirme bulunmaktadır. Kısa isimlendirmede n veya ω kısaltmaları, sistematik isimlendirmede ise Δ terminolojisi ile kullanılmaktadır. Birinci kullanım günümüz araştırmacıları tarafından biyolojide, besleme çalışmalarında ve akuakültürde yaygın kullanıma sahiptir. Her iki sistemde benzerdir ve ayırım iki nokta (:) ile olur. Bu isimlendirme sistemlerinde noktalama işaretinden önce karbon, sonra ise çift bağların sayısı verilir. Fakat sistemler arasında çift bağların konumunu tanımlamada farklılıklar vardır. Mesela, Δ adlandırma yönteminde zincirin karboksil ucuna göre çift bağların konumunu belirlemede sayısal değerler kullanılmaktadır. Örneğim 18 karbon ve 3 çift bağ içeren α-linoleik asit 18:3Δ9,12,15 zincirin karboksil ucunun son tarafından itibaren 9,12 ve 15. karbonlarda çift bağ içermektedir. Kısa isimlendirmede ise yağ asidinin metil ucundan itibaren çift bağın konumuna göre yani α-linolenik asit 18:3 n-3 veya 18:3 ω-3 şeklinde yapılmakta ve metil ucundan sonra ilk çift bağın 3 ila 4. arasından veya 3. karbon arasında olduğunu göstermektedir (Murray *et al.* 1993; Keha ve Küfrevioğlu 1997; Aksoy 2000; Gurr *et al.* 2002). Bazı önemli yağ asitlerinin sistematik, yaygın ve Δ isimlendirmeleri Çizelge 1.1 de yapıları ise Şekil 1.5, 1.6 ve 1.7’de verilmiştir.



Linoleik asit (18:2n-6)



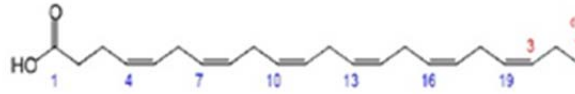
Linolenic asit (18:3n-3)



Araşhidonik asit (20:4n-6)



Eikosapentaenoik asit (20:5n-3)



Dokosahekzaenoik asit (22:6n-3)

Şekil 1.7. Bazı yağ asitlerinin yapıları (Gurr *et al.* 2002; Pratoomyot 2010).

Çizelge 1.1. Bazı önemli yağ asitleri (Christie 1989; Murray *et al.* 1993).

Karbon No	Yağ Asitleri	Yaygın İsimleri
<i>SFA</i>		
14:0	Tetradecanoic	Miristik asit
15:0	Pentadecanoic	
16:0	Hexadecanoic	Palmitik asit
17:0	Heptadecanoic	Margarik asit
18:0	Octadecanoic	Stearik asit
20:0	Eicosanoic	Araşhidik asit
22:0	Docosanoic	Behenik asit
24:0	Tetracosanoic	Lignoserik asit
<i>MUFA</i>		
16:1 n-7	<i>cis</i> -9-hexadecenoic	Palmitoleik asit
18:1 n-9	<i>cis</i> -9-octadecenoic	Oleik asit
20:1 n-11	<i>cis</i> -11-eicosenoic	Gondoik asit
20:1 n-9	<i>cis</i> -9-eicosenoic	Gadoleik asit
22:1 n-11	<i>cis</i> -11-decosenoic	Setoleik asit
22:1 n-9	<i>cis</i> -13-docosenoic	Eruik asit
24:1 n-9	<i>cis</i> -15-teracosenoic	Nervonik asit
<i>n-6 PUFA</i>		
18:2 n-6	9,12-octadecadienoic	Linoleik asit
18:3 n-6	6,9,12-octadecatrienoic	Gamma Linoleik asit
20:3 n-6	8,11,14-eicosatrienoic	Dihomo- γ - Linoleik asit
20:4 n-6	5,8,11,14-eicosatetraenoic arachidonic	Araşidonik asit
<i>n-3 PUFA</i>		
18:3 n-3	6,9,12-octadecatrienoic	Linolenik asit
18:4 n-3	6,9,12,15-octadecatrienoic	Stearidonik asit
20:4 n-3	Eicosatetraenoic	-
20:5 n-3	5,8,11,14,17- eicosapentaenoic	EPA
22:5 n-3	7,10,13,16,19-docosapentaenoic	DPA
22:6 n-3	4,7,10,13,16,19-docosaenoic	DHA

1.3. Yağ Asitleri Biyosentezi

Bütün omurgalılarda yağ asidi sentezi pürüvatın oksidatif dekarboksilasyonu veya mitokondrial β -oksidasyonu sonucu mitokondrial asetil-CoA üretimi ile sitoplazmada meydana gelir. Asetil-CoA karboksilaz (ACC) ve yağ asidi sentetaz (FAS) olarak adlandırılan iki sitoplazmik enzim yağ asitleri sentezini katalizler ve bu reaksiyonla NADPH'ın oksidasyonu ile enerji elde edilir. Daha sonra yağ asitleri sitoplazmadan mitokondriye transfer edilir ve asetil-CoA, ACC tarafından katalizlenerek malonil-CoA ya dönüşür böylece yağ asitlerinin ilk ve sınırlı reaksiyon basamağı başlamış olur. Kısacası yağ asitlerine karbon atomları ikili birimler halinde asetil-CoA dan sağlanır. Zincir uzaması basamağında iki karbon birimini veren aktifleşmiş bileşik malonil-CoA'dır. CO₂'nin azalması ile uzama reaksiyonu ilerler. Yağ asidi sentez kompleksinin uzatma reaksiyonu 16 karbonlu palmitat oluşumuna kadar sürer. Bundan sonraki uzamalar ve çift bağların oluşumunda başka enzim sistemleri görev alır (Murray *et al.* 1993; Keha ve Küfrevioğlu 1997; Aksoy 2000; Sargent *et al.* 2002; Kennedy 2007).

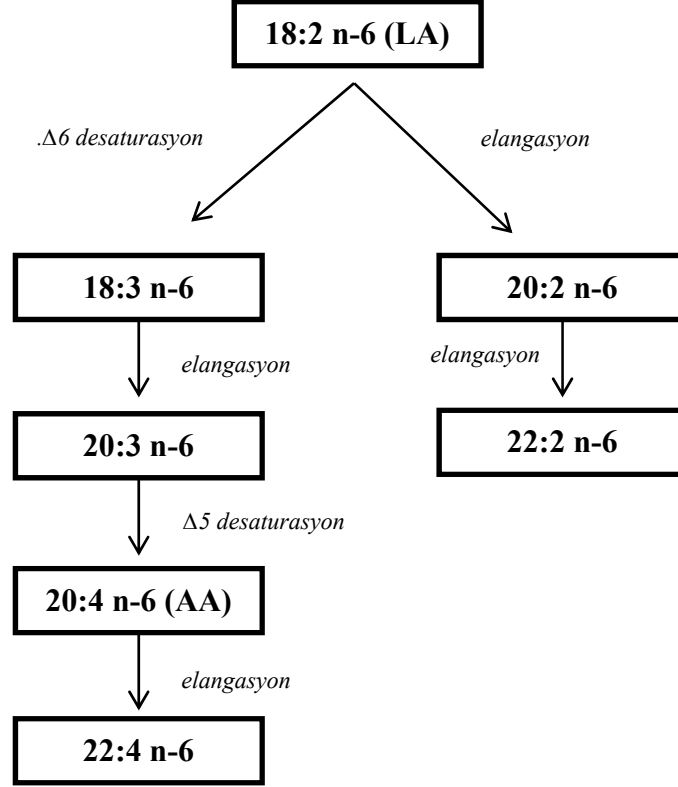
Yağ asidi sentezi başlıca karaciğerde, bir miktar adipoz doku ve kaslarda olmaktadır. Yağ asitlerinin sentezi yıkımdan farklı bir reaksiyon ile meydana gelir. Bu reaksiyon basamakları Çizelge 1.2.'de verilmiştir.

Çizelge 1.2. Doymuş yağ asitleri sentezinin temel reaksiyon basamakları.

	Reaksiyon	Enzim
1	$\text{Asetil CoA} + \text{HCO}_3^- + \text{ATP} \longrightarrow \text{Malonil CoA} + \text{ADP} + \text{Pi} + \text{H}^+$	Asetil CoA karboksilaz
2	$\text{Asetil CoA} + \text{ACP} \rightleftharpoons \text{Astil ACP} + \text{CoA}$	ACP-Asetil transferaz
3	$\text{Malonil CoA} + \text{ACP} \rightleftharpoons \text{Malonil ACP} + \text{CoA}$	ACP-Malonil transferaz
4	$\text{Asetil ACP} + \text{Malonil ACP CoA} \longrightarrow \text{Asetolasetil ACP} + \text{ACP} + \text{CO}_2$	β -Ketoaçil ACP sentetaz
5	$\text{Asetoasetil ACP} + \text{NADPH} + \text{H}^+ \longrightarrow \text{D-3-Hidroksibutiril-ACP-E} + \text{NADP}$	β -Ketoaçil ACP redüktaz
6	$\text{D-3-Hidroksibutiril-ACP} \rightleftharpoons \text{Krotonil-ACP} + \text{H}_2\text{O}$	β -Hidroksi açil- ACP dehidrataz
7	$\text{Krotonil-ACP} + \text{NADPH} + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{Butiril-ACP} + \text{NADP}$	Enoil- ACP redüktaz

1.4. Yağ Asitlerinde Desaturasyon ve Elangasyon

Yağ asitlerinin sentezinde bahsedildiği gibi canlılar asetik CoA dan palmitik asite kadar doymuş yağ asitlerini sentez kabiliyetine sahiplerdir. Yağ asitlerinin sentezi in vivo ve in vitro olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. İn vivo sentezde canlılar asetik asetil CoA dan SFA (16:0 ve 18:0) yağ asitlerini in vitro sentezde ise diyetlerle alınan 18:3 n-3 ve 18:2 n-6 yağ asitleri desaturasyon ve elangasyon enzimleri tarafından canlının gereksinim duyduğu DHA, EPA ve AA gibi PUFA'lara dönüşürler (Gurr and James 1975; Los and Murata 1998; Warude *et al.* 2006). Linoleik asitten çoklu doymamış yağ asitlerinin sentez basamakları Şekil 1.8'de verilmiştir.

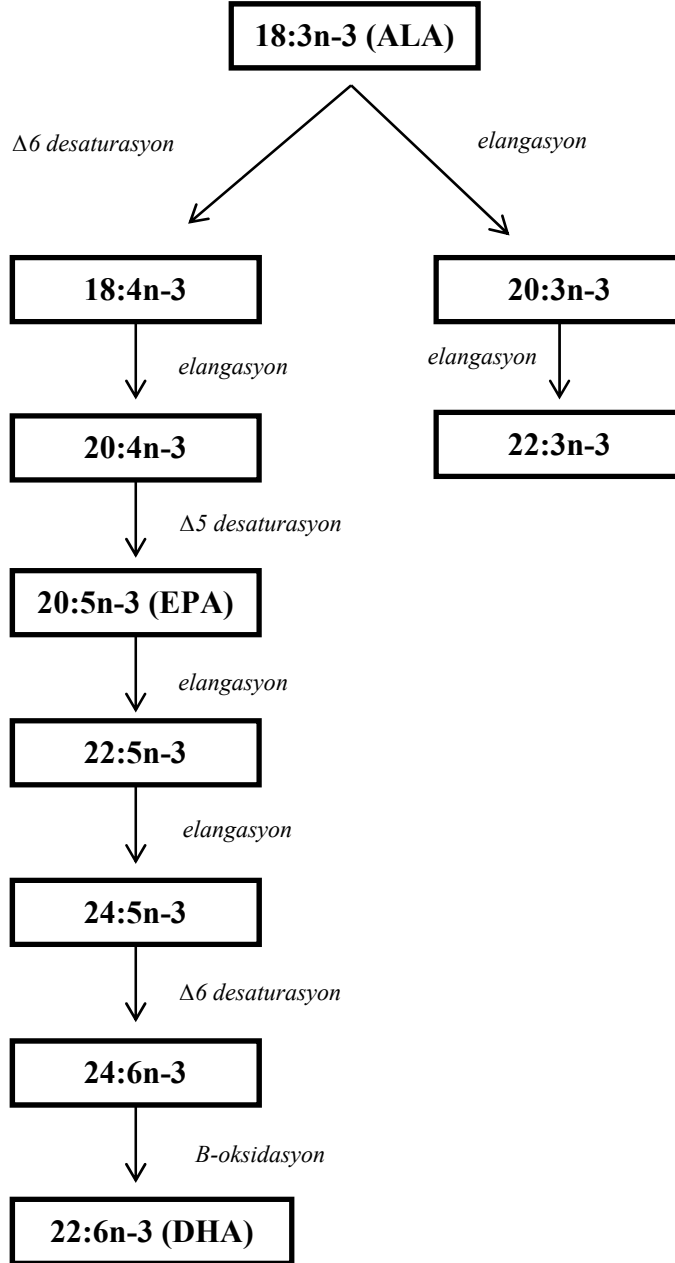


Şekil 1.8. Linoleik Asit (18:2 n-6)'den en çoklu doymamış yağ asitlerinin sentez basamakları.

1.4.1. Desaturasyon enzimleri

Desaturasyon enzimleri demir içeren enzimler olup yağ asitlerinin tek bağ (C-C) ihtiva eden karbon atomlarını belirli bölgelerde çift bağa (C=C) dönüştürür. Omega ve delta olmak üzere iki tip desaturasyon enzimi mevcuttur. Bu enzimler universal olup *Escherichia coli* gibi bazı bakteriler haricinde tüm canlılarda bulunmaktadır (Sprecher *et al.* 1995; Los and Murata 1998; Pereira *et al.* 2003; Warude *et al.* 2006). Desaturasyon enzimleri PUFA'ların sentezinden başka membran lipidlerinin akışkanlığında da önemli rol oynarlar (Pereira *et al.* 2003; Warude *et al.* 2006). Yağ asitlerinin sentezinde görev alan başlıca desaturasyon enzimleri Δ9, Δ12, Δ15, Δ6 ve Δ5'tir. Bu enzimlerin aktivite

gösterdikleri bölgeler Şekil 1.8, 1.9 ve 1.10'da gösterilmiştir.



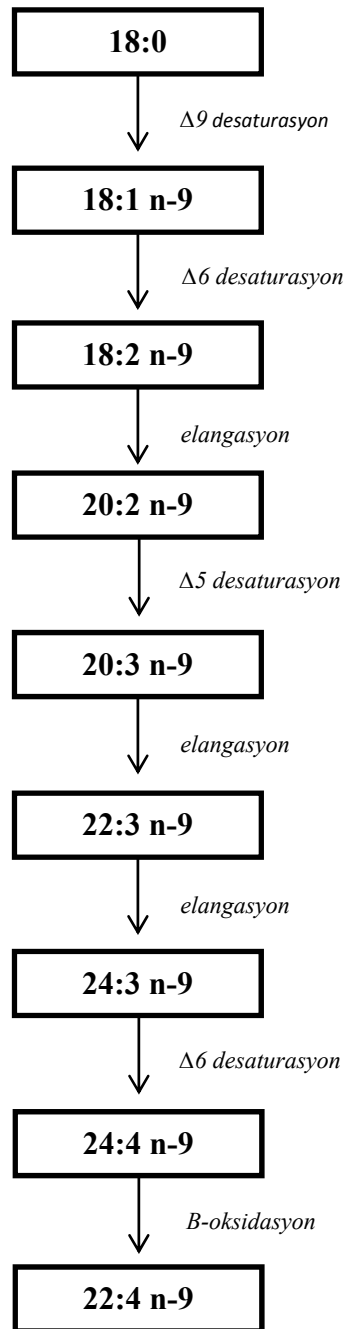
Şekil 1.9. Linolenik Asit (18:3n-3)'den çoklu doymamış yağ asitlerinin sentez basamakları.

1.4.1.a. $\Delta 9$ Desaturasyon enzimi

Tekli doymamış yağ asitleri $\Delta 9$ desaturasyon enzimi tarafından doymuş yağ asitlerinden sentezlenir. $\Delta 9$ desaturasyon enzimi üzerine çalışmalar çok yaygın olduğundan özellikleri en iyi bilinen desaturasyon enzimidir (Los and Murata 1998; Pereira *et al.* 2003; Warude *et al.* 2006). Ayrıca stearoyl-CoA desaturasyon (SCD) olarak da adlandırılan bu enzim bir mikrozomal membran proteindir. Metabolizmada sitokrom *b5* ve NADH'a bağlı sitokrom *b5* redüktaz ile birlikte çalışır. $\Delta 9$ desaturasyon enzimi ilk olarak *Euglena gracilis*'de, daha sonra ise ıspanak, avakado ve aspir gibi yüksek yapılı canlılarda belirlenmiştir (Gurr *et al.* 2002). Hem SCD enziminin geni hem de proteini insan, balık ve fare gibi birçok türde izole edilmiştir (Pereira *et al.* 2003).

Stearoyl-CoA desaturasyon enziminin lipid metabolizmasındaki başlıca rolü, 16:0 (palmitik asit) den 16:1 n-7 (palmitoleik asit)'i ve 18:0 (stearik asit) den 18:1n-9 (oleik asit)'in sentezini katalizlemesidir (Sargent *et al.* 2002; Pereira *et al.* 2003; Nakamura and Nara 2004; Kennedy 2007). Ayrıca MUFA'ların sentezinde sınırlayıcı bir enzim olduğundan ve membran fosfolipit ikili tabakasına fosfogliseritlerin geçişini sağladığından membran akışkanlığını korumada önemli rol oynar (Ntambi 1999; Pereira *et al.* 2003; Tocher 2003; Kennedy 2007).

SDC enzimi düşük su sıcaklıklarında bile aktif olmasına rağmen diyetler ve hormon düzensizliklerinden etkilenmektedir. Ayrıca yapılan çalışmalarda yüksek SCD aktivitesinin obezite ile ilgili olduğu ve insanlarda vücut ağırlığı ile Stearoyl-CoA desaturasyon aktivitesi arasında pozitif bir korelasyon bulunduğu bildirilmiştir (Li *et al.* 1994; Pereira *et al.* 2003).

Endojen Sentez

Şekil 1.10. Steraik Asit (18:0)'den başlayan endojen sentez yolu.

1.4.1.b. $\Delta 12$ Desaturasyon enzimi

$\Delta 12$ desaturasyon enzimi endoplazmik retikulumda oleik asit'in linoleik asit'e dönüşümünden sorumlu temel enzimdir. Bu enzim bir integral membran proteindir ve aktivitesi $\Delta 12$ yağ asidi desaturase (FAD2) geni tarafından kontrol edilir. FAD2 geni soya, ayçiçeği ve keten gibi birçok bitkiden klonlanmıştır. İnsanlarda ve balıklar dahil olmak üzere birçok canlıda bulunmadığından linoleik asit (18:2n-6) oleik asit (18:1n-9) den sentezlenememektedir. Bundan dolayı linoleik asit balıklar, insanlar ve birçok canlı için esansiyel yağ asididir (Henderson and Tocher 1987; Los and Murata 1998; Pereira *et al.* 2003; Warude *et al.* 2006; Tocher 2003).

1.4.1.c. $\Delta 15$ Desaturasyon enzimi

Linolenik asitin linoleik asitten sentezini katalizleyen ve çoğunlukla bitkilerde bulunan membran proteini yapısında bir enzimdir. Bitki hücresinde linolenik asitin sentezi endoplazmik redikulum ve plastit olmak üzere iki farklı organellerde gerçekleşmektedir. Bundan dolayı, $\Delta 15$ desaturasyon enziminin iki organellerde iki farklı formu mevcuttur. Birinci formu endoplazmik redikulum tipi aspir bitkisinden, ikincisi ve yaygın plastit formu ise soya ve hint yağı otundan izole edildiği rapor edilmiştir (Sprecher 2000; Pereira *et al.* 2003; Warude *et al.* 2006).

1.4.1.d. $\Delta 6$ Desaturasyon enzimi

$\Delta 6$ desaturasyon enzimi insanlarda ve hayvanlarda endoplazmik retikulumda bulunan bir membran proteindir. PUFA'ların sentezini belirli sınırlar içerisinde katalizleyen $\Delta 6$ desaturasyon enzimi (D6D)'nin geni önce bir tatlı su bakterisi olan *Synechocystis* sp.'den, daha sonrada fare, balık ve insan başta olmak üzere bir çok canlıdan (engerek ve hodan bitkilerinden) izole edilmiştir (Masoro 1962; Hastings *et al.* 2001; Pereira *et al.* 2003; Nakamura and Nara 2003; Warude *et al.* 2006). D6D, insan ve hayvanların beslenmesinde önemli olan ve çoğu bitkisel üründe bulunmayan γ -linolenik asit (GLA,

18:3 n-6) ve stearidonik asit (STA, 18:4n-3)'lerin sentezinde görev alır. Bu enzimin baz dizilimi 444 amino asite sahip olduğu ve sequens sonuçlarına göre insan ve farede D6D'nin %87 benzerlik gösterdiği bildirilmektedir (Okayasu *et al.* 1981; Pereira *et al.* 2003; Warude *et al.* 2006).

$\Delta 6$ desaturaz hem 18 hem de 24 karbonlu yağ asitlerinin sentezinde işlev görmektedir. Şekil 1.9, 1.10'da görüldüğü gibi bu enzim linoleik asiti (LA, 18:2n-6) γ -linolenik asite, linolenik asiti (ALA, 18:3 n-3) stearidonik asite, 24:4 n-6 yağ asidini 24:5 n-6'e ve 24:5 n-3 yağ asidini 24:6 n-3'e dönüştürür (Sprecher *et al.* 1995; Raz *et al.* 1998; Los and Murata 1998; Sprecher 2000; Hastings *et al.* 2001; Pereira *et al.* 2003; Warude *et al.* 2006).

D6D enziminin aktivitesi diyetlerle alınan yağ asitlerinin miktarına, hormonal aktiviteye, canlının yaşına ve yağ asidi ihtiyacına göre değişmektedir. Ayrıca kanser ve diyabet gibi kronik hastalıklar, bu enzimin aktivitesini etkilemektedir. Fakat $\Delta 6$ desaturasyon enzimi aktivitesi $\Delta 9$ desaturasyon enzimi aktivitesi kadar dış etmenlerden etkilenmemektedir. Yapılan çalışmalarda $\Delta 6$ desaturasyon enziminin en yüksek aktivitesi ve geninin ekspresyonu beyinde ve karaciğerde tespit edilmiştir (Gurr *et al.* 2002; Pereira *et al.* 2003).

1.4.1.e. $\Delta 5$ Desaturasyon enzimi

Çoklu doymamış yağ asitlerinin sentez yolunun son basamağında katalizör olarak görev alan bir başka membran proteininin yapısındaki enzimdir. $\Delta 5$ desaturasyon enziminin (D5D) geni birçok hayvandan ayrıca insandan da klonlanmıştır. EPA ve AA gibi yüksek doymamış yağ asitlerinin sentezinde son desaturasyon basamağında görev alır. Dihomo- γ -linolenik asite (20:3n-6) bir çift bağ ilave ederek araşhidonik asiti (AA, 20:4 n-6) ve 20:4 n-3 yağ asidinden 20:5 n-3'ün sentezlenmesini katalizler. Yapısal olarak $\Delta 6$ desaturasyon enzimi gibi 444 amino asitten oluşan bir baz dizilimine sahip olduğu tahmin edilmekte ve insanda $\Delta 6$ ve $\Delta 5$ desaturasyon enzimleri %62 benzerlik arz

etmektedir. D5D enziminin aktivitesi diyetlerin besin madde içeriği başta olmak üzere göz bozuklukları, alzheimer ve diyabet hastalıkları ile değişim göstermektedir (Sprecher *et al.* 1995; Los and Murata 1998; Hastings *et al.* 2001; Gurr *et al.* 2002; Pereira *et al.* 2003; Warude *et al.* 2006).

1.4.2. Elangasyon enzimi

Elangase, elangase sistem veya yağ asidi elangasyon sistemi olarak adlandırılan enzim, yağ asidi zincirinin karboksil ünitesinin sonuna iki karbon ünitesi ekleyerek zincir uzamasını sağlamadan sorumludur (Leonard *et al.* 2004; Warude *et al.* 2006). Bitkilerde ve hayvanlarda elangasyon sisteminin gerçekleşmesini sağlayan 4 enzim vardır. Bu enzimler sırasıyla; β -ketoaçil ACP sentesaz, β -ketoaçil ACP redüktaz, β -hidroksiaçil ACP dehidraz ve enoil- ACP redüktazdır (Keha ve Küfrevioğlu 1997; Aksoy 2000).

1.5. Yağ Asitlerinin Beta-oksidasyonu

Daha önce bahsedildiği gibi bütün organizmalarda lipitler ve yapı taşları olan yağ asitlerinin en önemli görevlerinden biri de enerji sağlamasıdır. Diyetlerle alınan fazla yağlar trigiliserid olarak adipoz dokularda ya da türlere göre canlının farklı bölgelerinde katabolizma sonucu enerji ihtiyacını karşılamak için depolanır. β -oksidasyon yoluyla yağ asitlerinin yıkımı mitokondri matriksinde ve peroksizomlarda meydana gelir. Burada mitokondriyal As etil Cola sitrik asit sülüsü prosesi yağ asitlerinin 2 karbon ünitesinin uzaklaştırılması seri reaksiyonları ile gerçekleşir (Keha ve Küfrevioğlu 1997; Aksoy 2000). Mitokondriyal oksidasyon çoğu yağ asidi grubunda kullanıldığından çok önemlidir. Peroksizomlarda oksidasyon ise çoklu doymamış yağ asitlerinin β -oksidasyon ile sınırlıdır (Murray *et al.* 1993; Henderson 1996; Keha ve Küfrevioğlu 1997; Aksoy 2000; Nelson and Cos 2008). Yağ asitlerinin mitokondriyal β -oksidasyonu, oksidasyon, hidrasyon, ikinci oksidasyon ve tiyol oluşum olmak üzere dört reaksiyon ile gerçekleşmektedir. Her bir mitokondriyal β -oksidasyonda bir mol NADH, bir mol FADH₂ ve bir mol asetil CoA üretilir. Karbon sayısı 12'den büyük olan fatty

asetil CoA'lar karnitin asetiltransferaz I (CPT-I), karnitin asetiltransferaz II (CPT-II) ve thiokinaz enzimleri yardımıyla karnitin ile mitokondri matriksine taşınırlar. Periksozomal β -oksidasyonda ise mitokondrial β -oksidasyondan farklı olarak FADH2 yerine hidrojen peroksit üretilir. (Gurr and Harwood 1991; Henderson 1996; Gurr *et al.* 2002).

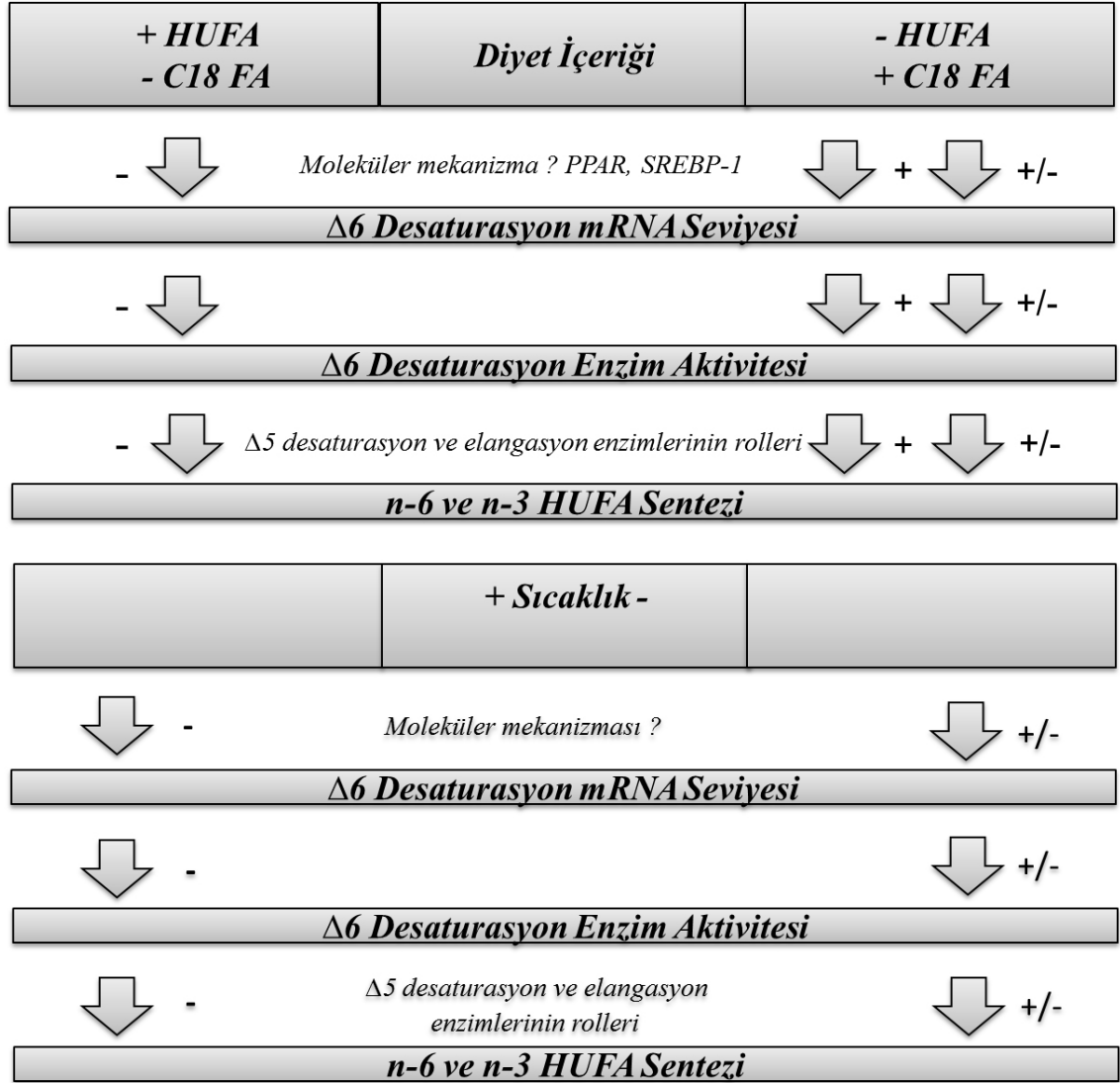
1.6. Balıklarda Yağ Asidi Metabolizması

Balıklar diğer omurgalılar gibi sentezleyemedikleri yağ asitlerini sağlıklı yaşam sürdürebilmeleri için diyetlerle birlikte almak zorundadırlar. Esansiyel yağ asitleri yeterli miktarda diyetler ile alınmadığında büyüme, üreme, gelişme, strese karşı direnç, sinir sistemi ve immün sistemde sorunlarla karşılaşmaktadır (Castel *et al.* 1972; Watanabe 1982; Henderson and Tocher 1987; Sargent *et al.* 2002; Tocher 2003). Lipitler özellikle doğal ortamlarındaki besinlerinde az miktarda bulunan karbonhidratları iyi değerlendiremeyen karnivor balıkların en önemli enerji kaynağıdır. Daha öncede bahsedildiği gibi balıklar yapısal olarak LA ve ALA yağ sitlerini sentezleme kabiliyetine sahip değildir. Hem ALA hem de LA yağ asitleri hücre membranlarının yapısal bütünlüğünü sağlayan fosfolipitlerin bir ögesi olan 20:4 n-6, lökotriyen ve prostaglandin gibi eikosanoidlerin üretiminde görev alan 20:5 n-3 ve hücre mebranlarında, beyinde ve sinir sisteminde birçok fonksiyona sahip olan 22:6 n-3 gibi HUFA'ların üretiminin ilk ve vazgeçilmez elemanlarıdır (Tocher 2003).

Balıkların yağ asitleri gereksinimi temelde deniz ve tatlısu balıklarında farklılık göstermektedir. Ayrıca balıkların yaşadıkları ortamda doğal besin kaynaklarının yağ asidi profilleri türlerin yağ asidi ihtiyacını etkilemektedir. Deniz balıklarının doğal besinlerinde gereksinim duydukları 22:6 n-3, 20:5 n-3 ve 20:4 n-6 gibi HUFA grubu yağ asitlerinin yeterli miktarda bulunmasına rağmen, tatlı su balıklarının besinlerinde bu yağ asitleri yeterli değildir. Bu yüzden tatlı su balıkları ihtiyaç duydukları HUFA grubu yağ asitlerini doğal besinlerinde bulunan 18 karbonlu yağ asitlerinden $\Delta 5/\Delta 6$ desaturasyon ve elangasyon enzimleri ile sentezleme kabiliyeti kazanmışlardır. Deniz

balıkları ise yeterli miktarda HUFA ihtiva eden yemler ile beslendiklerinden bu yağ asitlerini sentezleme ihtiyacını duymazlar ve bunun sonucu olarak yağ asitleri sentezinde $\Delta 5/\Delta 6$ desaturasyon ve elangasyon enzim aktivitesi gösterememektedir (Tocher 2003, Glencross 2009; Turchini *et al.* 2009; Vagner and Santigosa 2011). Balıklarda yağ asidi sentezi, desaturasyon ve elangasyon enzimlerinin aktivite gösterdikleri basamaklar Şekil 1.8, 1.9 ve 1.10'da gösterilmiştir.

Balıklarda $\Delta 6/\Delta 5$ desaturasyon ve elangasyon enzimlerinin aktiviteleri ile buna bağlı enzimlerin genlerinin ekspresyonları sıcaklık, tuzluluk, çevresel faktörlerle besin maddesinden etkilenmektedir. Bu enzimlerin aktivitelerini etkileyen unsurlar Şekil 1.11'de detaylı olarak verilmiştir.



Şekil 1.11. Diyetler ve çevresel faktörlerin yağ asidi metabolizması üzerine etkisi.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Yağlar, proteinlerle birlikte balıkların başlıca organik bileşikleri olup karbonhidratları iyi değerlendiremeyen karnivor balıkların başlıca enerji kaynağını oluşturmaktadır. Diyetlerle alınan enerji kaynaklarının bileşenlerini oluşturan yağ asitleri ve bunların türevleri olan eikosanoidler büyüme, üreme, sağlık ve bağışıklık sistemi üzerine olumlu etkileri bulunmaktadır. Bu yüzden kültürü yapılan balıklarının beslenmesinde kullanılan yemlerin ekonomik olması için balık yağına ikame kullanılan bitkisel orjinli yağların büyüme üzerine etkileri uzun yıllardan beri araştırılan bir konu olmuştur (Henderson and Tocher 1987; Sartgent *et al.* 2002; Tocher 2003).

Yapılan araştırmalar diyetlere katılan yağların, yağ asidi içeriği, balıkların kas dokusundaki yağ asidi profilini çevresel faktörlerin etkisinde yansıttığını rapor etmişlerdir. Örneğin Castel *et al.* (1972) , gökkuşacağı alabalığının diyetlerine ilave edilen 10 ila 25 gr/kg⁻¹ n-3 PUFA, 10 gr/kg⁻¹ n-6 PUFA'nın büyümeyi olumlu etkilediğini bildirmişlerdir. Buna karşın 11°C su sıcaklığında 182 gün bitkisel ve hayvansal orijinli yağlarla hazırlanan yemlerin büyüme üzerine etkilerinin gökkuşacağı alabalıklarında kontrol grubu ile paralel olduğu ifade edilmiştir (Reinitz and Yu 1981).

Benzeri bir diğer çalışmada ise bitkisel ve hayvansal kaynaklı yağlar katılarak hazırlanan yemlerle, 20 hafta süresince beslenen 80g'lık gökkuşacağı alabalıklarının büyüme ve yem değerlendirme oranlarına ilişkin bulguların önemli seviyede etkilenmediği sonucuna ulaşılmıştır (Greene and Selivonchick, 1990). Aynı şekilde %50 ve %85 oranında soya yağı katkılı yemlerin gökkuşacağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) ile levrek (*Dicentrarchus labrax*) balıklarının lipid dağılımı ve karaciğer histolojisi üzerine yoğunlaşılacak çalışmada ikincil olarak bakılan büyüme sonuçları özellikle gökkuşacağı alabalıklar için önemsiz bulunmuştur (Figueiredo-Silva *et al.* 2005). Aynı şekilde Choubert *et al.* (2006), gökkuşacağı alabalığı diyetlerinde balık yağı yerine zeytinyağı ile hazırlanan alternatif yemlerin balıkların bazı büyüme parametreleri

üzerine (ağırlık artışı, spesifik büyüme hızı ve yemden yararlanma oranı) önemli bir etkisinin olmadığını kaydetmişlerdir.

Gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavrularında balık ve kolza (100:0, 75:25, 50:50, 25:75 oranlarında) yağının büyüme verileri üzerine benzer seviyede etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Buna karşın diyetlerdeki kolza yağının artışına paralel artan, 18:2 n-6 yağ asidi kas dokusundaki DHA ve EPA yağ asitlerinin düşmesine yol açtığı anlaşılmıştır (Pettersen *et al.* 2009).

Geurden *et al.* (2009), kolza ve keten tohumu yağlarını balık yağı yerine %100 ikame olarak kullandıkları çalışmada, ağırlık kazançları ve günlük büyüme oranları arasında istatistiki açıdan önemli bir farklılığın görülmediğini aktarmışlardır.

Bilindiği üzere balıkların yağ asidi kompozisyonu türlere, çevresel faktörler, diyetlerde kullanılan ham maddelerin yağ asidi profili ve sindirilebilirliği gibi birçok değişkene bağlı olarak farklılık göstermektedir (Haliloğlu 2004). Beslendikleri yağ kaynağı balık etinin yağ asidi profilini önemli miktarda etkilemektedir. Bu nedenle araştırmacılar kültür balıkçılığında hem ekonomik yem eldesi, hem de balık etinin yağ asidi kalitesi üzerine yoğunlaşmışlardır.

Gökkuşığı alabalığı yemlerinde balık yağı yerine linoleik asit (18:2 n-6) kaynağı olan soya ve ayçiçek yağları kullanılarak hazırlanan diyetlerle ortalama ağırlıkları $5,78 \pm 0,9$ gr olan balıklar 60 gün süre ile beslenmişlerdir. Deneme sonunda balık yağı ile beslenen grupta ağırlık kazancı $29,3 \pm 0,4$ gr, ayçiçek yağı ile beslenen grupta $28,1 \pm 0,4$ gr ve soya yağı grubunda ise $28,8 \pm 0,6$ gr olmasına rağmen olup istatistiki açıdan fark olmadığı görülmüştür. Bu çalışmada balıkların tüm vücut yağ asidi kompozisyonu beslendikleri yemin yağ asidi kompozisyonunu yansıtmıştır. Bitkisel orjinli yağ içeren diyetleri alan gruplarda n-6 PUFA, balık yağı ile beslenenlerde ise n-3 PUFA grubu yağ asitlerinin dominant olduğu rapor edilmiştir (Şener ve Yıldız 2003).

Caballero *et al.* (2002), Gökkuşığı alabalığı yemlerinde balık yağı yerine en az %50 oranında olmak üzere farklı oranda bitkisel (soya, kolza, palmiye ve zeytin) ve hayvansal yağ kullanılarak büyüme, yem değerlendirme, yağ sindirimi, kas dokusu yağ asidi kompozisyonu ve histolojisi üzerine etkilerini inceleyen bir araştırma yapmışlardır. Araştırmada ortalama ağırlıkları 250 gr olan balıkları 12°C de 64 gün boyunca beslenmişlerdir. Deneme sonunda yem değerlendirme oranları gruplarda önemli seviyede farklı çıkmış ve elde edilen sonuçların 0,72 ile 0,79 arasında değiştiği bildirilmiştir. Ağırlık kazançları ve spesifik büyüme oranları bakımından ise gruplar arasında farklılık belirlenmemiştir. Yağ asitleri açısından ise balık yağı oranının yüksek olduğu gruplarda hem n-3 hem de n-6 yağ asitleri serisi diğer gruplara göre yüksek ve istatistiki açıdan önemli olduğu görülmüştür. Bütün bu bulgular ikame yağların balık yağı yerine farklı oranlarda rahatlıkla kullanılabilceğini anlamına gelmektedir.

Fonseca-Madrigal *et al.* (2005), bitkisel kaynaklı hurma yağını alternatif yağ olarak gökkuşığı alabalığı diyetlerinde çalışmışlardır. Yemlere %0-25-50 ve %100 oranlarında hurma yağı balık yağı ile karıştırılarak hazırlanmış ve ağırlıkları 27g olan balıklar 13°C su sıcaklığında 10 hafta süreyle yemlenmişlerdir. Hurma yağının farklı seviyelerinin balıkların büyüme performansı ve yem değerlendirme oranlarını olumsuz etkilemediği; kas dokusunda DHA yağ asidi miktarının yalnızca %100 hurma yağı içeren grupta düştüğü rapor edilmiştir. Esansiyel yağ asidi olan linolenik asit (18:3n-3) miktarının yemdeki hurma yağının artışı ile azalmasına rağmen, karaciğerdeki DHA miktarının değişmediği bildirilmiştir.

Ortalama ağırlıkları 20 g olan gökkuşığı alabalıkları bitkisel kaynaklı yağ kullanılarak hazırlanan diyetler ile beslenen araştırmada, büyüme parametreleri ile protein, yağ ve kuru madde miktarlarını etkilememiştir. Hindistan cevizi yağının %6 katıldığı grupta %5,18 DHA, %1,26 EPA (toplam n-3 serisi yağ asitleri %8,07) değerleri kontrol grubuna en yakın sonuçlar olduğundan bu türün yemlerinde kullanılabilceğini belirtmişlerdir (Ballestrazzi *et al.* 2006).

Gökkuşığı alabalıkları %100 oleik asit, %50 ayçiçek-%50 keten tohumu yağı, %100 morina balığı yağı ve %100 lesitin kullanılarak hazırlanan dört farklı diyetle altı hafta beslenmişlerdir. Ortalama ağırlıkları 182 ± 51 mg olan balıkların araştırma sonunda ağırlık kazancı bakımından en iyi büyüme ($\%1684 \pm 137$) lesitinli muamele grubunda, en düşük büyüme ise oleik asitli yemleri alan gruplar ($\%572 \pm 78$) temsil etmiştir. Benzer sonuçlar yemden yararlanma oranına da yansımıştır. Tüm vücut yağ asitleri profili incelendiğinde balık dokuları beslendikleri yemlerin yağ asidi profillerini yansıtmıştır. En yüksek DHA miktarının morina balığı yağı grubunda olduğunu belirlemişlerdir (Rinchard *et al.* 2007).

Balıklardaki büyüme ve yağ asidi kompozisyonu üzerine 14°C su sıcaklığında ve 14 saat aydınlık, 10 saat karanlık ortamda ikame bitkisel yağların (diyet 1; FO-FM100, %100 balık yağı ve balık unu; diyet 2, VO-FM100 %100 bitkisel yağ ve balık unu; diyet 3, VO-FM50 %100 bitkisel yağ ve %50 balık unu; diyet 4, VO-FM25 %100 bitkisel yağ ve %25 balık unu; diyet 5, VO-FM0 %100 bitkisel yağ ve %0 balık unu- %100 kanola protein konsantrasyonu) etkisinin çalışıldığı araştırmada, ortalama ağırlıkları 47g olan 20 adet gökkuşığı alabalığından oluşan gruplar 140 gün süre ile beslenmişlerdir. Gruplar arasında en yüksek (257,3g) ağırlık kazancı diyet 2 ile beslenen yemlerde, en düşük (202,2g) kazanç ise diyet 5 ile beslenen muamele grubunda hesaplanmış, farklı yağ ihtiva eden muameleler arasında büyüme performansı ve %HSI açısından istatistiki olarak farklılığın önemli olmadığı rapor edilmiştir. Balık yağı yerine %100 ve %50 oranında kanola ve keten tohumu yağı kullanılan yemlerde toplam PUFA miktarının balık yağına göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Bu iki grupta balık yağı içerene nazaran daha az miktarda DHA ve EPA yağ asitleri bulunduğu belirtilmiştir (Drew *et al.* 2007).

Kalogeropoulos *et al.* (1992), ortalama ağırlıkları 1 gr olan *Sparus aurata* balıklarını soya yağı (SBO) ve morina balığı karaciğer yağı (CLO)'nın farklı oranları kullanılarak %12 yağ ihtiva eden 6 farklı diyeti 5 ay süre ile çalışmışlardır. Besleme periyodu sonunda büyüme performansı ve karaciğer fosfolipitlerinin yağ asidi kompozisyonunu

incelemişlerdir. Büyüme performansı en yüksek %6 CLO ile beslenen grupta gözlenmiştir. %6'dan daha az CLO içeren ve dolayısı ile esansiyel yağ asidi bakımından fakir gruplarda, yüksek derecede karaciğer yağlanması gözlenmiş, en yüksek HSI değerlerine bu grupta rastlanmıştır. Balıkların vücut yağ asidi kompozisyonu yemin yağ asidi profilinden direk olarak etkilendiği, Muamele gurupları içerisinde en yüksek DHA (22:6n-3) miktarının %10 CLO içeren grupta, en düşük ise %2 CLO diyeti ile beslenenlerde görüldüğünü ve çipuraların yemlerindeki minimum EPA (20:5n-3) ve DHA miktarının ise %0,9 olması gerektiği rapor edilmiştir.

Menoyo *et al.* (2005), ortalama ağırlıkları 2 gr olan Atlantik salmonları %25, %50, %75 ve %100 oranlarında keten tohumu yağı (LO) ihtiva eden diyetlerle, su sıcaklığı $9\pm 1^{\circ}\text{C}$ olan ortamda 12 hafta süre ile yemlemişler ve büyüme performansı, kas ve karaciğer dokularının yağ asidi kompozisyonu ve bazı lipogenik ve lipolitik enzim aktivitelerini belirlemişlerdir. Büyüme performansı, HSI, VSI ve yağ içeriği açısından istatistiki olarak fark belirlenmemiştir. Fakat hem karaciğer hem de kas dokusunun yağ asidi muhteviyatı bakımından farklılık olduğu bildirilmiştir. Diyetlerde linoleik asit (18:2n-6) ve linolenik asit (18:3n-3) miktarları yüksekten düşüğe doğru sırasıyla %100 LO, %75 LO, %50 LO, %25 LO, %0 LO diyetle beslenen gruplarda belirlenmiştir. Karaciğerden elde edilen yağ asidi kompozisyonu incelendiğinde nötral ve fosfolipit fraksiyonlarının her ikisinde de %25 ve %50 LO gruplarında, DHA (22:6n-3) ve EPA (20:5n-3) yağ asitlerinin üretiminin %75 LO ve %100 LO diyetleri ile beslenenlere göre daha yüksek olduğu, %100 balık yağı içeren grupta ise istatistiki açıdan önemli bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir. ARA (20:4n-6) bakımında incelendiğinde ise %25 ve %50 LO gruplarında %100 balık yağı içeren gruptan düşük değerlerinden ise yüksek miktarda olduğu bildirilmiştir.

Asdari *et al.* (2011), balık yağı (FO), soya yağı (SO), kuru hurma yağı (CPO) ve keten tohumu yağı (LO) içeren dört farklı yem ile 12 hafta besledikleri *Pangasius nasutus* balıklarının da büyüme performanslarına SO, CPO ve LO'nun aynı oranda etki ettiği, hatta kontrol grubuna göre daha iyi sonuçlara ulaşıldığı bildirilmiştir. Kas dokusunda

yapılan yağ asidi analizlerine göre SFA ve MUFA'nın en yüksek miktarları kuru hurma yağı ile beslenen grupta sırasıyla %47,04-%38,61, en düşük değerler ise keten tohumu yağı ile beslenenlerde (%34,7-%27,07) belirlenmiştir. PUFA oranları ise (%39) keten tohumu yağı ile beslenen gruplarda daha yüksek seviyede bulunmuştur. Dolayısıyla total PUFA değerleri arasındaki farkta önemli seviyede olmuştur. İlgili sonuçlar diyetlerde ki yağ kaynaklarının farklılığına bağlanmıştır.

Buzzi *et al.* (1996), gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'da yemlere balık ve zeytinyağı ilaveli çalışmada ($1-^{14}\text{C}$) 18:3 n-3 üzerinden ($1-^{14}\text{C}$) 20:5 n-3 üretimi ve diyetlerdeki 22:6 n-3 (DHA) eksikliğinde, bu yağ asidinin 18:3 n-3, 20:4 n-3, 20:5 n-3, 22:5 n-3 ve 22:6 n-3'e sentez üretimini araştırmışlardır. Çalışma sonunda DHA yağ asidi balık yağı ile hazırlanan diyetle %10,4±0,3, zeytinyağı ile hazırlanan diyetle ise %0,3±0,0 oranında olmasına karşın karaciğer dokusundan elde edilen fosfolipitler de sırasıyla %40,9±2,5 ve %18,2±1,7 olduğu belirlenmiştir. Dolayısı ile $\Delta 6$ desaturasyon, elangasyon aktivitesinin n-3 yağ asidi eksikliği bulunan diyetle beslenen uygulamada daha fazla olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar balık yağındaki yüksek DHA miktarının yağ asidi sentezini sınırladığını belirtmişlerdir.

Tocher *et al.* (2001), kahverengi alabalık, atlantik salmonunun ve aynı şekilde alp alabalığının iki farklı popülasyonunu %100 balık yağı içeren kontrol diyeti ve %50 keten ile kolza tohumu yağı içeren iki farklı diyetle 12 hafta beslemişlerdir. Çalışma sonunda balıkların karaciğerlerinde 18:3 n-3 yağ asidinden 22:6 n-3 yağ asidi sentezi sırasında desaturasyon ve elangasyon aktivitesini belirlemişlerdir. Atlantik salmonu ve alp alabalığının iki farklı popülasyonları arasında DHA, EPA ve ARA yağ asitleri bakımından her iki diyet ile beslenen balıklarda önemli bir farklılığın olduğu belirlenmemiştir. Ayrıca balıkların yağ asidi kompozisyonu beslendikleri diyetlerin yağ asidi içeriğini yansıttığı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. En yüksek desaturasyon ve elangasyon aktivitesi kahverengi alabalıkta, ikinci olarak Atlantik salmonunda, en az ise Alp alabalığında belirlemişlerdir. Ayrıca bitkisel yağ karması ile beslenen tüm gruplarda

desaturasyon ve elangasyon balık yağı ile beslenenlere göre daha yüksek çıktığı ve aradaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu bildirilmiştir.

Atlantik samonlarının %0, 10, 25, 50 ve 100 oranlarında balık yağına (FO) kolza tohumu yağı (RO) ikame ederek hazırlanan diyetler ile balıkların 17 hafta süre ile beslendiği araştırmanın sonunda gruplar arasında büyüme ve yem değerlendirme açısından farklılık olmadığı ve karaciğer, kas, kalp ve böbrek dokularında histopalojik lezyonların bulunmadığı bildirilmiştir. Diyetlerdeki RO oranının artması ile balıkların kas dokusunda 18:3 n-3, 18:2 n-6 ve 18:1 n-9'da arttığı, 20:5 n-3 ve 22:6 n-3'ün ise azaldığı rapor edilmiştir. Karaciğer yağ asidi profilindeki değişim kas dokusu ile benzerlik göstermiş, elangasyon ve desaturasyon aktivitesi ise diyetlerdeki kolza tohumu yağı oranına paralel arttığı anlaşılmıştır. Ayrıca %50 RO ikame edilen yemlerin salmonidler için kültür balıkçılığında kullanılmasının EPA ve DHA yağ asitleri ve et kalitesi bakımından uygun olduğu bildirilmiştir (Bell *et al.* 2001).

Zheng *et al.* (2004), atlantik salmonu diyetlerinde balık yağı yerine %25, 50, 75, 100 oranlarında keten tohumu yağı kullanılarak karaciğerde HUFA'nın biyosentezinde görev alan genlerin ekspresyonları üzerine etkilerini araştırmışlardır. Balık yemlerindeki keten tohumu yağı arttıkça buna paralel olarak, hem desaturasyon hem de elangasyon gen ekspresyonlarının arttığı görülmüştür. Tüm grupların 20. hafta gen ekspresyonları 40. hafta ekspresyonlarının yaklaşık iki katı kadar olduğu bildirilmiştir. Ayrıca diyetlerin yağ asidi içeriği HUFA sentezini etkilediği rapor edilmiştir.

Atlantik salmonları (ortalama ağırlıkları 50 gr) 3,7: 2: 1 oranlarında kolza, hurma ve keten tohumu ihtiva eden bitkisel yağ karması, balık yağına %75 ve 100 değerinde katılarak hazırlanan üç farklı yem ile 12 ay tatlı suda beslendikten sonra deniz suyuna transfer edilen balıklar 12 ay da bu ortamda denemeye tabi tutulmuşlardır. Çalışmadan elde edilen veriler, balıkların tatlı sudan tuzlu suya transferlerinden sonra HUFA sentezinin arttığını, en yüksek sentezin %75 ilaveli grupta görüldüğünü ve HUFA sentezinin hem yağ kaynağından hem de besleme periyodundan (6, 9, 12, 15, 18, 21,

24. aylar) etkilendiğini bildirmişlerdir. Delta 6 desaturasyon gen ekspresyonu 12. ve 13. aylarda yükselirken bu aydan sonra düştüğü ve en yüksek $\Delta 6$ ve $\Delta 5$ desaturasyon aktivitelerinin bitkisel yağ gruplarında balık yağı grubuna göre daha yüksek seviyede olduğu rapor edilmiştir. Araştırmanın 13. ayından sonra balıklarda elangasyon gen ekspresyon miktarının arttığı görülmüştür (Zheng *et al.* 2005).

Atlantik salmonları %0, 25, 50, 75 ve 100 oranlarında kolza tohumu ve ayrıca %50 oranında zeytinyağı ilaveli yemlerle 42 hafta beslenmiştir. Çalışma sonunda yapılan analizlerde $\Delta 5$ desaturasyon geninin ekspresyonu %75 RO grubunda kontrol grubuna nazaran önemli derecede yüksek çıktığı bildirilmiştir. Ayrıca FO grubunda $\Delta 5$ desaturasyon geninin ekspresyonu 22. hafta ve 42. haftada bir farklılık göstermezken RO grubunda ekspresyon 22. haftaya nazaran 42. haftada daha yüksek çıktığı bildirilmiştir (Jordal *et al.* 2005).

Pratoomyot *et al.* (2008), başlangıç ağırlıkları ortalama 0,8 gr olan atlantik salmonu (*Salmo salar*) balık yağı, kontamine olmamış balık yağı ve bitkisel yağ karması (kolza tohumu ve soya yağı) ile yağ asidi balansı yapılmış diyetler hazırlayarak beslemişler, balıkların kas ve karaciğer dokularının yağ asidi profili ile karaciğer dokusunda $\Delta 5/\Delta 6$ desaturasyon - elangasyon genlerinin ekspresyon derecelerini belirlemişlerdir. 18:3 n-3 ve 22:6 n-3 oranları sırasıyla balık yağı diyetinde (FO) %2,7±0,0 -11,6±0,2, kontamine olmayan balık yağı grubunda (DFO) %2,3±0,1-11,4±0,8, balık ve kolza tohumu yağı muamelesinde (SRO) %6,3±0,1- 4,3±0,0, balık yağı, kolza tohumu yağı ve soya yağı uygulamasında (SPO/SO) %5,1±0,1- 4,3±0,1, balık yağı ve soya yağında (SSO) %3,7±0,2- 4,2±0,0 olarak tespit etmişlerdir. Kas dokusunda 18:3 n-3 ve 22:6 n-3 sırasıyla FO grubunda %2,3±0,1-13,1±0,6, DFO grubunda %2,3±0,1-13,6±0,6, SRO grubunda %5,6±0,2-6,4±0,5, SPO/SO grubunda %5,4±0,2-6,7±0,2 ve SSO grubunda ise %3,2±0,1-7,5±0,5 olarak tespit etmişlerdir. Delta 6 ve $\Delta 5$ desaturasyon genlerinin ekspresyon oranı en yüksek 18:3 n-3 ihtiva eden SSO grubunda, en düşük ise FO grubunda belirlendiği bildirilmiştir. Araştırmada elangasyon geninin ekspresyon miktarı ile diyetlerin yağ asidi profilleri arasında bir ilişki olmadığı ifade edilmiştir.

Turchini *et al.* (2006), *Maccullochella peelii peelii* 'lerde tüm vücut yağ asidi balans metodu kullanarak yağ asitleri metabolizmasını araştırdıkları çalışmada, diyetlere kanola ve keten tohumu yağı katarak balıkları ortalama 22,5°C de 112 gün beslemişler ve keten tohumu yağı ile beslenen balıklarda kanola yağı grubuna göre daha fazla miktarda elangasyon, $\Delta 6/\Delta 5$ desaturasyon aktivitesi olduğu belirlenmişlerdir. Kanola yağı içeren yemle beslenen balıklarda ise diyetle alınan 18:2 n-6 yağ asidinin %54,4'ünün dokuda biriktiği, %38,5'inin oksidasyona uğradığı, %6,4'ünün ise elangasyon ve desaturasyona uğradığı anlaşılmıştır. Ketentohumu yağı grubunda ise diyetle alınan 18:3 n-3 yağ asidinin %52,9'unun dokuda biriktirildiği, %37'sinin oksidasyona uğratılarak enerji gereksinimi için kullanıldığı ve %8,6 miktarının elangasyon ve desaturasyon ile DHA üretiminde kullanıldığı belirlenmiştir. Bu verilere ilave olarak materyal balıkta enerji üretimi için sırasıyla 18:3 n-3, 18:2 n-6 ve 18:1 n-9'un tercih edildiği ve diyetlerde 18:3 n-3 arttıkça dokulardaki SFA birikiminin arttığı rapor edilmiştir.

Murray cod (*Maccullochella peelii peelii*) ile yapılan bir başka yağ asidi metabolizması çalışmasında balıklar balık yağı tabanlı kontrol diyetinin haricinde 18:3 n-3/18:2 n-6 (ALA/LA), 0,3, 0,6, 1,0, 1,6 ve 2,9 oranlarında beş farklı yemle 74 gün beslenmiştir. Araştırmada tüm vücut yağ asidi balans metodu kullanılarak yağ asidi metabolizmasını düzenleyen enzimlerin aktiviteleri hesaplanmıştır. Gruplar arasında en yüksek toplam β -oksidasyon değeri (2) en yüksek ALA/LA oranı olan grupta, en düşük oksidasyonda ALA/LA oranı(0,3) ile en düşük orana sahip grupta belirlendiği bildirilmiştir. Toplam desaturasyon aktivitesi bakımından gruplar arasındaki farklılığın istatistiki açıdan önemli olmadığı, fakat n-3 PUFA $\Delta 6$ desaturasyon aktivitesi diyetlerdeki n-3 PUFA özellikle ALA'nın azalmasıyla arttığı gözlenmiştir. Diğer taraftan n-6 PUFA $\Delta 6$ desaturasyon aktivitesi diyetlerdeki ALA miktarıyla paralellik gösterdiği rapor edilmiştir (Senadheera *et al.* 2011).

Kennedy *et al.* (2007), konjüge linoleik asit (CLA) ve tetradecylthioacetic asit (TTA) balık yağına belli oranlarda katılarak hazırlanan yemlerle beslenen grubun etinin

kimyasal bileşiminin kalitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar diyetlere katılan CLA ve TTA'nın yaşama gücüne, ağırlık kazancına, günlük büyüme ve yem değerlendirme oranına etki etmediğini görmüşlerdir. Karaciğer dokusundaki toplam PUFA (toplam n-3 PUFA ve 20:4n-6 (AA) oranı hem CLA hem de TTA ilaveli diyetlerle beslenen balıklarda arttığı belirlenmiştir. Ayrıca karaciğerdeki 20:5 n-3 ve 22:6 n-3 miktarı yeme katılan CLA ve TTA ile arttığı rapor edilmiştir. Diyetlere katılan TTA'nın karaciğer ve kas dokusunda sadece balık yağı içeren yemle beslenen gruba göre daha fazla karnitin palmitoyl transferaz (CPT-I) aktivitesi gösterdiği ifade edilmiştir. Ayrıca kas ve karaciğer dokularında CPT-I gen ekspresyonunun CLA ve TTA gruplarında balık yağı içerenlere göre daha yüksek olduğu ve farklılığın istatistiki açıdan önemli olduğu vurgulanmıştır. Yağ asidi $\Delta 6$ desaturasyon geni ekspresyon miktarı da yalnızca balık yağı içeren grupta CLA ve TTA içerenlere göre önemli derecede yüksek çıkarken, PUFA elangasyon geninin ekspresyonu CLA içeren diyetlerle beslenenlerde yüksek çıktığı rapor edilmiştir. Sonuç olarak diyetlere katılan CLA ve TTA'nın balık etinin besin kalitesine ve 22:6 n-3 ve 20:5 n-3 yağ asitleri seviyesine etki ettiğinden insan beslemesi üzerine fayda sağlayabileceği görüşünü aktarmışlardır.

Konjüge linoleik asitin balık yemlerinde kullanıldığı bir başka araştırmada ise çipura (*Sparus aurata*) yavruları %0, %2 ve %4 oranlarında CLA ilaveli diyetlerle beslenmiş, CLA'nın büyüme performansı, doku yağ asitleri kompozisyonu ve beslenme sonrası bazı metabolik değişimlerine etkileri araştırılmıştır. On iki hafta süren besleme çalışması sonunda en iyi büyüme ve yem değerlendirme oranı diyetlerinde CLA ihtiva etmeyen kontrol grubunda gözlenmiştir. Diyetlerde CLA miktarı azalmasıyla karaciğerde, hem elangasyon hem de desaturasyon mRNA ekspresyonunun azaldığı belirlenmiştir. Ayrıca G6PD aktivitesi elangasyon ve desaturasyon mRNA ekspresyonuna paralel olarak, diyetteki CLA miktarı arttıkça azaldığı rapor edilmiştir (Diez *et al.* 2007).

Tocher *et al.* (2006), plankton ve balıkla beslenen iki farklı alp alabalığı (*Salvelinus alpinus*) popülasyonuna, balık ve engerek otu yağı ilaveli yemlerle 16 hafta beslemişlerdir. Araştırmada 18:4 n-3'ce zengin olan engerek otu yağı, 18:3 n-3'den DHA'nın sentez yolunun, ikinci basamak yağ asidi olması sebebiyle kullanılmış olup sentez basamağını kısaltarak desaturasyon ve elangasyon aktivitesini çalışmışlardır. Engerek otu yağı grubunda 18:2 n-6, 18:3 n-3, 18:3 n-6, 18:4 n-3, 20:3 n-6 ve 20:4 n-3 miktarları hem karaciğerde hem de kas dokusunda muamelelerden bağımsız arttığını tespit etmişlerdir. Buna karşın EPA ve DHA'da azalma olduğu açıklanmıştır. Balık yağı grubunda planktonla beslenen popülasyonda 18:3 n-3 ve EPA üretimi yani HUFA sentezi balıkla beslenen popülasyona göre istatistiki açıdan önemli derecede yüksek çıkmıştır. Engerek otu yağı grubunda ise balıkla beslenen grupta HUFA sentezi artış gösterirken bu durumun planktonla beslenen popülasyonda görülmediği anlaşılmıştır. Daha önceki çalışmalarda bitkisel kaynaklı yağlarla beslenen balıklarda HUFA sentezi yani $\Delta 6$ desaturasyon ve elangasyon aktivitesi artarken bu çalışmada balık yağı grubuna göre daha düşük olduğuna dikkat çekilmiştir.

Atlantik salmonu yemlerine stearidonik asitçe (18:4n-3) zengin engerek otu yağı, ilave edilerek yağ asidi sentez yolunun ilk basamağı olan 18:3 n-3'den 18:4 n-3'nin desaturasyonu bay pas edilerek sentez yolunun kısaltılması amaçlanmıştır. Diğer diyetlere ise kontrol olarak balık yağı ve 18:3 n-3'ce zengin bir kaynağı olan kanola yağı kullanılmıştır. On iki hafta beslenen balıklardan alınan karaciğer örneklerinde elangasyon geninin ekspresyonu 18:4 n-3 yağ asidi ile beslenenlerde yüksek olduğu araştırmacılar tarafından belirlenmiştir. Çalışmanın ana konusu olan $\Delta 5$ ve $\Delta 6$ desaturasyon gen ekspresyonu en düşük balık yağında, en yüksek ekspresyon ise kanola yağı ile beslenen balıklarda belirlendiği, engerek otu yağı grubunda ise yağ asidi sentez yolunda, desaturasyonun birinci basamağının atlanması ile kanola yağı grubundan daha düşük $\Delta 5$ ve $\Delta 6$ desaturasyon gen ekspresyonu belirlenmiştir (Miller *et al.* 2008).

Bitkisel kaynaklı yağların diyetlerde kullanıldığı bir başka çalışmada ortalama ağırlıkları 132 gr olan atlantik salmonları $7,9 \pm 0,1^\circ\text{C}$ su sıcaklığı, 18 saat aydınlık, 6 saat

karanlık koşullarında 16 hafta beslenmişlerdir. Çalışmada balık yağına (FO) alternatif olarak kullanılan soya yağı (SO), keten tohumu yağı (LO) ve kolza tohumu yağı (RO) gruplarında HSI, VSI, FCR, ve SGR değerleri bakımında farklılığın istatistiki açıdan önemli olmadığı fakat FO ve RO ile beslenen grupların ağırlık kazancının LO ve SO ile beslenenlere göre yüksek olduğu bildirilmiştir. Karaciğer dokusunda en yüksek DHA miktarının FO grubunda en düşük değer ise LO grubunda olduğu ve bitkisel orijinli yağ ile beslenen gruplar arasında 22:6 n-3 yağ asidi bakımından farklılığın olmadığı belirlenmiştir. Diğer bir önemli yağ asidi olan EPA ise en yüksek FO grubunda en düşük ise SO grubunda belirlenmiştir. Araştırmada en yüksek HUFA sentezinin LO, en düşük ise FO grubunda olduğu, bunun ise LO yağının yüksek miktarda 18:3 n-3 yağ asidi ihtiva etmesinden kaynaklandığı bildirilmiştir. HUFA sentezinin aksine fatty açıl $\Delta 6$ desaturase gen ekspresyonu bitkisel kaynaklı yağlar içerisinde en yüksek PO (3,994), en düşük oranının ise LO (2,809) grubunda olduğu rapor edilmiştir (Leaver *et al.* 2008).

Izquierdo *et al.* (2008), farklı yağ (sardalya, soya, keten ve kolza tohumu yağı) içeren yemlerle beslenen çipura larvalarında yağ asidi kompozisyonu ve $\Delta 6$ desaturasyon geninin ekspresyon derecesini belirlemişlerdir. Gruplar arasında yaşama oranı ve ağırlık kazancı bakımından farklılık belirlenmediği, bitkisel yağ ile hazırlanan diyetlerle beslenen çipura larvalarında 20:2 n-9, 20:2 n-6, 18:2 n-9, 18:3 n-6, 20:3 n-6 ve 20:4 n-6'nın balık yağı içeren gruba göre daha fazla olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca larvalarda yapılan $\Delta 6$ desaturasyon gen ekspresyon oranları, balık yağı grubunda 1,171, keten tohumu yağı grubunda 2,849, soya yağı grubunda 7,013 ve kolza tohumu yağı grubunda ise 7,941 olarak belirlenmiştir. Soya ve kolza tohumu yağı gruplarında $\Delta 6$ desaturasyon geni ekspresyonunun diğer gruplara göre 6 misli fazla olması metabolizmada besinsel ihtiyacın bir gereği olarak ifade edilmiştir.

Panserat *et al.* (2008a), gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), balık yağı içeren ve içermeyen iki farklı yem ile 18°C de 7 hafta süresince büyütüldüğü araştırmada bazı karaciğer genlerinin ekspresyonunu üzerinde durulmuştur. Çalışma sonucunda balık

yağı içermeyen yemle beslenen balıklarda, yağ asidi sentez geninin ekspresyonundan elde edilen verilere göre, yüksek derecede lipit biyosentezi ve asetil-CoA oksidase geninin ekspresyon derecesine göre de düşük lipit katabolizması rapor edilmiştir.

Turchini and Francis (2009), gökkuşağı alabalıklarını $12\pm 1^{\circ}\text{C}$ de 72 gün süreyle balık (FO) ve keten tohumu yağı (LO) ihtiva eden yemlerle besleyerek, yağ asidi kompozisyonu ve tüm vücut yağ asidi balans metodu kullanarak desaturasyon, elangasyon ve β -oksidasyon miktarlarını belirlemişlerdir. LO grubunda yağ asitlerinin $\Delta 5/\Delta 6$ desaturasyonu ve oksidasyonunun balık yağı grubuna göre daha yüksek olduğu buna paralel olarak DHA ve EPA üretiminin yaklaşık 2-3 kat daha yüksek çıktığı gözlemlenmiştir. Dokularda diyetlerle sağlanan yağ asitlerinde büyük miktarda azalma gözlenirken uzun zincirli yağ asitlerinin birikimi diyetler tarafından etkilenmediği ve SFA ve HUFA'nın diyetlerle alındığı bildirilmiştir. Ayrıca balıklar FO ile alınan 20:5 n-3 yağ asidinin %53,8'lik kısmı dokularda depolanırken %14,7'lik miktarı enerji üretimi için ve %31,6'sı ise 22:6 n-3 yağ asidine dönüştürülmek için kullanılmışlardır. Aynı şekilde LO' ile alınan 18:3 n-3 yağ asidinin %58,1'lik oranı dokuda depolandığı, %29,5'inin enerji ihtiyacı için kullanıldığı ve %12,4'lük kısmının ise 22:6 n-3'ün üretildiği rapor edilmiştir.

Francis *et al.* (2009), yaptıkları araştırmada, diyetlerdeki C_{18} PUFA seviyesinin yağ asitleri metabolizması üzerine etkilerini kod balığında araştırmışlar, ortalama ağırlıkları $70,08 \pm 0,42\text{g}$ olan balıklar $24,7^{\circ}\text{C}$ de 4,5 ay süresince farklı oranlarda bitkisel yağ karmaları içeren yemlerle beslenmişlerdir. Araştırmacılar hazırladıkları beş farklı diyetle farklı oranlarda 18:3 n-3, 18:2 n-6 ve 16:0 katarak yağ asidi dengelemesi yapmışlardır. Balık yağı içeren diyetlerle beslenen kontrol grubunda ağırlık kazancı bitkisel yağ karması gruplarından yüksek olduğu ve bu farklılığın istatistiki açıdan önemli bulunduğu belirlenirken, bitkisel yağın farklı oranlarının ve kaynaklarının büyümeye etki etmediği rapor edilmiştir. Gruplar arasında yem değerlendirme açısından farklılığın istatistiki açıdan önemli olmadığı görülmüştür. Balıkların tüm vücutlarında yapılan yağ asidi analizlerinde DHA (22:6 n-3), EPA (20:5 n-3) ve ARA(20:4 n-6)

miktarı, kontrol grubunda diğer gruplara göre yüksek, bitkisel yağ kaynağı ve miktarlarının farklı olduğu gruplarda ise istatistiki açıdan benzer olduğu belirlenmiştir. Gruplar arasında hem n-3 PUFA hem de n-6 PUFA miktarları açısından farklılıkların olduğu bu durumun beslendikleri yemin yağ asidi kompozisyonundan kaynaklandığı bildirilmiştir. Ayrıca çalışmada $\Delta 6$ desaturasyon ve elangasyon aktivitelerini matematiksel metot kullanarak belirlemişlerdir. Desaturasyon aktivitesi diyetlerdeki 18:3 n-3 ve 18:2 n-6 miktarı azaldıkça azaldığı, buna karşın miktarları arttıkça artmış, elangasyon aktivitesi ise diyetteki C₁₈ PUFA içeriğinden bağımsız olduğu rapor edilmiştir.

Panserat *et al.* (2009), bitkisel kaynaklı un ve yağ içeren diyetlerle besledikleri gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavrularında karaciğer transkripsiyon analizleri yapmışlardır. Çalışmada diyetlere balık unu (FM) yerine soya unu (SM), balık yağı (FO) yerine ise bitkisel yağ karışımı (%11,6 kolza tohumu yağı, %7 hurma yağı, %4,6 keten tohumu yağı ve %1 lesitin) ikame edilerek ortalama ağırlıkları 121±2 g olan balıklar 17±1°C de 66 gün süre ile denemeye alınmışlardır. En son verilen yemlemeden 8 saat sonra alınan örneklerde mRNAs elde edilerek cDNA'ları hazırlanmıştır. İki gruptan 96 tanesi yoğun ekspresse, 80 adeti ise düşük ekspresse durumunda olmak üzere farklı görevlere sahip toplam 176 adet karaciğer geni belirlendiği bildirilmiştir. Belirlenen genlerin %57'sinin metabolizmada, %21'inin hücresel faaliyetlerde ve %10'unun taşımada görev aldığı anlaşılmıştır. Karaciğerden belirlenen genlerin ise %21'inin yani 37 genin lipid sentezinde görev aldığını görülmüştür. Ayrıca araştırmada sonuç olarak bitkisel kaynaklı hammaddeler ile hazırlanan diyetle beslenen grupta daha düşük büyüme, yem değerlendirme ve protein etkinlik oranlarının görüldüğü bildirilmiştir.

Güler and Yıldız (2011), ortalama ağırlıkları 89±1,1gr olan gökkuşağı alabalıklarında yaptıkları bir çalışmada pamuk tohumu yağını farklı oranlarda (%25, 50, 75 ve 100) yeme katarak balık yağına alternatif bir bitkisel yağ kaynağı olarak kullanılabilirlikleri araştırılmıştır. Deneme 60 gün süresince 10,2°C'de yürütülmüş olup en yüksek ağırlık

kazancı (151,6±3,18) ve en iyi yem değerlendirme oranı (1,3) %50 pamuk tohumu yağı ihtiva eden grupta belirlendiği bildirilmiştir. Balık kaslarından yapılan yağ asidi analizleri dokuların beslendikleri diyetlerden direk olarak etkilendiğini göstermiştir. Balık yağı ile hazırlanan diyetle DHA (22:6n-3) yağ asidi miktarı %12 iken bu yemle beslenen balıklarda %14 ±0,06 olarak, %25 pamuk yağı yeminde %8,8±0,05 iken balıklarda %10,7±0,04, %50 pamuk yağı yeminde %5,6±0,03 balıklarda ise %6,1±0,02, %75 grubu yemde %2,9±0,02, balığında %4,6±0,01 son grupta (%100) yemde %1,5±0,06 balıklarında ise %3,1±0,04 olarak belirlenmiştir. Yemdeki DHA miktarı azaldıkça balığın 18:3n-3 yağ asidinden ihtiyacı olan 22:6n-3'ü karşılamak için daha fazla $\Delta 6$ desaturasyon ve elangasyon enzimlerini kullanarak sentez yaptığı görülmüştür.

Mourente *et al.* (2005), levrek (*Dicentrarchus labrax*) balıklarını 64 hafta %60 balık yağı %40 bitkisel yağ karması (kolza tohumu, keten tohumu ve hurma yağı) ile hazırlanan yemlerle beslemişler ve balıkların karaciğer ve pilorik keselerinde 18:3n-3 yağ asidinden EPA yağ asidinin üretimi sırasında oluşan desaturasyon, elangasyon ve β -oksidasyon miktarı belirlenmiştir. Karaciğer dokusunda tüm gruplarda $^{14}\text{C}18:3n-3$ desaturasyon oranı düşük olup farklılığın istatistiki açıdan önemsiz olduğu belirtilmiştir. Ayrıca bağırsak dokusunda desaturasyon miktarının karaciğer dokusuna nazaran yüksek olduğu fakat farklılığın istatistiki açıdan önemli olmadığı bildirilmiştir. Ayrıca $^{14}\text{C}18:3n-3$ ve $^{14}\text{C}20:5n-3$ β -oksidasyon oranının desaturasyon miktarından yüksek olduğu ve karaciğer ile bağırsak dokusundaki miktarının istatistiki olarak farklı olmadığı belirlenmişlerdir. Balıkların karaciğerlerinde yapılan yağ asidi analizlerinde balık yağı grubunda DHA miktarı %10,2±1,6 iken bitkisel yağ karması grubunda sırasıyla %5,4±1,8 ve 4,2±0,9 olarak belirlenmişler. Benzer şekilde EPA miktarı da balık yağında (%6,2±0,7) bitkisel yağlara (%3,2±1,0 ve 2,5±0,6) göre iki kat daha fazla olduğu bildirilmiştir.

González-Rovira *et al.* (2009), levrek (*Dicentrarchus labrax*) balıklarına balık yağı, kolza tohumu, keten tohumu ve zeytinyağı içeren dört farklı diyetle besleyerek balıkların karaciğerlerinde $\Delta 6$ desaturasyon geninin ekspresyon miktarı belirlenmişlerdir.

Çalışma sonunda bitkisel yağ ile beslenen gruplar arasında $\Delta 6$ desaturasyon geninin ekspresyon miktarı istatistiki açıdan farklılık göstermezken balık yağı grubunda düşük olduğu ve farklılığın istatistiki açıdan önemli olduğu bildirilmiştir.

Avrupa levrek balığında Geay *et al.* (2010) tarafından yapılan araştırmada bitkisel kaynaklı hammaddelerin yağ asidi desaturase 2 (FADS2), sterol bağlayıcı düzenleyici 1 (SREBP-1) ve peroksizom proliferatör aktive reseptör (PPAR α) genlerinin ekspresyonu üzerine etkilerini araştırmışlardır. Hem karaciğerde hem de bağırsakta FADS2 ve SREBP-1 genlerinin ekspresyonu keten tohumu yağı ile beslenen grupta yüksek bulunmuşken PPAR α genin ekspresyonu balık yağı grubunda yüksek olduğu bildirilmiştir. Bitkisel yağların EPA ve DHA yağ asitlerinden yoksun olması hem karaciğer hem de bağırsak dokusunda FADS2 geninin ekspresyonundaki artışı teşvik ettiği bildirilmiştir.

Teoh *et al.* (2011), iki farklı tilapiya genotipi üzerinde yaptıkları çalışmada balıkları 14 hafta boyunca balık yağı ve bitkisel yağ ğ karması (%15 ayçiçeği yağı, %15 zeytin yağı, %30 keten tohumu yağı ve %40 hurma yağı) ile beslemişlerdir. Genel itibariyle çalışma sonunda genotip farklılığın ve farklı yağ kaynaklarının sindirilebilirlik üzerine önemli bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Fakat her genotipte tilapiyaların tüm vücutlarında yağ asidi kompozisyonu diyetlerin lipid kaynaklarından önemli derecede farklı olduğu belirlenmiştir. Balıkların n-3 ve n-6 PUFA ihtiva etmeyen bitkisel yağ karması ile beslenmesine rağmen dokularda önemli miktarda n-3 ve n-6 PUFA bulunmuştur. Araştırmacılar bu veriler ışığında kültür tilapiyaların n-3 LC-PUFA'ları üretebildiğini rapor etmişlerdir. Tüm vücut yağ asidi balans metodu kullanılarak belirlenen toplam β -oksidasyon, $\Delta 5$ ve $\Delta 6$ desaturasyon dereceleri balık yağı içeren grupla karşılaştırıldığında bitkisel kaynaklı yağ karması ile beslenen gruptan önemli derecede yüksek çıkmıştır. Ayrıca hem farklı yağ kaynaklarının hem de tilapiyaların genotipinin elongasyon aktivitesini önemli derecede etkilediğini ortaya çıkarmışlardır.

Ling *et al.* (2006), balık diyetlerinde farkı HUFA seviyesinin kılıçkuyruk balığı (*Xiphophorus helleri*)’nda üreme performansı, kas, karaciğer, gonat dokularında ve yavrularda yağ asidi kompozisyonu ile elangasyon ve $\Delta 6$ desaturasyon mRNA ekspresyonunu üzerine etkilerini araştırmışlardır. Yirmi altı hafta %100 mürrekkep balığı yağı (SO), %100 keten tohumu yağı (LO) ve %50 SO/%50 LO olmak üzere hazırlanan üç farklı HUFA seviyesi içeren diyetlerle beslenen balıklarda en iyi üreme performansı karma yem ile beslenen grupta belirlenmiştir. Kas, karaciğer ve gonatların yağ asidi profilinin diyetleri yansıttığını bildirmişlerdir. Keten tohumu yağı ile beslenen grupta DHA, EPA ve ARA yağ asitleri miktarının diğerlerine göre düşük olduğu görülmüştür. Ayrıca diyetlerdeki ARA yağ asidi miktarı arttıkça üreme performansının attığı tespit edilmiştir. Kas, karaciğer ve gonat dokularında $\Delta 6$ desaturasyon mRNA ekspresyon miktarı diyetlerdeki HUFA miktarının azalmasına bağlı olarak arttığı, fakat bu durumun elangasyon mRNA ekspresyonunda gözlenmediği rapor edilmiştir.

Yağ asidi metabolizması üzerine *Diplodu puntazzo* balıklarında yapılan araştırmada balıklar HUFA içeriği yüksek balık yağı, linoleik asitçe zengin soya yağı ve yüksek oranda linolenik asit ihtiva eden keten tohumu yağı kullanılarak hazırlanan üç farklı yeme $23,5 \pm 1,2^{\circ}\text{C}$ su sıcaklığında 268 gün beslenmişlerdir. Deneme sonunda karaciğer ve bağırsak dokularında yağ asidi profili, elangasyon, desaturasyon ve β -oksidasyon aktiviteleri belirlenmiştir. İnce tabaka kromatografisi kullanılarak yapılan ayırımında gruplar arasında elangasyon ve desaturasyon aktivitesi açısından farklılığın istatistiksel açıdan önemli olmadığı, karaciğerde keten tohumu yağı grubunda β -oksidasyon aktivitesinin diğerlerine göre düşük olduğu rapor edilmiştir (Almaida-Pagan *et al.* 2007).

Francis *et al.* (2007), bir tatlı su balığı olan *Maccullochella peelii peelii*’nin farklı yağ kaynakları içeren diyetlere karşı yağ asidi metabolizmasındaki değişiklikleri araştırmışlardır. Balıklar kontrol grubu olarak balık yağı ve %25, 50, 75 ve 100 oranlarında balık yağına ikame bitkisel yağ karması (%12 zeytin, %43 hurma ve %45 keten tohumu yağından oluşan) kullanılarak hazırlanan diyetler ile 98 gün

beslenmişlerdir. Araştırma tamamlandığında en yüksek ağırlık kazancı balık yağı grubunda görülmesine rağmen %25, 50 ve 75 bitkisel yağ karması grupları arasında istatistiki açıdan farklılık olmadığı ancak %100 bitkisel yağ grubu arasındaki farklılığın önemli olduğu tespit edilmiştir. Balıkların tüm vücut yağ asidi profilleri beslendikleri yemlerin yağ asidi içeriğini yansıttığını ve SFA miktarının gruplar arasında farklılık göstermediği DHA oranının ise diyetlerdeki bitkisel yağ kaynağı arttıkça sırasıyla 121,9±2,2, 99,4±2,1, 81,8±0,7, 68,8±2,4, 38,9±2,1 olacak şekilde azaldığı bildirilmiştir. Bu durum EPA ve ARA yağ asitlerinde dolayısı ile toplam HUFA miktarında da görüldüğü bildirilmiştir. 18:2n-6 ve 18:3n-3 yağ asitlerinden başlayan sentez yolunda $\Delta 6$ desaturasyon aktivitesi diyetlerdeki balık yağı oranının azalması ile arttığı, elangasyon aktivitesi ise 18:3n-3 yağ asidi sentez yolunda paralellik arz ederken 18:2n-6 yağ asidi sentezinde %25 bitkisel yağ içeren grupta balık yağından daha az çift bağ aktivitesi belirlendiği bildirilmiştir.

Deniz kedisi balığı (*Siganus canaliculatus*) dört farklı yağ asidi kompozisyonuna (D1 : %23,49 HUFA içeren balık yağı, D2: %0 HUFA %21,1 18:2n-6 ve %0,38 18:3n-3 yağ asidi içeren aspir yağı, D3: %0 HUFA %13,99 18:2n-6 ve %11,64 18:3n-3 yağ asidi içeren perilla, D4: HUFA içermeyen ve %18,31 18:2n-6 ve %5,82 18:3n-3 yağ asidi içeren perilla ve aspir yağı karışımı) sahip yemlerle 9 hafta acı suda ve deniz suyunda beslenmiştir. Çalışma sonunda balıkların iki farklı su ortamının ve diyetlerin ağırlık kazancına, yem değerlendirme oranına, spesifik ağırlık kazancı ve protein dönüşüm oranına etki etmediği bildirilmiştir. Fakat karaciğer dokusu yağ asidi kompozisyonu incelendiğinde hem farklı diyetlerden hem de farklı orandaki tuzlu su ortamından etkilendiğini gözlemlemişlerdir. Her iki tuz ortamında da D2-D4 diyetleri ile beslenen grupların karaciğer dokularının 20:4n-6 yağ asidi miktarı D1 gurundan yüksek bulunmuştur. Az tuzlu ortamda DHA, DPA (dokosapentaenoik asit) ve EPA yağ sitleri miktarına diyetlerin etki etmediği ancak deniz suyunda bu durum D3 grubunda EPA ile benzerlik gösterirken DHA ve DPA miktarlarının düşük olduğu rapor edilmiştir. Altıncı ve dokuzuncu haftalarda yapılan $\Delta 6$ desaturasyon geninin ekspresyon dereceleri belirlenmiş ve her iki tuzlulukta da HUFA içermeyen yemlerle beslenen gruplara da bu gen mRNA seviyesinin yüksek olduğu belirtilmiştir. Ayrıca az tuzlu ortamda HUFA

sentezinin ve buna paralel olarak Δ -6 desaturasyon geninin ekspresyon miktarının deniz suyuna oranla yüksek olduğu rapor edilmiştir (Li *et al.* 2008).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma yeri ve süresi

Araştırma Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölümü Akvaryum Balıkları Üretim ve Araştırma Merkezi'nde yürütülmüştür. Deneme, 2 Mayıs-25 Temmuz 2010 tarihleri arasında yürütülmüştür. Araştırmada kullanılan balık ve yem materyallerinin analizleri Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Mühendisliği Besleme ve Kromatografi Laboratuvarın da yapılmıştır.

3.1.3. Balık materyali

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Alabalık Üretim Tesislerinden temin edilen toplam 960 adet Gökkuşuğu alabalığı (*Onchorhynchus mykiss*) kullanılmıştır. Denemeye alınan balıklar aynı döneme ait olup ortalama $1,10 \pm 0,5$ gr ağırlığa sahiptir.

3.1.4. Su materyali

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Alabalık Araştırma Merkezi'ndeki mevcut kaynak suyu dinlenme tankından alındıktan sonra arzu edilmeyen gazlardan arındırılarak plastik boru ile Akvaryum Balıkları Üretim ve Araştırma Ünitesi'ndeki araştırma parsellerine alınmıştır. Yapılan ölçümlerde su sıcaklığı birinci ünite de $10,6 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ ikinci deneme ünitesinde ise $16 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ olarak ölçülmüştür. Ölçümler günlük yapılmış ve su miktarı Aras vd (2000)'nin 1000 adet alabalık yavrusu için belirttikleri 1lt/dak su tanklara verilmiştir. Deneme ünitelerimde kullanılan suyun kimyasal analiz sonuçları Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneme Ünitelerinde Kullanılan Suyun Kimyasal Analiz Sonuçları

Parametre	Değer
O ₂	7,60 mg/lt
pH	6,90
SO ₄ ⁼ (S)	1,80 mg/lt
PO ₄ ⁻ (P)	0,48 mg/lt
NO ₃	3,54 mg/lt
NO ₂	Eser
CO ₃ ⁼	Eser
CO ₂	5,00 mg/lt
O ₃	2,11 mg/lt
Toplam Sertlik	10,3 FSD
İletkenlik	205 (EC. 10µ Simens)

3.1.5. Yem materyali

Denemede 4 farklı yem 3 değişik yağ kaynağı kullanılarak kazein ve jelatin tabanlı hazırlanmıştır. Araştırma diyetlerinde balık (Morina balığı karaciğer yağı), soya ve ketentohumu yağları kullanılmıştır. Diyetlerde kullanılan malzemeler, jelatin (MP-960317), kazein (MP-904798), dekstrin (MP-901520), balık (MP-960120), soya (MP-104687), keten tohumu (MP-960122) yağları, L-arginine (MP-194626), L-methionine (MP-194707), L-lysine (MP-194696), kolin klorid (MP-101386), karboksimetil selüloz sodyum tuzu (CMC), mineral karışımı (Bernhart Tomarelli, MP-902843) kodları ile Mp-Bio firmasından, vitamin karışımı belirlenen oranlarda Roche firmasından karışım halinde Mp bviomedikal firmasından tedarik edilmiştir. Araştırmada kullanılan balık diyetleri Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Farklı yağ kaynakları (Balık yağı, soya yağı ve ketentohumu yağı) ile hazırlanan araştırma diyetleri.

İçerik (%)	Yağ Kaynakları			
	D1	D2	D3	D4
Kasein (vitaminsiz)	41.3	41.3	41.3	41.3
Jelatin	7.53	7.53	7.53	7.53
Dekstrin	6.72	6.72	6.72	6.72
Buğday Unu	16.1	16.1	16.1	16.1
CPSP 90	5.26	5.26	5.26	5.26
Balık Yağı	15.00	0	0	0
Soya Yağı	0	15.00	0	7,50
Keten Tohumu Yağı	0	0	15.00	7,50
Vitamin Karışımı ²	4.08	4.08	4.08	4.08
Mineral Karışımı ³	3.06	3.06	3.06	3.06
Askorbik Asit ⁴	2.00	2.00	2.00	2.00
CMC	2.04	2.04	2.04	2.04
L-arginine	0.50	0.50	0.50	0.50
L-methionine	0.38	0.38	0.38	0.38
L-lysine	0.60	0.6	0.60	0.60
Kolin Klorid (%99)	0.97	0.97	0.97	0.97
Besin Madde İçeriği (%)				
Ham Protein	65,90	64,60	65,20	64,90
Ham Yağ	15,80	15,50	15,10	15,50
Kül	5,40	5,60	5,20	5,70
Nem	7,20	8,60	8,80	8,30

D1: %100 Balık Yağı (Balığı yağı), D2: %100 Soya Yağı, D3: %100 Keten Tohumu Yağı, D4: %50 Soya Yağı- %50 Keten Tohumu Yağı.

¹ CPSP 90: Balık protein konsantrasyonu (%82-84 ham protein, %9-13 ham yağ içerir.), Sopropêche S.A., Boulogne-sur-mer, Fransa.

² Roche Performance Premix (Hoffman-La Roche, INC., Nutley, N.J., USA), her bir gramında; vitamin A, 2645,50 IU; vitamin D3, 220,46 IU, vitamin E, 44,09 IU; vitamin B₁₂ 13 mg; riboflavin,13,23 mg; niacin, 61,73 mg; d-pantothenic asit, 20,05 mg; menadione, 1,32 mg; folik asit, 1,76 mg; tiyamin, 7,95 mg ve d-diyotin, 0,31 mg.

³ Bernhart Tomarelli mineral karışımı (ICN Pharmaceuticals, Costa Mesa, CA, USA), 100g bileşiminde: 2,1g kalsiyum karbonat, 73,5g kalsiyum fosfat dibazik, 0,227g sitrik asit, 0,046g bakır sitrat, 0,558g demir sitrat, 2,5g magnezyum oksit, 0,835g magnezyum sitrat, 0,001g potasyum iyodür, 8,1g potasyum fosfat dibazik, 6,8g potasyum oksit, 3,06g sodyum klorid, 2,14g sodyum fosfat ve 0,133g çinko sitrak.

3. 2. Metot

3.2.1. Deneme düzeni

Araştırma 10°C ve 16°C olmak üzere iki farklı sıcaklık uygulaması yapılarak dört farklı yağ içeriğine sahip yemler kullanılmış ve 50 lt hacimli 24 parsellik deneme ünitesinde

(Şekil 3.1) toplam 960 adet gökkuşuğu alabalığı (*Onchorhynchus mykiss*) her parsele 40 adet dağıtılarak düzenlenmiştir.



Şekil 3.1. Araştırmada kullanılan deneme üniteleri.

3.2.2. Denemede kullanılan yemlerin hazırlanması

Denemede kullanılan yemler balık yağı ve iki farklı (soya ve keten tohumu yağı) bitkisel yağ kaynağı kullanılarak hazırlanmıştır. Yemlere %15 yağ ilave edilmiştir. Birinci deneme grubuna (D1) %100 balığı yağı, D2 grubuna %100 soya yağı, D3 grubu yeme %100 keten tohumu yağı ve D4 grubu yeme ise %50 soya yağı, %50 keten tohumu yağı ilave edilerek formülize edilmiştir. Araştırmada kullanılan yağlar MP-bio firmasından temin edilmiştir. Yemlerin hazırlanması için Çizelge 3.2. de verilen yem maddeleri ayrı kaplara tartılmıştır. Her grup yem farklı günlerde hazırlanmış olup yağ ve karboksimetil

selüloz hariç tüm yem maddeleri homojen bir şekilde karıştırılmıştır. Karıştırıcıda 30 dakika karıştırıldıktan sonra karboksimetil selüloz su içerisinde çözülerek karışım üzerine azar azar ilave edilmiştir. Bu arada yağ azar azar ilave edilerek hamur kıvamına gelinceye kadar karıştırılmıştır. Daha sonra kıyma makinesinden geçirilen yem pelet haline getirilerek -20°C de depolanarak dondurulmuş daha sonra 20 saat süresince liyofilizatörde tutulan yemlerden su uzaklaştırılarak kurutulmuştur. Elde edilen yem 2000µ, 1000µ, 800µ, 500µ ve 300µ'luk eleklerden geçirilerek balıkların alabileceği boyuta getirilmiştir.

Araştırmada kullanılan diyetlerin besin madde kompozisyonları ve yağ asidi profilleri Çizelge 3.3'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Deneme diyetlerinin yağ asidi kompozisyonu (%).

Yemler	D1	D2	D3	D4
14:0	7,22	0,33	0,27	0,40
15:0	0,58	0,04	0,05	0,06
16:0	17,38	10,33	5,87	8,23
17:0	0,30	0,01	0,01	0,02
18:0	3,23	3,97	3,37	3,71
20:0	2,48	0,07	0,06	0,11
22:0	0,25	0,00	0,08	0,14
Σ SFA	31,45	14,76	9,72	12,67
14:1	0,22	0,01	0,01	0,01
15:1	0,09	0,06	0,01	0,01
16:1 n-7	10,77	0,31	0,20	0,39
17:1	0,70	0,04	0,01	0,01
18:1 n-9	8,07	22,11	15,62	19,03
18:1 n-7	3,42	1,91	1,02	1,59
20:1 n-9	1,19	0,34	0,25	0,40
20:1 n-11	0,20	0,26	0,09	0,14
22:1 n-9	0,55	0,00	0,00	0,00
24:1 n-9	0,35	0,00	0,00	0,00
Σ MUFA	25,57	25,04	17,22	21,57
18:3 n-3	1,84	7,88	54,45	30,94
18:4 n-3	0,29	0,01	0,00	0,00
20:3 n-3	0,16	0,00	0,05	0,02
20:4 n-3	1,42	0,00	0,01	0,02
20:5 n-3	15,2	0,47	0,20	0,37
22:5 n-3	3,04	0,00	0,00	0,00
22:6 n-3	11,08	0,43	0,36	0,59
Σ n-3 PUFA	33,02	8,80	55,08	31,94
18:2 n-6	3,25	50,90	17,48	33,32
18:3 n-6	0,57	0,24	0,17	0,20
20:2 n-6	0,24	0,01	0,09	0,05
20:3 n-6	0,27	0,02	0,04	0,01
20:4 n-6	1,56	0,00	0,07	0,03
Σ n-6 PUFA	5,89	51,17	17,85	33,60
16: 2 n-4	2,19	0,15	0,09	0,14
16: 3 n-4	1,90	0,08	0,05	0,08
Σ n-3/Σ n-6	5,61	0,17	3,09	0,95
Σ HUFA	32,96	0,94	0,82	1,09
EPA+DHA	26,28	0,91	0,57	0,96

D1: %100 Balık Yağı (Balığı yağı), D2: %100 Soya Yağı, D3: %100 Keten Tohumu Yağı, D4: %50 Soya Yağı- %50 Keten Tohumu Yağı.

3.2.3. Balıkların bakımı ve beslenmesi

İki aylık araştırma süresince deneme gruplarındaki gökkuşacağı alabalıklarına günlük canlı ağırlıklarının %2,5'i kadar yem verilmiştir (Aras vd 2000). Yemlemeler iki öğün sabah ve iki öğün öğleden sonra olmak üzere günde dört sefer 60 gün süresince düzenli olarak yapılmıştır. Deneme parsellerinin temizliği sifonlama sistemiyle günlük yapılmış olup 15 günde bir ise genel temizlik yapılmıştır.

3.2.4. Büyüme performansının belirlenmesi

Balıkların deneme başladıktan sonra 15 günde bir canlı ağırlık tartımları ve aylık total boy ölçümleri yapılmıştır. Ortalama canlı ağırlık değeri, her deneme tankındaki bireylerin deneme sonu canlı ağırlıkları alınıp, toplam ağırlığın tanktaki birey sayısına bölünmesiyle bulunmuştur. Deneme süresince bütün tartımlar 0,01 gr hassasiyetli terazi ile yapılmıştır.

3.2.4.a. Ortalama canlı ağırlık artışı

Balıkların denem sonunda % ağırlık kazançlarının belirlenmesi için uygulanan bir matematiksel büyüme parametresidir. Besleme çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ortalama canlı ağırlık değeri, her deneme tankındaki bireylerin deneme sonu canlı ağırlıkları alınıp, toplam ağırlığın tanktaki birey sayısına bölünmesiyle bulunmuştur (Atay 1989; Çetinkaya 1995; Saruhan 1998; Hoşsu vd 2003). W_i : deneme başı balık ağırlığı (gr) ve W_s : deneme sonu balık ağırlığı (gr) dır.

$$\text{Ort. Canlı Ağırlık Kazancı (\%)} = \frac{W_s - W_i}{W_i} \times 100$$

3.2.4.b. Spesifik büyüme oranı

Araştırmada kullanılan balıkların günlük büyüme oranları aşağıda formüle edilen spesifik büyüme oranı yöntemi ile hesaplanmıştır. SBO: spesifik büyüme oranı (%/gün), W_i : deneme başı balık ağırlığı (g), W_s : deneme sonu balık ağırlığı (gr) ve t : deneme süresi (gün) dır (Metailler 1986; El Sayed and Teshima 1992; Hoşsu vd 2003).

$$SBO = \frac{\ln W_s - \ln W_i}{t} \times 100$$

3.2.4.c. Yem değerlendirme oranı

Yemin ete dönüşüm oranı olarak tarif edilen yem değerlendirme oranı (YDO) balık besleme çalışmalarında büyüme ve gelişimin önemli bir kıstası olarak kullanılmaktadır. Ayrıca YDO yemin kalitesi, miktarı ve balık tarafından etkin bir şekilde kullanımı ile pozitif bir ilişkiye sahiptir. Yem değerlendirme oranı tüketilen yem miktarı ile kazanılan canlı ağırlık arasındaki oran ile açıklanmaktadır. Her ölçüm döneminde yem değerlendirme oranı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır. YDO: yem değerlendirme oranı (%), $\sum W$: deneme sonu toplam balık ağırlığı (gr) ve $\sum \text{Yem}$: deneme süresince verilen toplam yem miktarı (gr) olarak belirtilmiştir (Goddars 1996; Hoşsu vd 2003; Aquamedia 2006; Korkut vd 2007).

$$YDO = \frac{\sum \text{Yem}}{\sum W}$$

3.2.4.d. Hepatosomatik indeks

Genel bir görüş olarak karaciğerin oransal büyüklüğü beslenme durumu ile büyüme hızının bir indeksi olarak görülmektedir. Canlıların aldıkları besinler metabolizmada parçalandıktan sonra karaciğere taşınmakta ve burada depolanmaktadır. Buradan da vücudun ihtiyaç duyduğu kısımlara depolanan ürünleri transfer edilmektedir (Halver and Hardy 2002). Bu yüzden balıklarda metabolizma için anahtar organ durumundaki karaciğerin besleme çalışmalarından nasıl etkilendiğinin belirlenmesinde hepatosomatik indeks (HSİ) yaygın olarak kullanılmaktadır (Gümüş 2003; Korkut vd 2007). Hepatosomatik indeks aşağıda verilen formül ile hesaplanmaktadır (Çetinkaya 1995).

$$\text{HSİ (\%)} = \frac{\text{Balığın Karaciğer Ağırlığı (gr)}}{\text{Balığın Canlı Ağırlığı (gr)}} \times 100$$

3.2.5. Balıklardan Doku örneklerinin alınması

Deneme başında, 30. günde ve deneme sonunda (60. gün) protein, kül, kuru madde, yağ ve yağ asitleri için örnekler sıvı azot tankıyla laboratuvara getirilerek analizlerin yapılacağı zamana kadar -80°C 'de muhafaza edilmiştir. $\Delta 6$ desaturasyon ve elangasyon gen ekspresyon derecelerinin belirlenmesi için total RNA analizinde kullanılacak kas ve karaciğer örnekleri 1,5ml'lik tüplere konularak üzerlerine RNA Later Stabilizasyon Regent solüsyonu ilave edilerek -80°C 'de muhafaza edilmiştir.

3.2.6. Analizler

Deneme sonunda 4-5 balık küçük parçalara ayrılarak homojen hale gelinceye kadar parçalanmıştır. Daha sonra analizler için -80°C de depolanmıştır.

3.2.6.a. Nem analizi

Nem analizi hazırlanan örnekler tartılarak ağırlıkları belli olan kurutma kaplarına aktarılarak 100°C sabit sıcaklıkta 24 saat kurutulmak için etüve konulmuştur. 24 saat sonunda desikatöre alınan örnekler burada soğutulularak tartılmıştır. Bu işlem örnek ağırlığı sabitleninceye kadar yapılmıştır. İlk tartım ile son tartım arasındaki farkın örnek ağırlığına yüzde oranı ile örnekteki kuru madde miktarı % olarak hesaplanmış bu değer yüzden çıkarılarak nem miktarı hesaplanmıştır. W_1 : örnek kabının ağırlığı, W_2 : Örnek ve tartım kabının ilk ağırlığı (gr) ve W_3 : Örnek ve tartım kabının son ağırlığı (gr), (Gökalp vd 1993).

$$\% \text{ Nem} = 100 - \frac{W_3 - W_1}{W_2 - W_1} \times 100$$

3.2.6.b. Ham kül miktarının tayini

Örneklerden 3-4 gr alınarak ağırlıkları bilinen porselen kül krozelerine aktarılmıştır. Daha sonra 525°C'lik kül fırınında sıcaklık kademeli olarak artırılarak yakılmıştır. Desikatörde oda sıcaklığına getirilen örnekler tekrar tartılarak aşağıdaki formüle göre % kül miktarları hesaplanmıştır (Gökalp vd 1993; AOAC 1998).

$$\% \text{ Kül} = \frac{\text{Kül Ağırlığı (gr)}}{\text{Örnek Ağırlığı (gr)}} \times 100$$

3.2.6.c. Ham protein miktarının tayini

Yem ve balık örneklerinin protein miktarları otomatik kjeldahl metodu kullanılarak yapılmıştır. Yaklaşık 0,25 gr ağırlığındaki örnek üzerine bir adet kjeldahl tablet atılmış ve üzerlerine 5 ml sülfirik asit ilave edilmiştir. Daha sonra örnekler 450°C'de 2 saat yakılmıştır. Yaş yakma aşamasından sonra homojen bir çözelti haline getirilen yem ve

balık örneklerindeki azot miktarları otomatik Kjeldahl'da belirlenmiştir. Belirlenen azot miktarları uygun katsayı ile çarpılarak protein miktarları hesaplanmıştır (Kennedy 2007).

3.2.6.d. Örneklerden yağ ekstrakte edilmesi ve miktarının belirlenmesi

Araştırma materyallerinin yağ ekstaksiyonu Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölümü Araştırma Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Alınan örneklerden toplam yağ elde etmek için 1 gr ağırlığındaki numuneler 50 ml'lik tüplere aktarılmış ve üzerlerine %0,01 (w/v) BHT içeren kloroform/methanol (2:1 v/v) karışımından 20 ml ilave edilmiştir. Daha sonra örnekler 1 dakika ultratüraks ile parçalanmış ve parçalama işleminden hemen sonra vakum altında Whatman No:1 filtre kâğıdı kullanılarak süzölmüştür. Süzme işleminden sonra numuneler temiz ve kuru tüplere aktararak her bir çözeltinin (numunenin) %2'si kadar $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ dan (20 ml çözelti için 4 ml olacak şekilde) ilave edilmiştir. Sonra tüplere nitrojen doldurulup ve kapakları gazı kaçırmayacak şekilde kapatıldıktan sonra 1 dakika vortekslenerek oda sıcaklığında bir gün süreyle faz oluşumu için depolanmıştır.

Toplam iki aşamadan oluşan yağ ekstraksiyon işleminin birinci aşaması yukarıda belirtilen şekilde tamamlandıktan sonra pastör pipetiyle tüplerde oluşan alt faz alınarak temiz ve kuru tüplere aktarılmıştır. Aktarma işleminin ardından örnekler azot evaporatör sistem içerisine yerleştirilerek ısıtma ve nitrojen gazına tabi tutulmuştur. Bir süre evapore edildikten sonra tüplerin daraları alınmış küçük tüplere aktararak mini evaporatörde evaporasyon işlemine devam edilerek belli aralıklarla tartımlar yapılmıştır. Tartımlar ağırlıklar sabitleninceye kadar devam edilmiştir. Ağırlıkları sabitlenen örnekler üzerine kloroform ilave edilerek depolanmıştır (Folch *et al.* 1957).

3.2.6.e. Ham yağ miktarının tayini

Lipit ekstraksiyonu antioyidant olarak %0,01'lik butylated hidroksitolien içeren kloroform/metanol (2:1 v/v)'de yapılmıştır (Folch *et al.* 1957). Bu organik çözücü azot akışı ile buharlaştırılmış ve lipit miktarı gravimetrik olarak aşağıdaki formül ile belirlenmiştir. W₁: Örnek ağırlığı, W₂: Elde edilen yağ miktarı.

$$\% \text{ Yağ} = \frac{W_2 \text{ (gr)}}{W_1 \text{ (gr)}} \times 100$$

3.2.6.f. Yağ asidi metil esterlerinin (FAME) hazırlanması

Örneklerden saf olarak elde edilen yağlardan 50 mg tartılarak temiz tüplere aktarılmış ve üzerine 1,5 ml 2 M NaOH ilave edilmiştir. Sonra tüplere nitrojen gazı doldurularak 1 saat süreyle 80°C sıcaklığa tabi tutulmuş, böylece sabunlaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemi takiben soğumaya bırakılan örnekler üzerine 2 ml BF₃ (Brontrifluoride methanol %25'lik) ilave edilerek tüplere tekrar nitrojen doldurulmuş ve 80°C de yarım saat daha bekletilmişlerdir. Sürenin bitmesinden sonra örnekler tekrar soğumaya bırakılmıştır. Soğuyan örneklerin üzerine 1 ml hekzan ilave edilip vortekslenildikten sonra 1 ml ultra saf su ilave edilerek tekrar vortekslenmiştir. Daha sonra tüp içerisindeki hekzan tabakası alınarak sodyum sülfat içeren yeni tüplere aktarılmış ve 1 ml hekzan daha ilave edilerek tekrar vortekslenmiştir. Tüm örnekler 6000 rpm'de 10 dak santrifüjle dikten sonra üstte kalan hekzan tabakası 2 ml'lik GC viyallerine aktarılmış ve viyallere nitrojen gazı doldurulmuştur (Metcalfé and Schmitz 1961). Bütün bu işlemler tamamlandıktan sonra viyaller gaz kromatografisi (GC)'ne analizler için yerleştirilmiştir.

3.2.6.g. Yağ asidi analizleri

Örneklerden elde edilen yağ yapı taşlarını oluşturan yağ asitlerine ayırtırmak için yağ asidi metil esterlerine ayrılarak (FAME) HP (Hewlet Packard) Agilent 6890N model gaz kromatografisi (GC) ile analiz edilmiştir. Her bir yağ asidi retention time (RT, tekrarlama zamanı)'ları yağ asitleri karışım standartlarının (Supelco 37 component FAME mix, Cat No: 47885-U) RT'leri ile mukayese edilmiş ve internal standart olarak 19:0 kullanılarak yağ asitlerinin miktarları belirlenmiştir.

3.2.6.h. Yağ asidi analizlerinde uygulanacak GC şartları

Cihaz: Agilent 6980 Mass Gaz Kromatografisi (GC/MS)

Dedektör: FID

Kolon: DB-23 (60mx0,25mmx0,25µm)

Dedektör Sıcaklığı: 200°C

Kolon Sıcaklığı: 165°C'de 15 dak. bekletilir, dakikada 5°C artışla 200°C 47 dak. bekletilir.

Taşıyıcı Gaz: Hidrojen (5psi)

Oran: 1

Zaman Sabiti: 200

Akış Hızı: 1/50 (hidrojen/kuru hava)

Hava Basıncı: 350 ml/dak

Taşıyıcı Gaz Basıncı: 35 ml/dak.

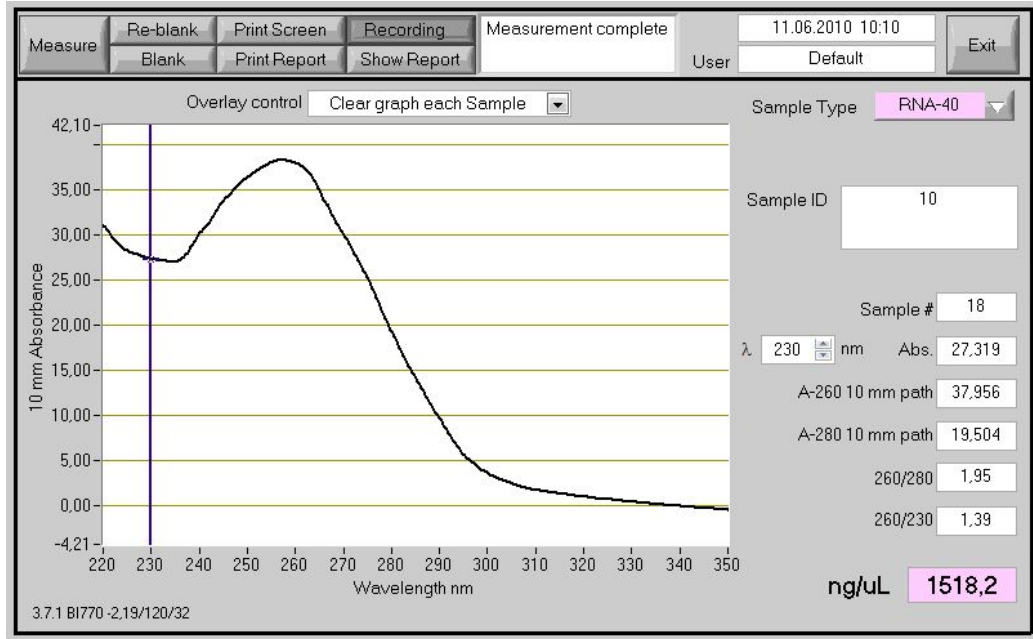
3.2.6.i. Total RNA izolasyonu

RNA izolasyonunda total RNA kiti kullanılmıştır. RNA izolasyonunda sırasıyla aşağıda belirtilen aşamalar takip edilmiştir (BioRad Cat:031-100).

1. RNA later solüsyonu ile birlikte doku örneği steril küçük porselen havan içerisine aktarılmıştır. Daha sonra üzerine sıvı azot ilave edilen doku hızlı bir şekilde porselen tokmak ile iyice sıvı azot altında parçalanmıştır.
2. Porselen havan ve tokmak yardımıyla iyice parçalanan doku örnekleri otomatik pipet yardımıyla 1,5ml'lik steril tüpler içerisine aktarılır ve 5-10 saniye vortekslenmiştir.
3. Sonra örnekler 12000 rpm 24°C de 1dakika tüpün dip kısmında kalan dokuya dokunulmadan sıvı kısım atılmıştır.
4. Doku peletlerinin bulunduğu tüplere 800 ml fenozol ilave edilerek dokuya dokunulmadan pipetajlanmış ve doku fenozol içerisinde çözündürülmüştür.
5. Fenozol içerisinde çözündürülen örnekler 50°C de 5 dakika ısı blokunda inkübasyona tabi tutulmuştur.
6. Isı blokundan çıkarılan örneklerin üzerine 200 ml kloroform ilave edilmiş ve pipetajlandıktan sonra 20 saniye alt üst edilmiştir. Bu aşamada rotordisk kullanılmıştır.
7. Daha sonra örnekler 24°C de 14000 rpm 10 santrifüj edilmiştir.
8. Santrifüjlenen örneklerde oluşan 2 tabakadan üste olanı alınarak yeni steril tüp içerisine alınmıştır. Bu örnekler 250 ml isopropanol eklenerek pipetajlanmıştır.
9. Örnekler rotordiks ile 10 saniye alt-üst edildikten sonra kit içerisinde mevcut olan ve önceden hazırlana kolon içerisine pipet yardımıyla aktarılmış ve kolonlarla birlikte 2 ml'lik tüplerle 24°C de 14000 rpm de 1 dakika santrifüjlenen örneklerden kolonlar alınarak tüpler sıvıyla birlikte atılır.
10. Kolona yeni 2 ml'lik tüp takılarak üzerine 700 ml kit içerisinde buluna A1 yıkama solüsyonundan ilave edilmiştir. Daha sonra 24°C de 14000 rpm de santrifüjlenmiştir. Bu işlem 2 kez tekrarlanmıştır.
11. Kolon içerisine hapsolan RNA'ların elüe işleminde kolonun altına 1,5 ml'lik kapaklı ve steril ependorf tüp yerleştirildikten sonra 30 ml DEPV- treated water çok dikkatli bir şekilde kolonun ortasına pipetle ilave edilerek 3 dakika oda sıcaklığında inkübe edilmiştir. Daha sonra 24°C de 14000 rpm de santrifüjlenmiştir.
12. Kolon üzerine tekrar 20 ml DEPV- treated water eklenmiş ve 3 dakika oda sıcaklığında inkübe edilmiştir. Daha sonra 24°C de 14000 rpm de santrifüjlenmiştir.
13. Son aşamada RNA tüp içerisine aktarılmış ve -80°C de depolanmıştır.

3.2.6.j. Nanodrop ile RNA konsantrasyonlarının hesaplanması

Örneklerin toplam RNA izolasyonundan sonra RNA konsantrasyonunun belirlenmesinde nanodrop cihazı kullanılmıştır. Şekil 3.2’de örnek bir nanodrop analizi görüntüsü verilmiştir



Şekil 3.2. Nanodrop analiz görüntüsü

3.2.6.k. cDNA kütüphanesinin oluşturulması

Total RNA’lardan Super Script™ III Reverse Transcriptase (Invitrogen Cat. No: 18064-022) ile cDNA kütüphanesi oluşturulmuştur. Metot aşağıdaki şekildedir;

1. İzole edilen RNA’ların spektrofotometrik ölçümlerle cDNA kütüphanesi oluşturmada kullanılacak konsantrasyonları hesaplanmıştır. Konsantrasyonlar 5 µg/µL olacak şekilde ayarlanmıştır.
2. PCR tüplerine 7 µL ampül su konulmuştur

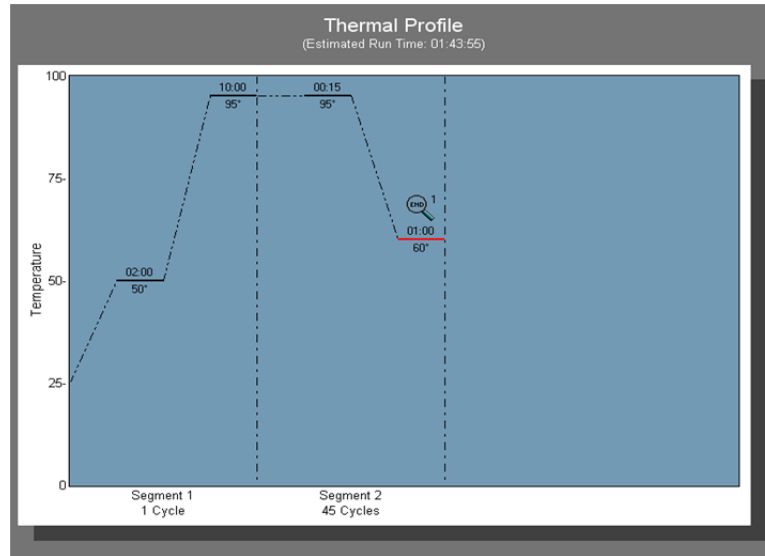
- 3.Üzerine konsantrasyonları 5 µg olan RNA'dan 1 µL konulmuştur
- 4.Üzerine 1 µL 10x Reaksiyon Buffer konulmuştur.
- 5.1 µL Amplifikasyon Grade DNase I (1 unit/µL) eklenmiştir.
- 6.Hafifçe pipetaj yapılır ve santrifüjlenmiştir.
7. 25°C'de 15 dk. PCR'da tutulmuştur.
- 8.Daha sonra 1 µL stop solüsyon eklenir ve karışım kısa süreli ve santrifüjlenmiştir.
- 9.70°C'de 10 dk. PCR'da tutulmuştur.
10. 1 µL Oligo dT₂₃ (50 µM) ve 1µLdNTP mix (10 mM) eklenmiştir.
12. 65°C'de 5 dk. PCR'da tutulmuştur.
- 13.Kar üzerinde 1 dk. inkübe edilir, inkübasyon sonrası örnekler santrifüjlenmiştir.
14. Daha sonra sırasıyla; 4 µL 5x First Strand Buffer ve 1 µL 0.1 M DTT eklenmiştir.
- 15.Kısa süreli santrifüjlenmiştir.
- 16.1µL Super Script III RT (200 unit/µL) eklenir, hafifçe pipetaj ve santrifüjleme yapılmıştır.
17. 45 dk. 50°C'de PCR'da tutulmuştur.
- 18.70°C'de 15 dk. süreyle PCR'da tutulmuştur.
- 19.Böylece cDNA kütüphanesi oluşturulmuş olur. Örnek çalışılincaya kadar -20°C'de stoklanmıştır.

3.2.6.1. Real time PCR Uygulamaları

Elde edilen cDNA kütüphanesi üzerinde ilgili genlerin kantitatif tayininde Real-time PCR kullanılmıştır. Bu amaçla gene spesifik primerler TaqMan prob ile işaretleme yapılarak gen ekspresyonu kantitatif olarak belirlenmiştir. Genlerin ekspresyon dereceleri Real time PCR'da ilgili bölgenin çoğaltılması esnasında kantitatif olarak oluşan ürüne TaqMan probun bağlanması ve belirli dalga boyunda ışımaya yaparak absorbans vermesi esasına dayanmaktadır. Böylece oluşan ürünün miktarı kantitatif olarak ölçülmektedir. FastStart TaqMan® Probe (Roche Cat. No: 04673409001) kullanılarak gerçekleştirilen Real time PCR karışımı ve protokolü Çizelge 3.4. ve Şekil 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Real time PCR karışımı

Bileşenler	Konsantrasyon	Hacim (µL)
FastStart TaqMan® Probe	1x	25
Hydrolis Prob	10 pmol	1
Forward primer	20 pmol	2
Reverse primer	20 pmol	2
cDNA		5
ddH ₂ O		15
Toplam hacim		50 µL

**Şekil 3.3.** Real time PCR protokolü .

Araştırmada kullanılan elangasyon ve $\Delta 6$ desaturasyon genlerinin primer ve propları Küfrevioğlu (2008)'e göre belirlenmiştir. Kullanılan diğer genlerin primer ve proplarına ait dizilimler ise Aksakal *et al.* (2010)'un yaptıkları çalışmadan alınmıştır. Bu çalışmada kullanılan genlere ait primer ve propların baz dizilimleri Çizelge 3.5'te verilmiştir.

Çizelge 3.5. Araştırmada Kullanılan ve Gökkuşuğu Alabalığı için Hazırlanan Primer ve Propların Baz Dizilimleri

Genler	Primer ve Proplar	Baz Dizilimi (5'-3')	Gen Bankası Erişim Numarası
Δ6 Desaturasyon	Forward	ACCTAAAGGGTGCCTCTGCT	AF301910.1
	Reverse	TTGTCTCCAGGACGAAGAC	
	Prob	^{FAM} -TCGTCACTTCCAGCACCACGC ^{-TAMRA}	
Elangasyon	Forward	TCTTACTATGGGCTCTCTGCTGT	AY605100.1
	Reverse	AGAAAAGGGCAATAAGTGTGATG	
	Prob	^{FAM} -TGATTTCCTCCAGAGGGTGGCTG ^{-TAMRA}	
IGF-I	Forward	ATGTGCTGTGTCTCCTGTACCC	M95183.1*
	Reverse	TAAAAGCCTCTCTCTCCACACA	
	Prob	^{FAM} -TAACCCTGACTTCGGCGGCA ^{-TAMRA}	
IGF-II	Forward	GAAGGTCAAGATGATGTCTTCG	M95184.1*
	Reverse	AGTTCTCCTCCACATAGCGTTT	
	Prob	^{FAM} -TCGAGTGCTGGTCATTGCGC ^{-TAMRA}	
β-Aktin	Forward	TGGCCGTACCACCGGTAT	AF254414
	Reverse	GCAGAGCGTAGTCCTCGTAGATG	
	Prob	^{FAM} -CTCCGGTGACGGCGTGACCC ^{-TAMRA}	

*Araştırmada kullanılan IGF-I,IGF-II ve β-Aktin genlerine ait primer ve proplar Aksakal *et al.* (2010), yararlanılmıştır.

3.2.6.m. mRNA ekspresyon oranının hesaplanması

Genlerin mRNA seviyeleri her bir örnek için β-aktin ile standardize edilerek Ct değerlerine göre hesaplanmıştır (Pfaffl 2001).

$$\text{Hedef Gen Oranı} = \frac{E_{(\text{Hedef Gen})}^{(\text{Kontrol Hedef Gen Ct})}}{E_{(\text{Aktin})}^{(\text{Kontrol Aktin Gen Ct})}}$$

3.2.6.n. İstatistik analizler

İstatistiki analizler SPSS 17.0 paket programında ANOVA yöntemi ve varyans analizi yapılmıştır. ANOVA testi ve varyans analizleri sonucunda önemli çıkan grup ortalamaları arasındaki farklılığı tespit etmek için Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Bireysel Ortalama Canlı Ağırlık Değişimi

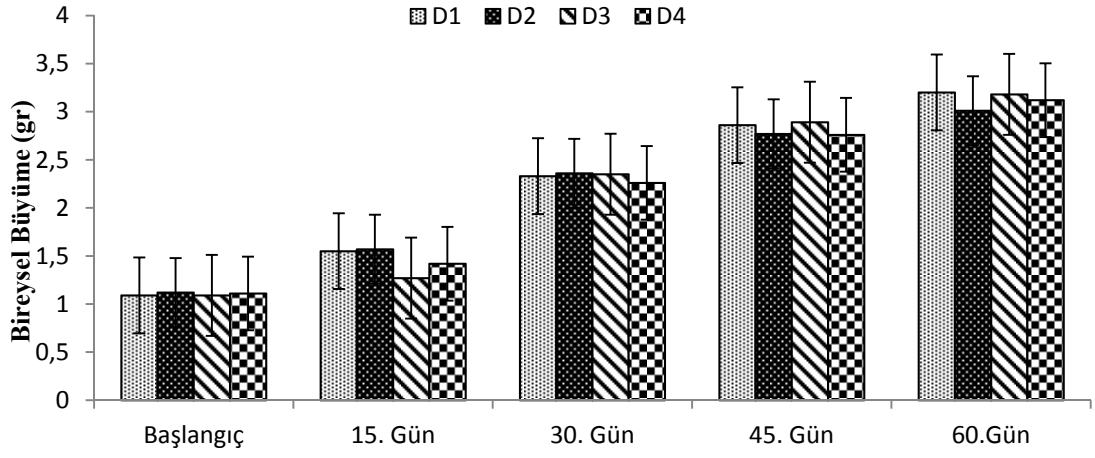
Yağ düzeyleri farklı dört adet deneme ve kontrol yemi ile iki farklı sıcaklık koşullarında beslenen gökkuşağı alabalıkları (*Oncorhynchus mykiss*)'nın deneme başı (0. gün), 15. gün (I. dönem), 30. gün (II. dönem) ve deneme sonuna (60. gün) ait ortalama canlı ağırlık değerleri ile analiz sonuçları Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 ve 4.6'da verilmiştir. Deneme başı canlı ağırlık ortalamaları $1,10 \pm 0,50$ gr olan deneme grubu balıklarının deneme süresince (0. gün, 15. gün, 30. gün ve 60. gün) ortalama canlı ağırlık değerleri sıcaklık uygulanan gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Fakat 10°C su sıcaklığına tabi tutulan deneme gruplarının deneme sonu ortalama canlı ağırlık değerleri bakımından gruplar arasındaki farklılığın istatistik olarak önemli olmadığı görülmüştür ($p < 0.05$). Fakat 16°C su sıcaklığında yetiştirilen deneme gruplarında ise D1 ve D4 diyetleri ile beslenen gruplar D2 ve D3 ile beslenen gruplara göre daha iyi büyüme göstermiş ve ortalama canlı ağırlık değerleri istatistikî olarak önemli çıkmıştır ($p < 0.05$).

Aynı yem ile beslenen fakat farklı su sıcaklığında yetiştirilen gruplar arasında ağırlık kazancı bakımından önemli farklılığın olduğu görülmüştür. D1 diyetiyle 10°C de beslenen grupta deneme sonunda ortalama bireysel büyüme $3,20 \pm 0,01$ g iken 16°C su sıcaklığında aynı yem ile beslenen deneme grubunda bu oran $4,96 \pm 0,05$ g olarak belirlenmiş ve gruplar arasındaki en iyi büyüme bu uygulamada görülmüştür. Bu durum tüm diyetlerde benzerlik göstermiş olup sıcaklığı artması ile aynı yem içeriği ile beslenen gruplarda büyümenin arttığı ve farklılığın istatistikî açıdan önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$).

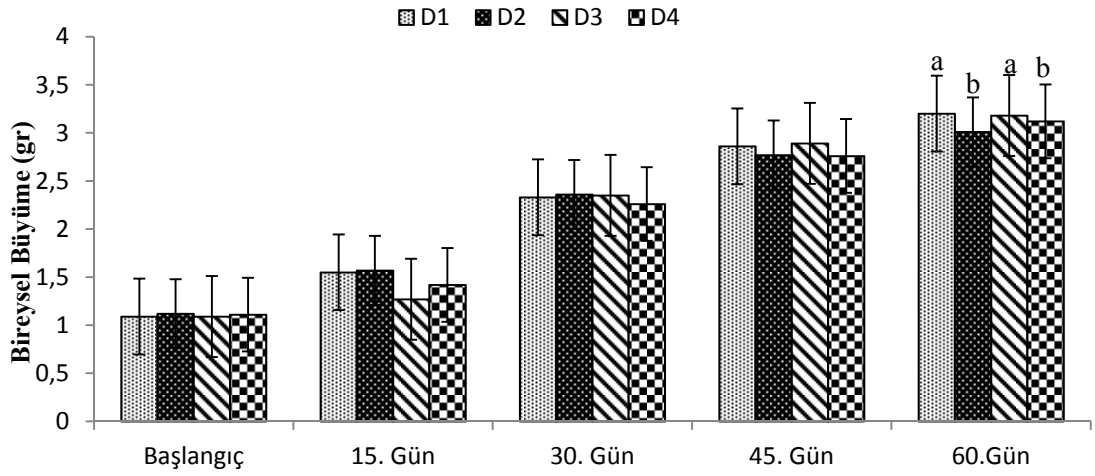
Çizelge 4.1. 10 ve 16°C de farkı yağ kaynağı içeren yemlerle beslenen gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavrularının deneme süresince ortalama bireysel canlı ağırlık artışları (g).

Dönemler	10°C				16°C			
	D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4
Başlangıç Ağırlığı	1,09±0,01	1,12±0,02	1,09±0,03	1,11±0,01	1,11±0,02	1,11±0,03	1,12±0,02	1,11±0,01
15. Gün Ağırlık	1,55±0,12	1,59±0,04	1,57±0,05	1,49±0,06	1,73±0,05	1,75±0,11	1,71±0,06	1,66±0,12
30. Gün Ağırlık	2,33±0,19	2,36±0,16	2,35±0,05	2,26±0,11	2,91±0,15	3,05±0,03	3,09±0,17	3,07±0,19
45. Gün Ağırlık	2,86±0,16	2,77±0,11	2,89±0,05	2,76±0,12	3,71±0,15	3,85±0,03	3,89±0,17	3,87±0,19
60. Gün Ağırlık	3,20±0,01	3,01±0,13	3,18±0,03	3,12±0,02	4,96±0,03 ^a	4,38±0,28 ^b	4,90±0,08 ^a	4,25±0,16 ^b

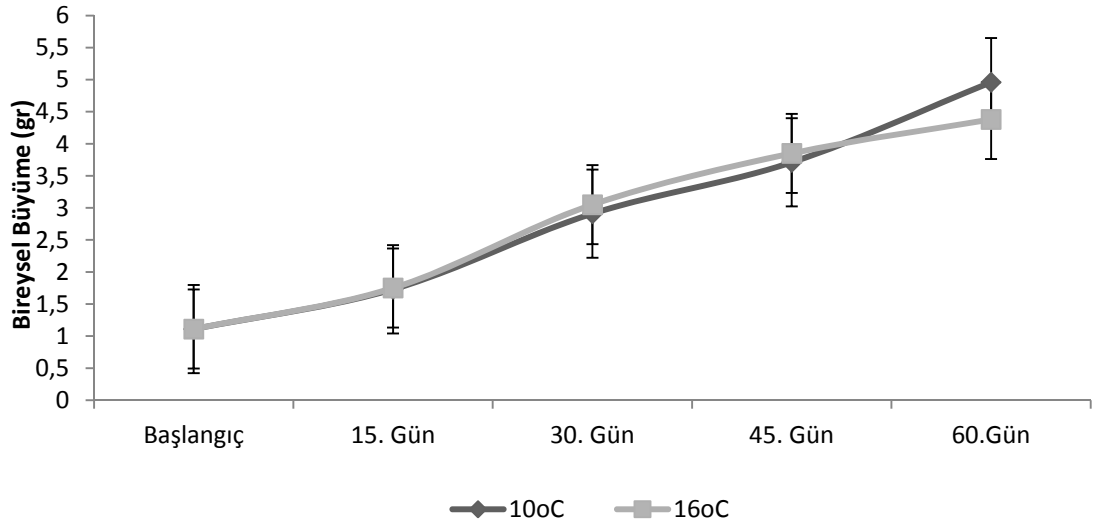
$\bar{X} \pm S \bar{x}$ =Ortalama±Ortalamanın Standart Sapması, n=3. farklı harfler birbirinden farklı olan grupları göstermektedir, p<0,05



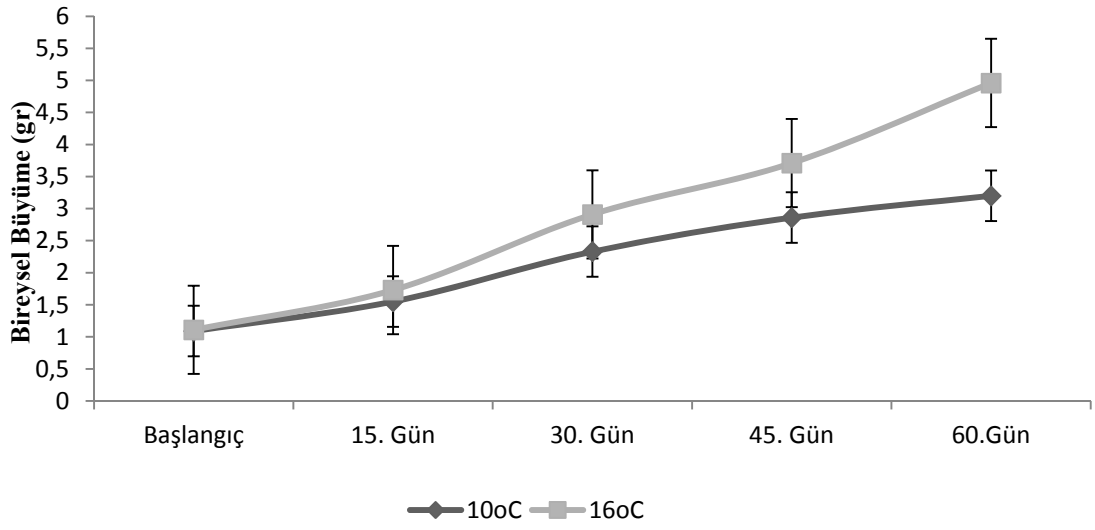
Şekil 4.1. 10°C de farklı yağ kaynağı içeren yemlerle beslenen gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavrularının deneme süresince ortalama bireysel ağırlık artışları.



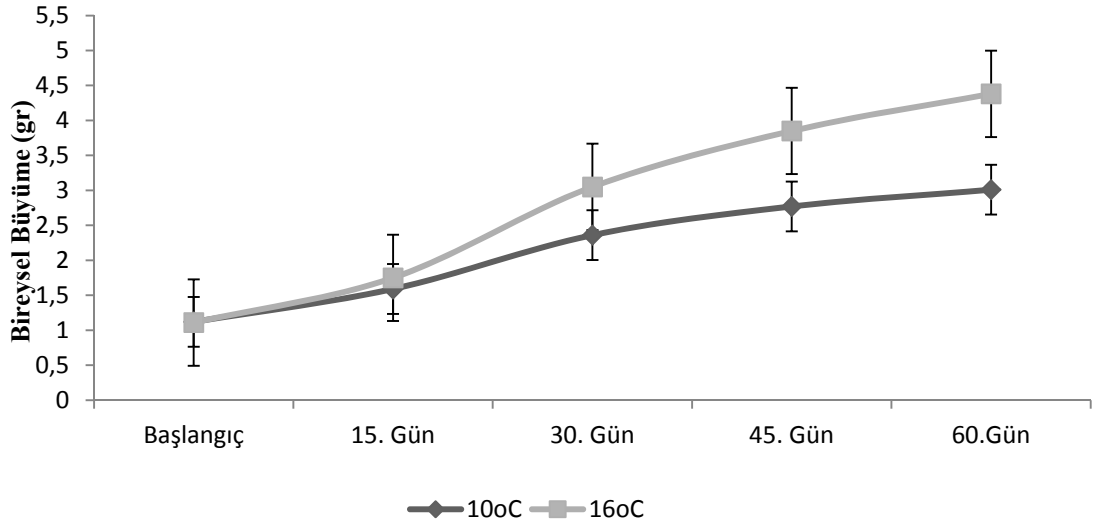
Şekil 4.2. 16°C de farklı yağ kaynağı içeren yemlerle beslenen gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavrularının deneme süresince ortalama bireysel ağırlık artışları.



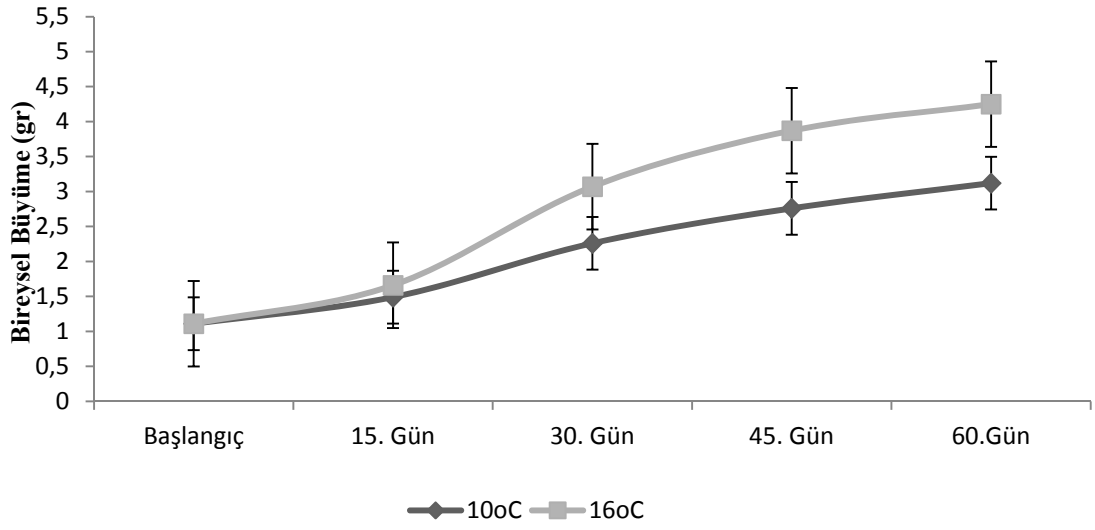
Şekil 4.3. 10 ve 16°C de balık yağı içeren yemlerle beslenen gökkuşaağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavrularının deneme süresince ortalama bireysel ağırlık artışları.



Şekil 4.4. 10 ve 16°C de soya yağı içeren yemlerle beslenen gökkuşaağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavrularının deneme süresince ortalama bireysel ağırlık artışları.



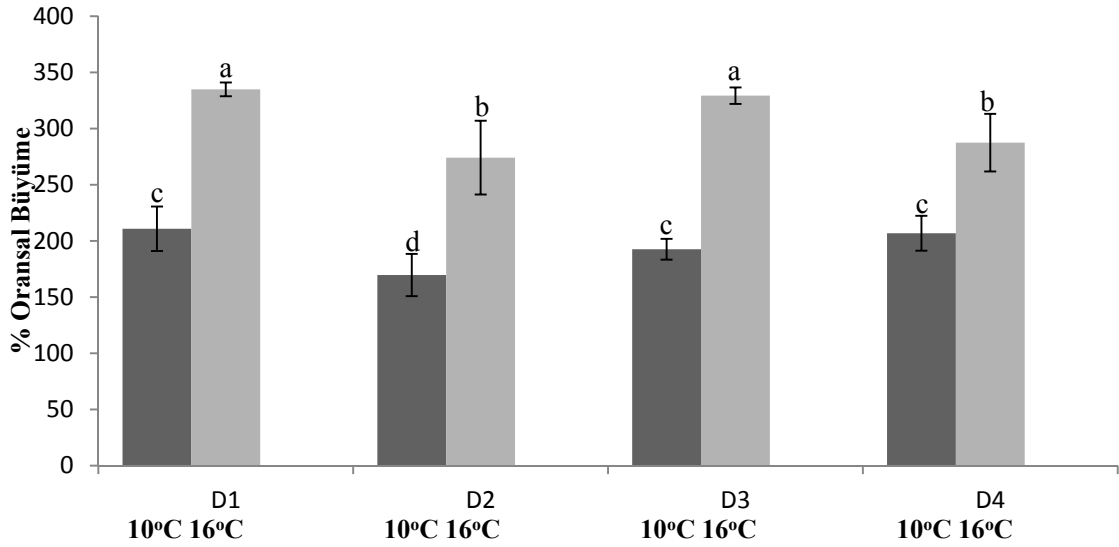
Şekil 4.5. 10 ve 16°C de keten tohumu yağı içeren yemlerle beslenen gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavrularının deneme süresince ortalama bireysel ağırlık artışları.



Şekil 4.6. 10 ve 16°C de soya ve keten tohumu yağı içeren yemlerle beslenen gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavrularının ortalama bireysel ağırlık artışları.

4. 2. Oransal Büyüme (OB)

Araştırma yürütülen tüm gruplarda gökkuşığı alabalıklarının yüzde oransal büyüme belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 4.2 ve Şekil 4.7.'de verilmiştir.



Şekil 4.7. 10 ve 16°C de farklı yağ kaynakları içeren yemlerle beslenen gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavrularının oransal büyümleri (%).

Yapılan ölçümler ve hesaplamalarda 10°C su sıcaklığı uygulamasında gruplar arasında D2 grubu haricinde D1, D3 ve D4 gruplarında ki farklılığın istatistiksel (p>0.05) açıdan önemli olmadığı görülmüştür. Su sıcaklığının yükselmesi ile birlikte oransal büyümenin arttığı ve aynı yemle beslenen gruplarda yüksek sıcaklık uygulamalarında oransal büyümenin yaklaşık 1,5 kat daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Tüm gruplar arasında en iyi oransal büyüme 16°C su sıcaklığı uygulamasında D1 ve D3 gruplarında iken en düşük oransal büyüme ise 10°C su sıcaklığı uygulamasında D2 grubunda olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak %OB üzerine sıcaklığın önemli etkisi olmuştur (p<0,05).

4. 3. Spesifik Büyüme Oranı

Tüm gruplarda gökkuşığı alabalıklarının spesifik büyüme oranı belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 4.2’de verilmiştir. Oransal büyüme ile spesifik büyüme gruplar ve uygulamalar arasında paralellik göstermiştir. Çalışma neticesinde en yüksek SBO 16°C’de D1 diyeti ile beslenen grupta %2,71±0,44 oranında gözlemişken en düşük değer ise 10°C de D2 diyetleriyle beslenen muamelede %1,65±0,09 ile belirlenmiştir. Sıcaklık uygulamaları içerisinde diyetler arasında SBO değerleri bakımından farklılığın istatistiki açıdan çok önemli olmadığı ($p>0,05$) fakat iki farklı sıcaklıkta aynı yem grupları arasında değerler arasındaki farklılığın istatistiki olarak çok önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

4. 4. Yem Değerlendirme Oranı

Farklı iki sıcaklık ve dört farklı yem ile beslenen gökkuşığı alabalıklarının yem değerlendirme oranları Çizelge 4.2’de verilmiştir. En düşük YDO 16°C yetiştirilen ve D2 diyeti ile beslenen grupta 0,84±0,46 ile belirlenirken en yüksek oran ise 10°C de D4 grubunda 1,19±0,41 oranında bulunmuştur. Aynı sıcaklıkta yem grupları arasında yem değerlendirme oranları arasındaki istatistiki açıdan farklılık görülmemiştir ($p>0,05$). Fakat aynı yem ile beslenen balıklar arasında iki farklı sıcaklığın grupların YDO miktarlarını istatistiki olarak önemli derecede etkilediği belirlenmiştir ($p<0,05$). Sonuç olarak Sıcaklığın yem değerlendirme oranını etkilediği, diyetlerin ise balıklarda bu orana etki etmediği belirlenmiştir.

Çizelge 4.2. Gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavrularının oransal büyüme (OB), sipesifik büyüme oranı (SBO), yem değerlendirme oranı (YDO) ve yaşama oranı (YO) değerleri (%).

Uygulamalar		D1	D2	D3	D4
OB (%)	10°C	210,79±19,86 ^c	169,66±18,79 ^d	192,56±9,26 ^{cd}	206,77±15,52 ^c
	16°C	334,89±6,15 ^a	274,09±32,81 ^b	329,25±7,28 ^a	287,45±25,68 ^b
SBO(%)	10°C	1,88±0,11 ^{cd}	1,65±0,09 ^d	1,79±0,05 ^d	1,87±0,08 ^d
	16°C	2,71±0,44 ^a	2,19±0,15 ^{bc}	2,42±0,03 ^{ab}	2,25±0,11 ^b
YDO	10°C	1,18±0,25 ^a	1,18±0,25 ^a	1,17±0,36 ^a	1,19±0,41 ^a
	16°C	0,86±0,70 ^b	0,84±0,46 ^b	0,89±0,35 ^b	0,88±0,25 ^b
YO (%)	10°C	93,66±6,02	91,00±7,94	89,66±2,88	96,00±3,60
	16°C	92,67±2,51	94,33±5,13	92,00±1,73	91,00±1,73

$\bar{X} \pm S \bar{x}$ =Ortalama±Ortalamanın Standart Sapması, n=3. Her bir parametre için farklı harflerle işaretlenmiş ortalamalar birbirinden farklı olan grupları göstermektedir, p<0,05.

4. 5. Hepatosomatik İndeks

İki farklı sıcaklık şartlarında dört farklı yemle beslenen yavru gökkuşuğu alabalıklarının 2 aylık deneme süresince 30. ve 60. günlerine ait hepatosomatik indeks değerlerinin analiz sonuçları Çizelge 4.3’de sunulmuştur. Bu veriler doğrultusunda en yüksek HSİ değeri 30. günde 10°C’de D2 yemiyle beslenen grupta en düşük değer ise 60. günde 16°C’de D4 yemiyle beslenen grupta belirlenmiştir. Her iki dönemde 10°C su sıcaklığında yetiştirilen gruplardaki balıkların HSİ değerleri 16°C’ye tabi tutulan gruplara göre daha yüksek çıkmıştır. 30. günde hem sıcaklık uygulamaları arasında hemde diyetler arasında HSİ bakımından istatistiki olarak farklılık belirlenmemesine (p>0,05) rağmen 60. günde sadece sıcaklık uygulamaları arasından istatistiki olarak farklılık olduğu gözlemlenmiştir (p<0,05).

Çizelge 4.3. 10 ve 16°C de farklı yağ içeren yemlerle beslenen gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavrularının hepatosomatik indeks (HSI) değerleri.

Dönem	Uygulamalar	HSİ			
		D1	D2	D3	D4
30. Gün	10°C	2,73±0,16 ^{bc}	3,21±0,24 ^a	2,64±0,31 ^c	3,14±0,11 ^{ab}
	16 °C	1,65±0,29 ^d	2,41±0,19 ^c	1,62±0,30 ^d	1,65±0,22 ^d
60. Gün	10 °C	2,58±0,27 ^a	2,41±0,24 ^a	2,29±0,31 ^a	2,24±0,12 ^a
	16 °C	1,63±0,07 ^b	1,62±0,34 ^b	1,64±0,51 ^b	1,57±0,11 ^b

$\bar{X} \pm S \bar{x}$ =Ortalama±Ortalamanın Standart Sapması, n=3. Farklı harfler birbirinden farklı olan grupları göstermektedir, p<0,05.

4.6. Balıkların Tüm Vücutlarına Ait Besin Madde Kompozisyonu

Balıkların tüm vucutlarından alınan örneklerin nem oranları ile analiz sonuçları Çizelge 4.4’de verilmiştir. Diyetlerin, deneme grubu balıkların tüm vücut nem oranları üzerine etkileri olmadığı görülmüştür (p>0.05). Ayrıca aynı yem grubu ile beslenen balıkların farklı sıcaklık ortamlarında yetiştirilmeleri nem oranlarını etkilemediği beirlenmiştir (p>0.05). Deneme sonu örneklerin diyet ve sıcaklık gruplarına ait ortalama nem oranları %69,43±0,48 ile %72,34±2,77 arasında değişim göstermiştir.

Denemede kullanılan balıkların kül oranları ile analiz sonuçları Çizelge 4.4’de verilmiştir. Farklı yağ kaynakları eklenerek hazırlanan diyetlerin deneme grubu örneklerinin ham kül oranları üzerine diyetlerin etkili olmadığı ve farklılığın istatistiki olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir (p>0.05). Bununla birlikte araştırmada uygulanan iki farklı su sıcaklığının hem aynı diyetlerde hemde farklı diyet grupları arasında ham kül miktarı açısından farklılık göstermediği p>0,05’e göre tespit edilmiştir. Deneme sonu örneklerin diyet ve sıcaklık gruplarına ait ortalama ham kül oranları %1,73±0,21 ile %1,94±0,12 arasında değişim göstermiştir.

Balıklardan elde edilen örneklerin ham protein oranları ile analiz sonuçları Çizelge

4.4'te sunulmuştur. Bu verilerin istatistiksel analizleri sonucuna göre; hem diyet grupları arasında hemde sıcaklık uygulamalarında diyet grupları içinde ve diyet grupları arasında ham protein miktarları arasında farklılık olmadığı görülmüştür ($p>0.05$). Deneme sonunda en yüksek protein miktarı %20,57±0,46 oranında 16°Csu sıcaklığında uygulamasında D3 diyeti ile beslenen grupta belirlenmiş, en düşük oran ise yine aynı sıcaklıkta D2 diyet grununda belirlenmiştir.

Çizelge 4.4. 10 ve 16°C de farklı yağ içeren yemlerle beslenen gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavrularının tüm vücutlarında besin madde kompozisyonu (%).

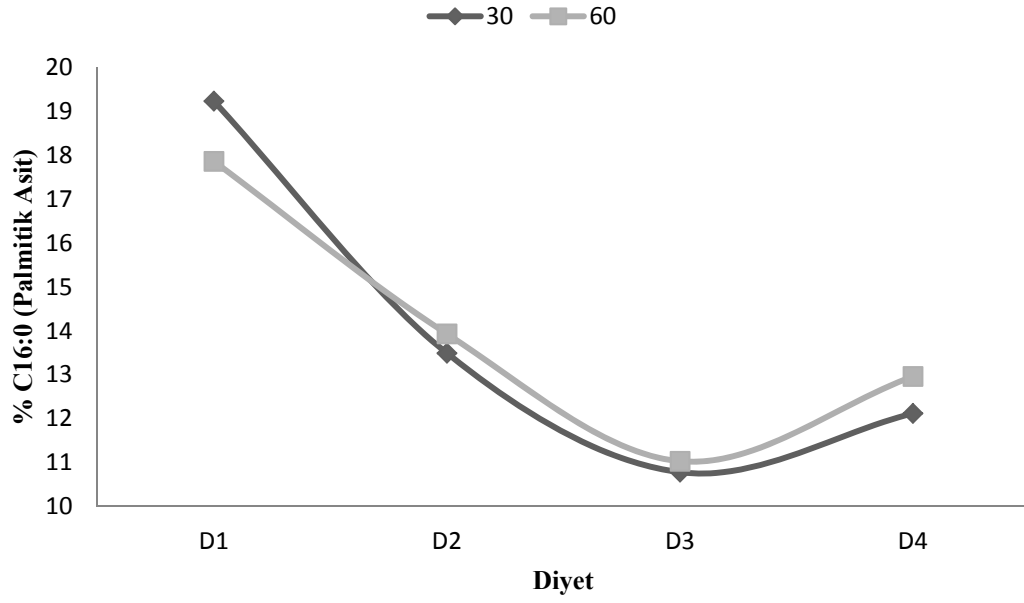
	Uygulamalar	Protein	Yağ	Kül	Nem
D1	10°C	20,45±0,22	6,39±0,27	1,84±0,19	70,14±0,76
	16°C	19,17±0,19	6,06±1,39	1,73±0,21	71,54±0,87
D2	10°C	19,87±0,17	6,54±0,77	1,92±0,17	70,55±1,19
	16°C	18,76±0,28	7,15±1,29	1,87±0,08	71,11±0,95
D3	10°C	19,63±0,13	5,33±0,87	1,94±0,12	71,55±1,91
	16°C	20,57±0,46	6,00±0,18	1,87±0,07	69,43±0,48
D4	10°C	18,88±0,57	5,91±0,39	1,79±0,17	72,34±2,77
	16°C	19,36±0,44	5,62±0,36	1,88±0,06	71,67±1,88

$\bar{X} \pm S \bar{x}$ =Ortalama±Ortalamanın Standart Sapması, n=3. Farklı harfler birbirinden farklı olan grupları göstermektedir, $p<0,05$.

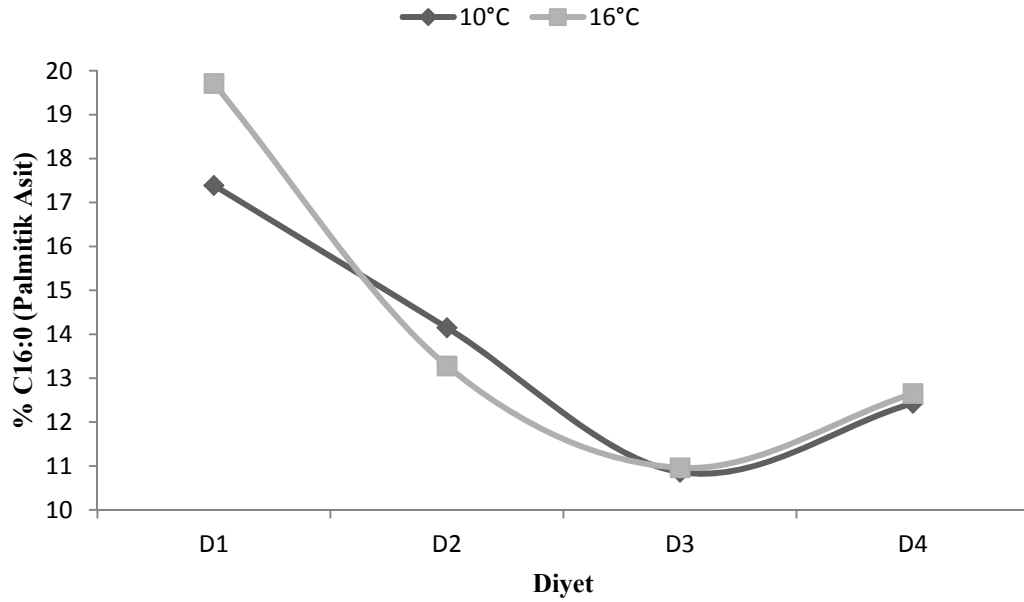
Grupların, deneme sonuna ait tüm vücut ham yağ oranları ile analiz sonuçları Çizelge 4.4'de verilmiştir. Deneme diyetleri ile beslenen balıkların ortalama ham yağ oranları üzerinde diyetlerin etkilerinin önemli olmadığı görülmüştür ($p>0.05$). Çizelge 4.4'te görüldüğü gibi en yüksek ham yağ oranı %7,15±1,29 oranı ile 16°C su sıcaklığı uygulamasında D2 diyeti ile beslenen balıklarda, en düşük ham yağ oranı ise %5,33±0,87 miktarında 10°C su sıcaklığında D3 diyeti ile beslenen grupta tespit edilmiştir. Diğer yem gruplarının her iki su sıcaklığı uygulamasındaki ham yağ oranları yukarıda belirtilen iki değer arasında değişmekte olup tüm yem gruplarının her iki sıcaklık uygulamasındaki yağ miktarlarının $p>0,05$ 'e göre farklılık göstermediği belirlenmiştir.

4.7. Yavru Gökkuşığı Alabalıklarının Doymuş Yağ Asidi (SFA) Profilleri

Dört farklı diyetle iki farklı sıcaklıkta 60 gün süreyle beslenen gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavru balıklarının tüm vücutlarından elde edilen oransal doymuş yağ asidi (SFA) miktarları Çizelge 4.5'te, varyasyon kaynaklarına ait sonuçlar ile Duncan Çoklu Karşılaştırma Test verileri ise Çizelge 4.6'da verilmiştir. Toplam doymamış yağ asitleri grubunun dominant yağ asidi tüm gruplarda 16:0 (Palmitik asit-PA) yağ asididir. Palmitik asidin en düşük ve yüksek değerleri toplam SFA ile paralellik göstermektedir. Gruplar arasında en yüksek PA miktarı %19,98±0,34 ile 16°C su sıcaklığında yetiştirilen ve D1 diyetleri ile beslenen grupta en düşük PA miktarı ise 10°C de yetiştirilen ve D3 diyetiyle beslenen balıklarda görülmüştür. Varyans analiz sonuçlarına göre diyetler ve sıcaklığın dokularda PA birimi üzerine çok önemli etkisinin ($p<0,01$) olduğu, besleme periyodunun ise etkisinin ($p>0,05$) olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.6). Bu yağ asidi bakımından gün x diyet interaksyonu Şekli 4,8'den incelendiğinde $p<0,01$ 'e göre çok önemli olduğu tespit edilmiştir. Balık yağı (D1) dışındaki diyet gruplarında (D2, D3 ve D4) besi periyodu arttıkça 16:0 oluşumu artmıştır. Ancak D2, D3 ve D4 diyet gruplarında da farklı miktarlarda PA birikimi belirlenmiştir



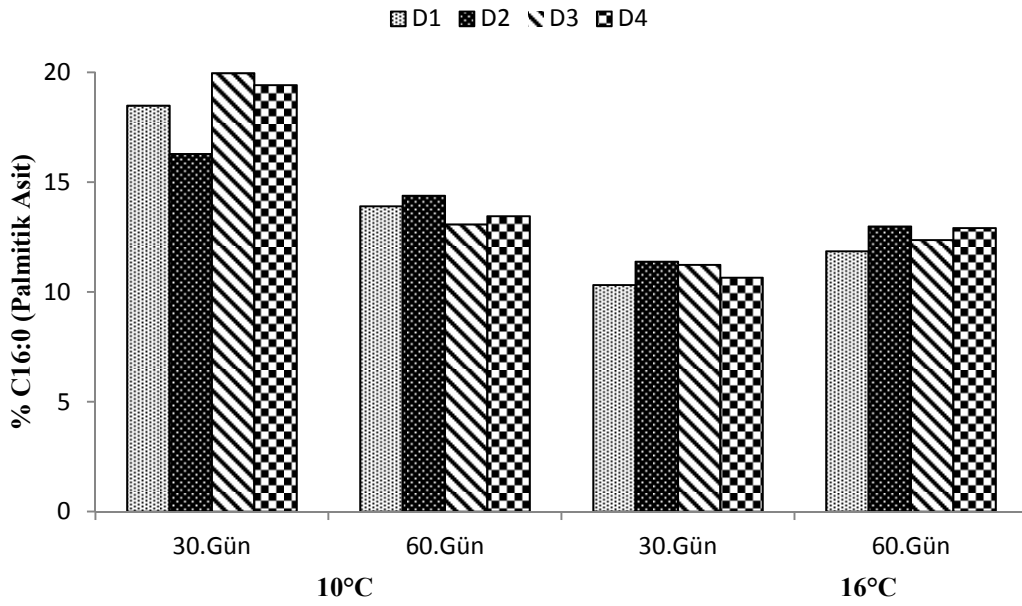
Şekil 4.8. Palmitik asit bakımından besleme periyodu x diyet interaksiyonunun etkisi.



Şekil 4.9. Palmitik asit bakımından sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.

Araştırmada PA'e ait sıcaklık x diyet interaksiyonuna göre sıcaklıklar arasında en fazla farklılık D1 diyet grubunda gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu diyet grubunda 16°C'de

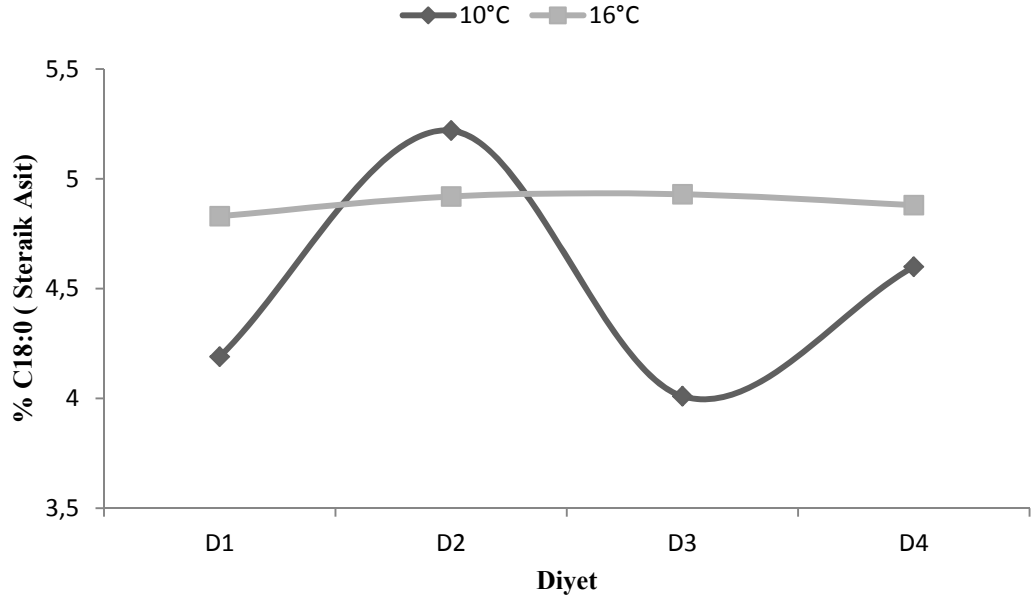
daha fazla miktarda 16:0 yağ asidi birikimi balıkların tüm vücutlarında belirlenmiştir. Besleme sıcaklığının ve diyetlerin balıklarda PA birikimi üzerine çok önemli etkisinin ($p<0,01$) olduğu belirlenmiş olup 16°C su sıcaklığında denemeye tabi tutulan balıklar D2 diyet grubu haricindeki muamelelerde 10°C 'ye göre daha fazla palmitik asit oranına sahip olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Bir diğer parametre olarak incelenen sıcaklık (S) x besleme periyodu (G) x diyet (D) interaksyonunun PA bakımından çok önemli olduğu Çizelge 4.6 ve Şekil 4.10 'da görüldüğü gibi belirlenmiştir.



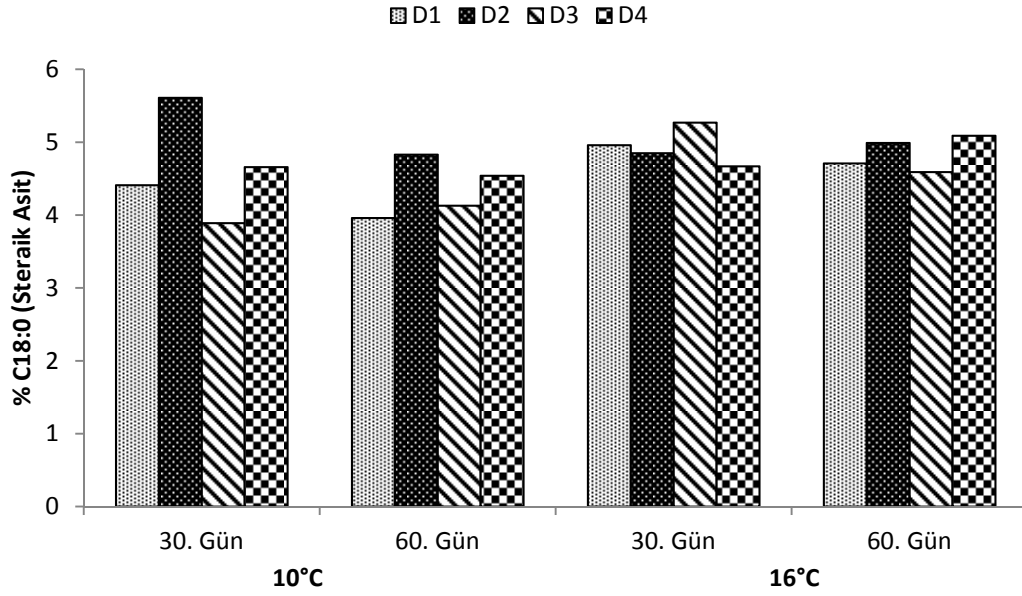
Şekil 4.10. Palmitik asit bakımından sıcaklık x besleme periyodu x diyet interaksyonunun etkisi.

Toplam doymuş yağ asitlerinde PA'dan sonra balık etinde en yüksek oranda belirlenen yağ asidi ise 18:0 (Stearik asit-SA)'dir. SA miktarı gruplar içerisinde $3,89\pm 0,29$ ile $5,62\pm 0,31$ arasında değişmektedir. İstatistiksel analizler neticesinde grupların toplam SFA, PA ve SA değerlerinin birbirlerinden önemli derecede farklı olduğu anlaşılmıştır ($p<0,05$), (Çizelge 4.5). Stearik asit diyet ve sıcaklık uygulamaları üzerine çok önemli etkisinin olduğu ($P<0,01$), besleme periyodunun ise etki göstermediği ($p>0,05$) tespit edilmiştir (Çizelge 4.6.). En yüksek SA birikimi D2 diyeti ile beslenen balıkların tüm vücut analizlerinde belirlenirken diğer diyet gruplarında (D1, D3 ve D4) bu yağ asidi

bakımından önemli bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). Sıcaklık uygulamalarında ise $p<0,01$ 'e göre 16°C su sıcaklığında beslenen balıklarda 10°C su sıcaklığına göre tüm diyet gruplarında daha yüksek oranda SA miktarı tespit edilmiştir ($P<0,01$), (Çizelge 4.6). Balıklarda SA bakımından besleme periyodu x sıcaklık ve besleme periyodu x diyet grupları interaksiyonlarının etkisi ($p>0,05$) görülmemişken sıcaklık x diyet interaksiyonunun çok önemli ($p<0,01$), (Şekil 4.11), sıcaklık x besleme periyodu x diyet interaksiyonunun ise önemli etkisi ($p<0,05$) olduğu görülmüştür (Çizelge 4.6), (Şekil 4.12).

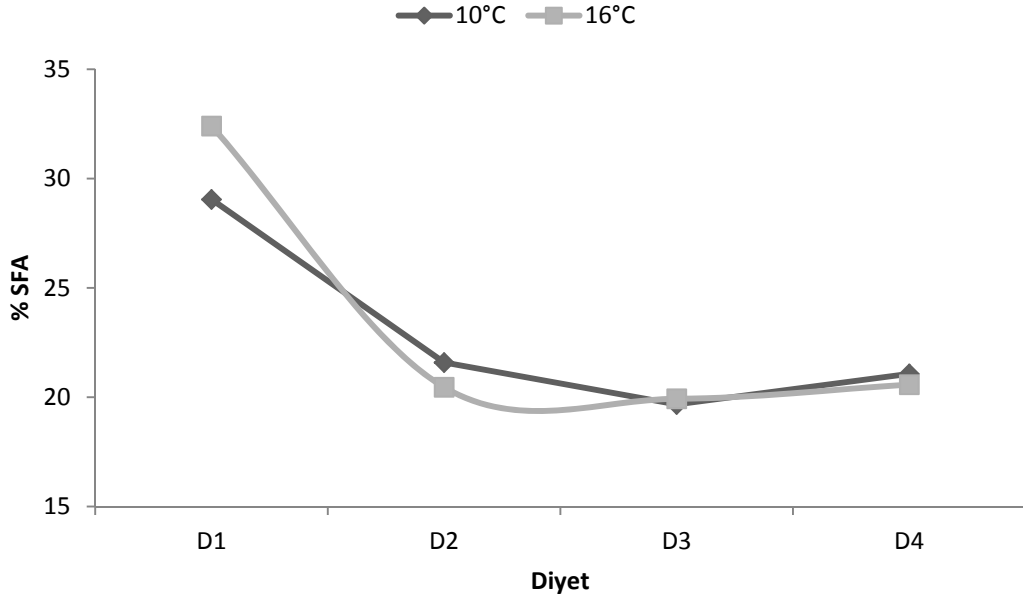


Şekil 4.11. Straik asit bakımından sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.

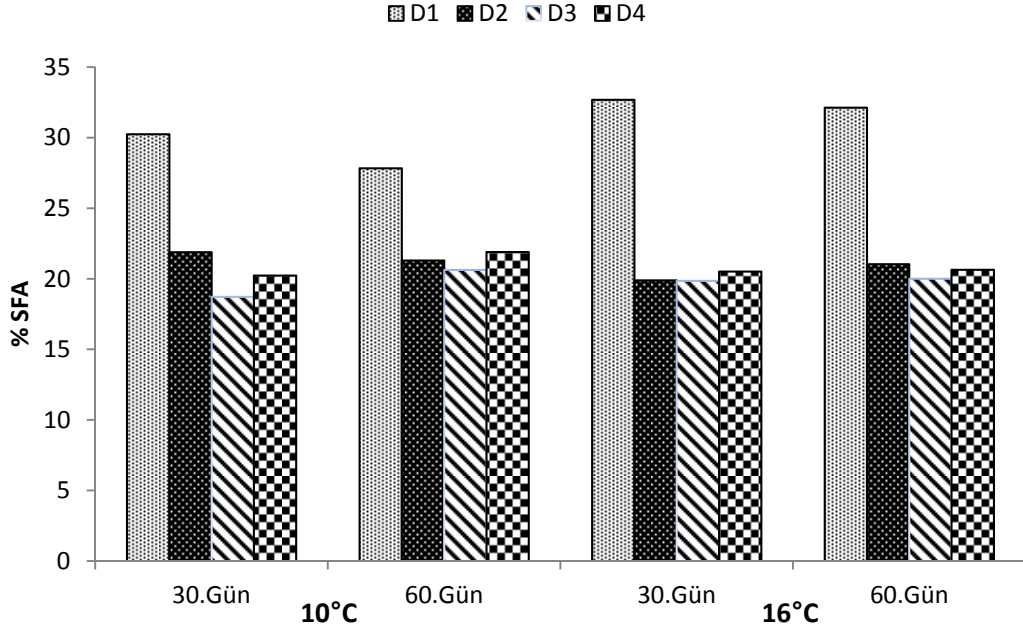


Şekil 4.12. Steraik asit bakımından sıcaklık x besleme periyodu x diyet interaksiyonunun etkisi.

Araştırmada en yüksek SFA değeri $32,69 \pm 0,56$ 'lık oranla 16°C su sıcaklığında D1 diyetleri ile beslenen uygulamanın 30. gün ve 60.gün örneklerinde analiz edilirken en düşük toplam doymamış yağ asidi oranı $8,72 \pm 0,77$ ile 16°C D3 diyetiyle beslenen grubun 30. gün örneklerinde belirlenmiştir. İstatistiki analizler neticesinde grupların toplam SFA değerleri arasında önemli derecede farklı olduğu anlaşılmıştır ($p < 0,05$), (Çizelge 4.5). Diyetlerin SFA miktarını çok önemli etkilediği ($p < 0,01$), sıcaklığın ve besleme periyodunun ise toplam doymuş yağ asitleri miktarına etkisinin ($p > 0,05$) olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Balıkların toplam SFA miktarı üzerine besleme periyodu x sıcaklık ve besleme periyodu x diyet interaksiyonlarının ($p > 0,05$) etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Toplam doymuş yağ asitlerine sıcaklık diyet interaksiyonunun çok önemli ($p < 0,01$) olduğu Şekil 4.13'te görüldüğü gibi belirlenmiştir. Sıcaklık x besleme periyodu x diyet interaksiyonu bu yağ asidi parametresi açısından değerlendirildiğinde ise $p < 0,05$ 'e göre önemli bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.14).



Şekil 4.13. Toplam doymuş yağ asitleri bakımından sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.



Şekil 4.14. Toplam doymuş yağ asitleri bakımından sıcaklık x besleme periyodu x diyet interaksiyonunun etkisi

Çizelge 4.5. İki farklı sıcaklıkta dört farklı yağ içeren diyetlerle beslenen gökkuşacağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Yavrularının tüm vücut doymuş yağ asidi profilleri.

Sıcaklık Diyet	10°C				16°C			
	D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4
	30. Gün				30. Gün			
14:0	4,97±0,18 ^a	1,09±0,14 ^b	0,78±0,19 ^b	1,01±0,13 ^b	5,54±0,20 ^a	0,81±0,08 ^b	0,89±0,08 ^b	1,01±0,22 ^b
15:0	0,37±0,03 ^a	0,07±0,01 ^b	0,06±0,01 ^b	0,07±0,01 ^b	0,44±0,05 ^a	0,07±0,01 ^b	0,13±0,08 ^b	0,09±0,02 ^b
16:0	18,49±0,15 ^a	13,91±0,18 ^b	10,32±0,33 ^d	11,87±0,22 ^c	19,98±0,34 ^a	13,09±0,29 ^b	11,25±0,17 ^d	12,38±0,51 ^c
17:0	0,21±0,01 ^a	0,04±0,01 ^b	0,40±0,01 ^b	0,04±0,01 ^b	0,21±0,04 ^a	0,07±0,01 ^b	0,04±0,02 ^b	0,06±0,01 ^b
18:0	4,41±0,40 ^b	5,62±0,31 ^a	3,89±0,29 ^b	4,66±0,53 ^b	4,96±0,43 ^a	4,85±0,44 ^a	5,27±0,39 ^a	4,68±0,15 ^a
20:0	1,39±0,17 ^c	1,01±0,04 ^c	3,52±0,60 ^a	2,33±0,14 ^b	1,14±0,10 ^b	0,73±0,06 ^b	1,85±0,68 ^a	2,20±0,19 ^a
22:0	0,40±0,20 ^a	0,15±0,09 ^{ab}	0,10±0,03 ^c	0,24±0,20 ^{ab}	0,42±0,06 ^a	0,25±0,27 ^a	0,43±0,33 ^a	0,12±0,03 ^a
Σ SFA	30,25±0,19 ^a	21,89±0,34 ^b	18,72±0,77 ^d	20,23±0,54 ^c	32,69±0,56 ^a	19,89±0,81 ^b	19,86±0,68 ^b	20,53±1,01 ^b
	60. Gün				60. Gün			
14:0	4,85±0,36 ^a	0,94±0,15 ^b	0,83±0,09 ^b	1,01±0,17 ^b	5,51±0,17 ^a	1,03±0,10 ^b	0,93±0,04 ^b	1,01±0,17 ^b
15:0	0,40±0,06 ^a	0,07±0,01 ^b	0,12±0,05 ^b	0,07±0,02 ^b	0,46±0,02 ^a	0,09±0,02 ^b	0,11±0,02 ^b	0,09±0,01 ^b
16:0	16,30±0,43 ^a	14,40±0,23 ^b	11,39±0,78 ^d	12,99±0,34 ^c	19,43±0,34 ^a	13,47±0,14 ^b	10,66±0,09 ^c	12,92±0,68 ^b
17:0	0,26±0,02 ^a	0,06±0,01 ^b	0,10±0,05 ^b	0,07±0,04 ^b	0,23±0,01 ^a	0,07±0,01 ^b	0,05±0,01 ^b	0,06±0,02 ^b
18:0	3,97±0,17 ^b	4,83±0,10 ^a	4,14±0,12 ^b	4,55±0,21 ^a	4,71±0,23 ^a	5,00±0,38 ^a	4,59±0,24 ^a	5,09±0,75 ^a
20:0	1,54±0,08 ^b	0,79±0,25 ^b	3,94±0,64 ^a	2,98±0,98 ^a	1,29±0,04 ^b	0,85±0,12 ^b	3,34±0,51 ^a	1,19±1,09 ^b
22:0	0,52±0,22 ^a	0,21±0,09 ^b	0,10±0,04 ^b	0,23±0,20 ^{ab}	0,49±0,27 ^a	0,53±0,11 ^a	0,31±0,13 ^a	0,27±0,13 ^a
Σ SFA	27,85±0,76 ^a	21,30±0,37 ^b	20,63±0,31 ^b	21,90±0,97 ^b	32,13±0,54 ^a	21,04±0,40 ^b	20,01±0,16 ^b	20,64±2,67 ^b

$\bar{X} \pm S \bar{x}$ =Ortalama±Ortalamanın Standart Sapması, n=3. Farklı harfler birbirinden farklı olan grupları göstermektedir, p<0,05.

Çizelge 4.6. İki farklı sıcaklıkta dört farklı yağ içeren diyetlerle beslenen gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavrularının tüm vücut doymuş yağ asitlerine ait varyans analiz tablosu.

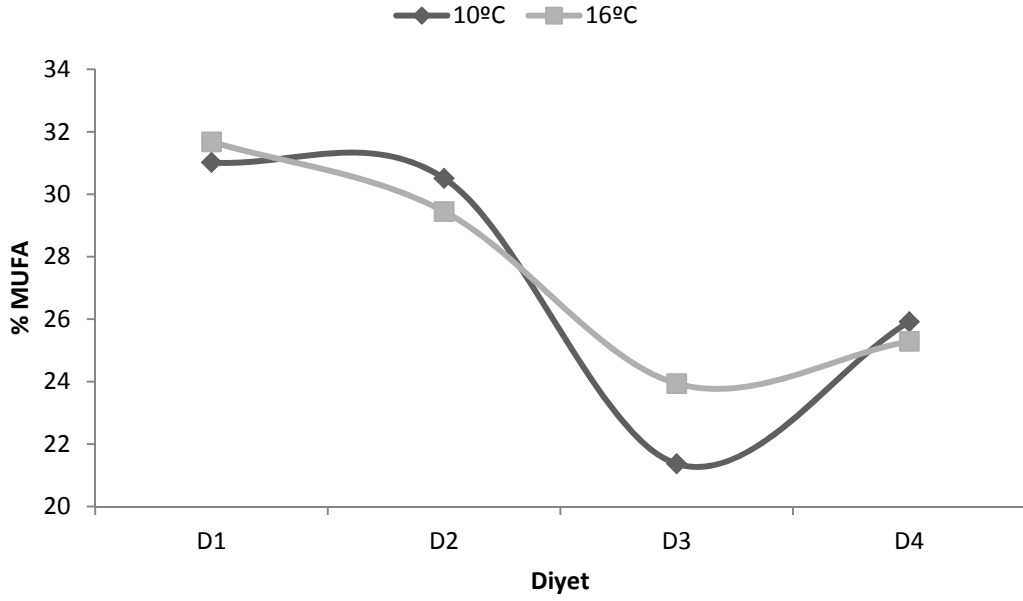
	14:0	15:0	16:0	17:0	18:0	20:0	22:0	Σ SFA
Diyet (D)								
D1	5,22±0,38 ^a	0,42±0,05 ^a	18,55±1,49 ^a	0,22±0,29 ^a	4,51±0,47 ^b	1,34±0,17 ^c	0,45±0,18 ^a	30,72±2,03 ^a
D2	0,97±0,15 ^b	0,07±0,01 ^c	13,71±0,44 ^b	0,06±0,01 ^b	5,07±0,43 ^a	0,84±0,16 ^d	0,28±0,28 ^b	21,03±0,87 ^b
D3	0,86±0,11 ^b	0,10±0,05 ^b	10,91±0,58 ^d	0,06±0,03 ^b	4,47±0,59 ^b	3,16±0,97 ^a	0,23±0,21 ^b	19,80±0,85 ^c
D4	1,00±0,15 ^b	0,08±0,01 ^{bc}	12,54±0,22 ^c	0,06±0,02 ^b	4,74±0,46 ^b	2,17±0,92 ^b	0,21±0,14 ^b	20,82±1,46 ^b
P	**	**	**	**	**	**	**	**
Sıcaklık (C)								
10°C	1,94±1,76 ^b	0,15±0,14 ^b	13,71±2,54 ^b	0,01±0,08	4,50±0,58 ^b	2,18±1,20 ^a	0,24±0,19 ^b	22,84±3,86
16°C	2,09±2,03 ^a	0,18±0,16 ^a	14,15±0,29 ^a	0,09±0,07	4,89±0,41 ^a	1,57±0,92 ^b	0,35±0,21 ^a	23,35±5,44
P	**	**	**	Ns	**	**	*	Ns
Beslenme Periyodu (G)								
30. Gün	2,01±1,92	0,16±0,14	13,91±3,13	0,09±0,07	4,79±0,59	1,77±0,91	0,26±0,20	23,01±5,12
60. Gün	2,12±2,05	0,14±0,15	13,94±2,71	0,11±0,08	4,61±0,47	1,99±1,28	0,33±0,20	23,18±4,28
P	Ns	Ns	Ns	**	Ns	Ns	Ns	Ns
İnteraksiyonlar								
GxS	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
GxD	Ns	Ns	**	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
SxD	**	Ns	**	Ns	**	Ns	Ns	**
SxGxD	Ns	Ns	**	Ns	*	**	Ns	*

** : Çok Önemli, * : Önemli, Ns : Önemsiz

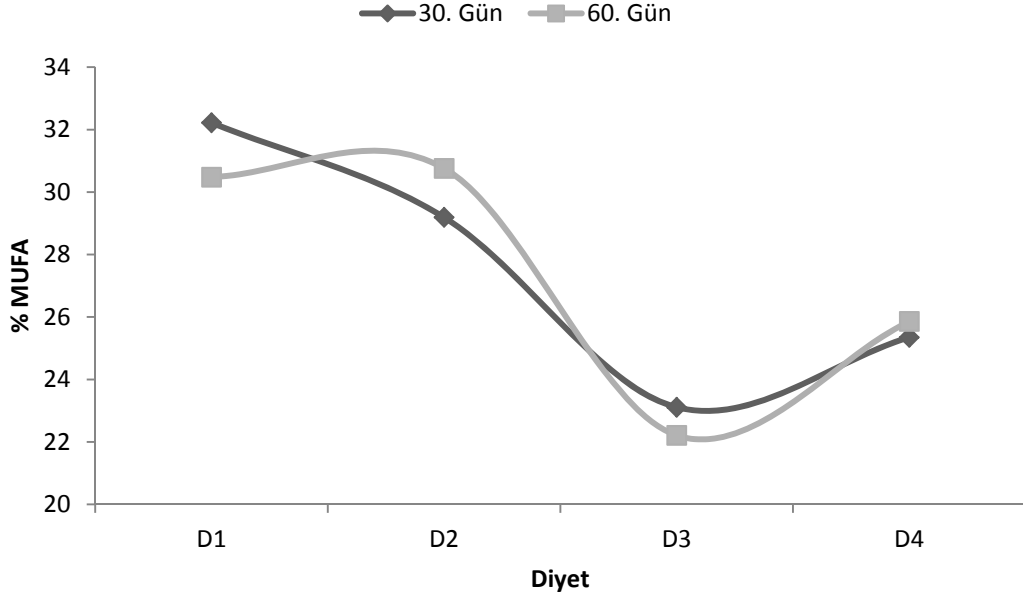
4.8. Yavru Gökkuşığı Alabalıklarının Tekli Doymamış Yağ Asidi (MUFA) Profilleri

Toplam MUFA miktarının $32,52 \pm 0,67$ (30 gün, 10°C de D1 yemi ile beslene grup) ile $21,02 \pm 0,45$ (60 gün, 10°C de D3 yemi ile beslene grup) aralığında değişim gösterdiği saptanmıştır. Çizelge 4.7'den de anlaşılacağı üzere araştırma gruplarında en yüksek toplam MUFA miktarları D1 ile beslenen uygulamalarda belirlenmiştir. D2 yemi ile beslenen gruplar ise D1 ile beslenenlerden sonra en fazla MUFA ya sahip olduğu belirlenmiş ve en düşük MUFA miktarı D3 ile beslenen uygulamalarda gözlenmiştir. Tüm gruplarda en yüksek MUFA miktarları SFA da olduğu gibi balık yağı içeren diyetler ile beslenen balıklarda belirlenmiştir. Gruplar ve uygulamalar arasında MUFA bakımından farklılığın istatistiki açıdan önemli olduğu görülmüştür ($p < 0,05$), (Çizelge 4.7). Toplam MUFA miktarı üzerine diyetlerin çok önemli ($p < 0,01$) etkisinin olduğu, sıcaklık ve besleme periyodunun ise toplam tekli doymamış yağ asitleri üzerine etkisinin olmadığı ($p > 0,05$) belirlenmiştir (Çizelge 4.8).

Araştırma bulguları değerlendirilerek elde edilen interaksiyonlar incelendiğinde toplam MUFA üzerine besleme periyodu x diyet ve sıcaklık x diyet interaksiyonlarının çok önemli etkisi ($p < 0,01$) gözlenirken (Şekil 4.15 ve Şekil 4.16), besleme periyodu x sıcaklık ve besleme periyodu x sıcaklık x diyet interaksiyonlarının bir etkisinin ($p > 0,05$) olmadığı varyasyon analiz sonuçlarına göre tespit edilmiştir (Çizelge 4.8).



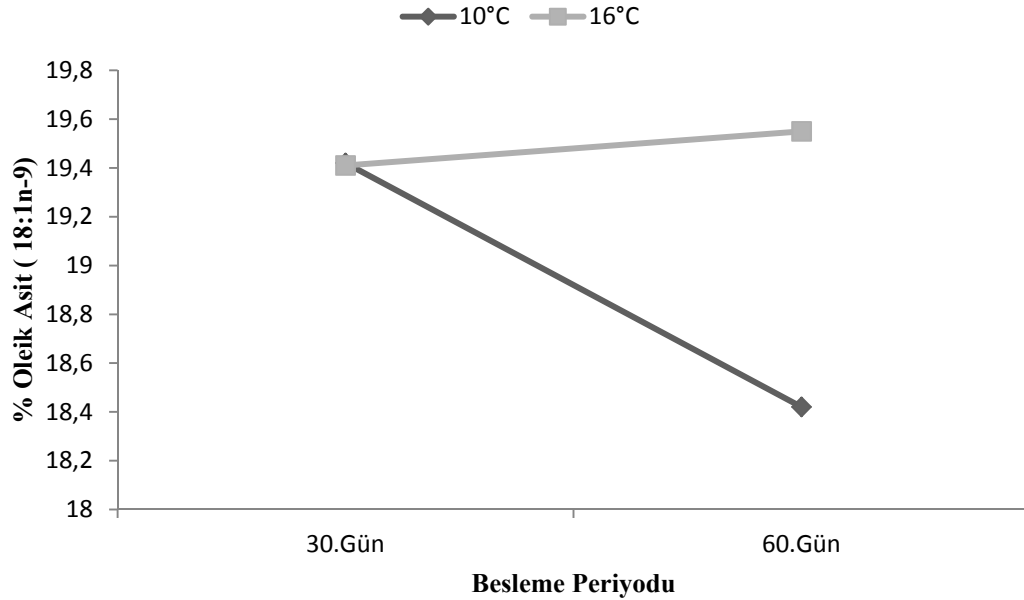
Şekil 4.15. Toplam tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) bakımından sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.



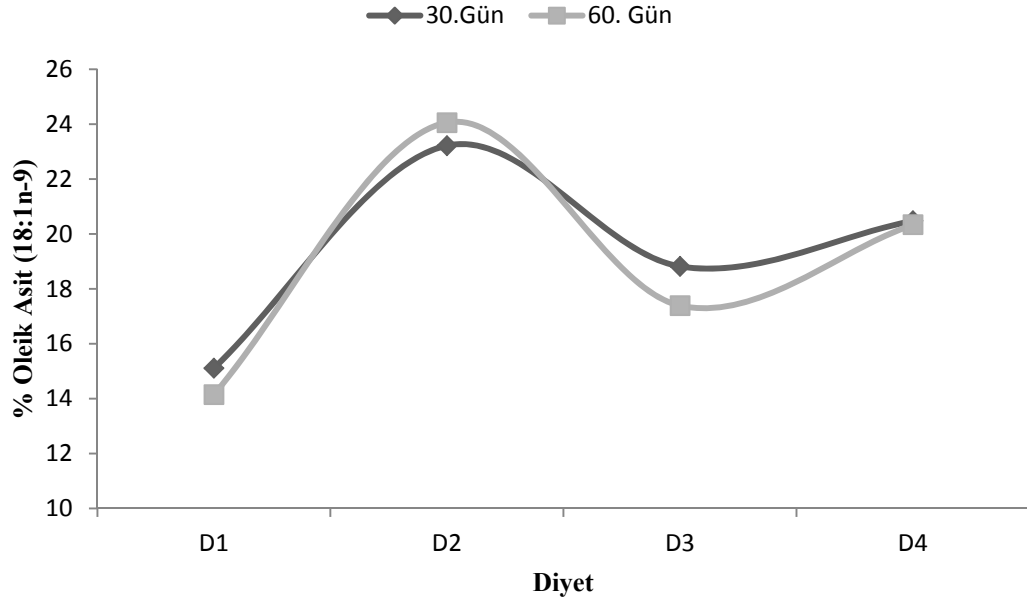
Şekil 5.16. Toplam tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) bakımından besleme periyodu x diyet interaksiyonunun etkisi.

MUFA'ları oluşturan yağ asitleri içerisinde 18:1 n-9 (Oleik asit-OA) en yüksek yüzdeyi içermesine rağmen OA'nın dağılımı MUFA ile paralellik göstermemiştir. Balık yağı

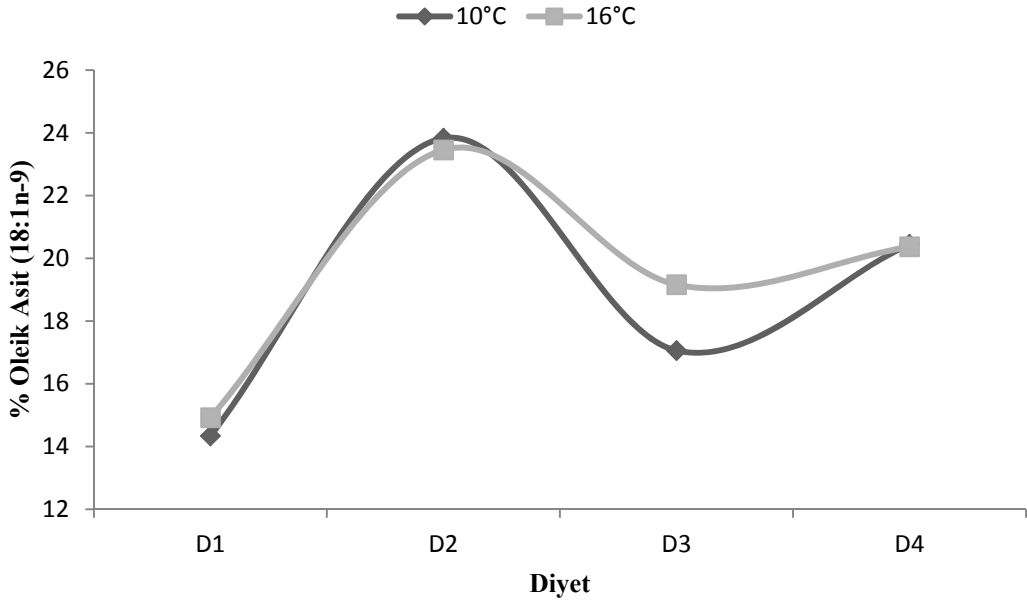
(D1) içeren diyetlerle beslenen grupların her iki sıcaklık uygulamasında ve aylık dağılımlarda OA miktarının en düşük yüzdeye sahip olduğu gözlenmiştir. En yüksek OA miktarı $24,15 \pm 0,41$ ile 16°C su sıcaklığında D2 (soya yağı) ile beslenen grupta 60. günde en düşük ise $13,31 \pm 0,59$ oranıyla 10°C de D1 yemi ile beslenen grupta belirlenmiştir. Tüm gruplar içerisinde en yüksek OA oranları D2 gruplarında olduğu görülmüştür (Çizelge 4.7). Bu yağ asidi üzerine diyetin çok önemli ($p < 0,01$) etkisinin olduğu, sıcaklığın önemli ($p < 0,05$) etkisinin olduğu beslemem periyodunun ise OA yağ asidini etkilemediği ($p > 0,05$) belirlenmiştir (Çizelge 4.8). Balıklarda OA yağ asidi birikimi besleme periyodu x sıcaklık ve besleme periyodu x diyet interaksyonları arasında önemli etkisinin ($p < 0,05$) olduğu Şekil 4.17 ve Şekil 4.18’de görüldüğü gibi tespit edilmiştir. Ayrıca sıcaklık diyet interaksyonunun OA yağ asidi birikimi üzerine çok önemli etkisinin olduğu ($p < 0,01$) tespit edilmiştir (Sekil 4.19). Sıcaklık x besleme periyodu x diyet interaksyonunun ise OA birikimi üzerine bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.8).



Şekil 4.17. Oleik asit bakımından beslenme periyodu x sıcaklık interaksyonunun etkisi.



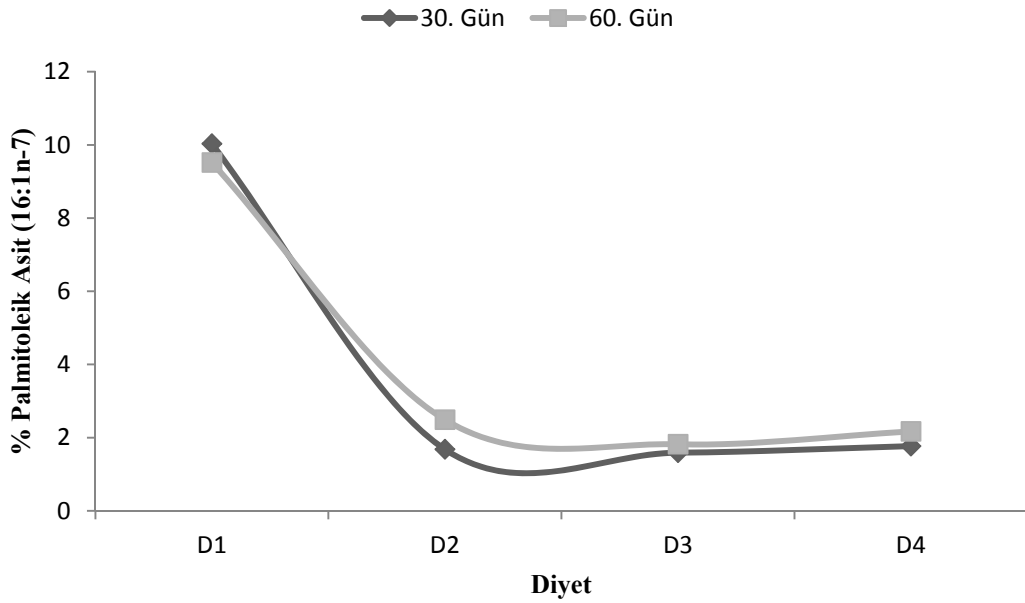
Şekil 4.18. Oleik asit bakımından beslenme periyodu x diyet interaksiyonunun etkisi.



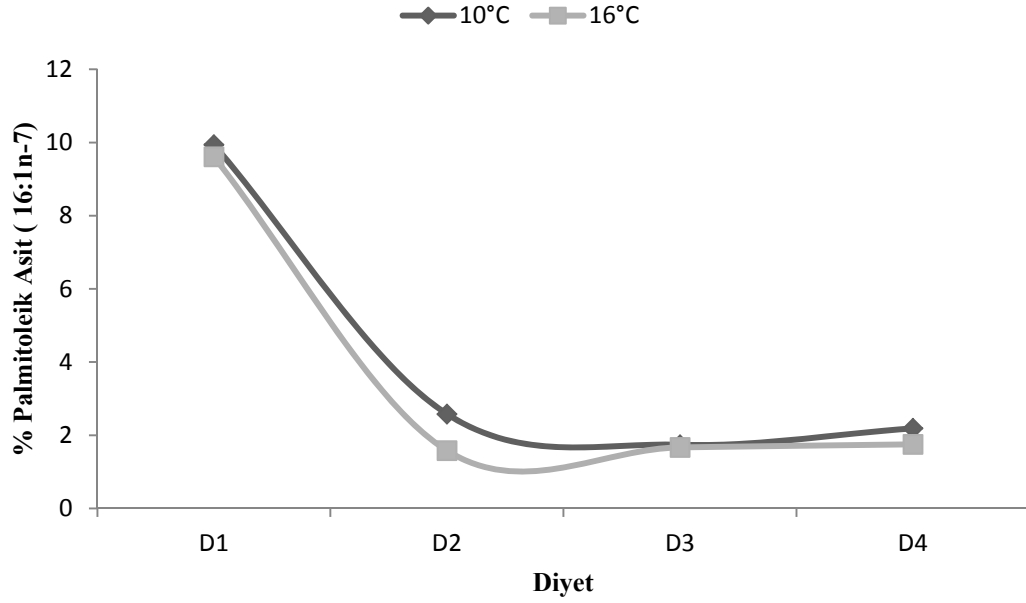
Şekil 4.19. Oleik asit bakımından sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.

Bitkisel kaynaklı yağ içeren diyetlerle beslenen gruplarda (D2, D3 ve D4) 16:1n-7 (Palmitoleik asit-POA) ortalama %1-2 arasında iken balık yağı içeren yemlerle beslene

gruaplarda ise POA'nın oranı %9,5-10 arasında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.7). Balık yağı (D1) diyetlerinde tekli doymamış yağ asitleri grubunun oleik asitten sonra en önemli üyesi olan palmitoleik asit diyetler, sıcaklık ve besleme periyodundan çok önemli ($p<0,01$) derecede etkilenmiştir (Çizelge 4.8). Sıcaklığın artması ile birlikte POA seviyesinde azalma olduğu ve farklılığın istatistiki olarak önemi olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Besleme periyodunda POA üzerine çok önemli ($p<0,01$) etki gösterdiği ve besleme periyodunun uzaması ile balık dokularındaki birikiminin arttığı farklılığın ise istatistiki olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Bu yağ asidi bakımından besleme periyodu x sıcaklık interaksiyonunun önemli etkisinin ($p<0,05$) olduğu (Şekil 4.20), sıcaklık x diyet interaksiyonunun ise çok önemli ($p<0,01$) etki gösterdiği Şekil 4.21'de görüldüğü gibi tespit edilmiştir.



Şekil 4.20. Palmitoleik asit bakımından besleme periyodu x diyet interaksiyonunun etkisi.



Şekil 4.21. Palmitoleik asit bakımından sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.

İstatistiki analizler neticesinde grupların toplam MUFA, OA ve POA değerlerinin birbirlerinden önemli derecede farklı olduğu anlaşılmıştır (Çizelge 4.7). Oleik asit, palmitoleik asit ve 18:1n-7 yağ asitlerinin dışında belirlenen diğer tekli duymamış yağ asitlerinin (14:1, 15:1, 17:1, 20:1 n-11, 20:1 n-9 ve 24:1 n-9) miktarları düşük düzeyde olmalarına rağmen hem uygulamalar hem de gruplar arasında bu yağ asitleri bakımından farklılıklar olduğu ve farklılığın istatistiki olarak önem arz ettiği belirlenmiştir ($p < 0,05$).

Çizelge 4.7. İki farklı sıcaklıkta dört farklı yağ içeren diyetlerle beslenen gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavrularının tüm vücut tekli doymamış yağ asitleri profili.

Sıcaklık Diyet	10°C				16°C			
	D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4
	30. Gün				30. Gün			
14:1	0,16±0,01 ^a	0,02±0,01 ^b	0,03±0,01 ^b	0,03±0,01 ^b	0,16±0,01 ^a	0,02±0,01 ^b	0,05±0,05 ^b	0,03±0,01 ^b
15:1	0,06±0,01 ^a	0,06±0,03 ^a	0,05±0,02 ^a	0,04±0,02 ^a	0,09±0,01 ^a	0,03±0,01 ^c	0,04±0,01 ^{bc}	0,05±0,01 ^b
16:1 n-7	10,25±0,57 ^a	1,99±0,27 ^b	1,49±0,41 ^b	1,84±0,17 ^b	9,81±0,13 ^a	1,38±0,11 ^c	1,70±0,20 ^b	1,70±0,20 ^b
17:1	0,28±0,03 ^a	0,04±0,04 ^b	0,08±0,02 ^b	0,07±0,03 ^b	0,23±0,04 ^b	0,03±0,01 ^e	0,04±0,01 ^{de}	0,07±0,01 ^{de}
18:1n-9	15,39±0,99 ^d	23,68±0,42 ^a	17,94±0,66 ^c	20,65±0,15 ^b	14,83±0,38 ^c	22,77±0,69 ^a	19,71±0,17 ^b	20,32±0,46 ^b
18:1n-7	4,31±0,29 ^a	2,19±0,06 ^b	1,42±0,13 ^c	1,90±0,15 ^b	4,51±0,32 ^a	2,20±0,03 ^b	1,75±0,12 ^c	2,01±0,15 ^{bc}
20:1 n-11	0,10±0,02 ^b	0,17±0,05 ^a	0,07±0,03 ^c	0,13±0,01 ^{ab}	0,14±0,04 ^a	0,16±0,02 ^a	0,15±0,08 ^a	0,11±0,01 ^a
20:1 n-9	1,14±0,08 ^a	0,63±0,01 ^b	0,33±0,05 ^c	0,59±0,15 ^b	1,29±0,20 ^a	0,75±0,10 ^b	0,60±0,18 ^b	0,50±0,09 ^b
22:1 n-9	0,40±0,09 ^b	0,94±0,10 ^a	0,15±0,13 ^c	0,13±0,08 ^c	0,45±0,05 ^b	1,01±0,28 ^a	0,20±0,16 ^b	0,19±0,07 ^b
24:1n-9	0,43±0,11 ^a	0,18±0,07 ^b	0,15±0,05 ^b	0,18±0,09 ^b	0,40±0,12 ^a	0,14±0,06 ^b	0,26±0,12 ^{bc}	0,14±0,04 ^b
Σ MUFA	32,52±0,67 ^a	29,90±0,16 ^b	21,72±0,58 ^d	25,57±0,10 ^c	31,93±0,25 ^a	28,48±0,44 ^b	24,49±0,28 ^c	25,13±0,71 ^c
	60. Gün				60. Gün			
14:1	0,15±0,01 ^a	0,04±0,02 ^{bc}	0,02±0,01 ^c	0,09±0,06 ^{ab}	0,16±0,01 ^a	0,03±0,01 ^a	0,20±0,17 ^a	0,03±0,01 ^a
15:1	0,10±0,04 ^a	0,04±0,01 ^a	0,08±0,02 ^a	0,11±0,06 ^a	0,08±0,01 ^a	0,07±0,05 ^a	0,08±0,05 ^a	0,09±0,07 ^a
16:1 n-7	9,63±0,21 ^a	3,17±0,42 ^b	1,99±0,36 ^c	2,55±0,24 ^c	9,42±0,28 ^a	1,80±0,19 ^b	1,65±0,17 ^b	1,80±0,25 ^b
17:1	0,40±0,04 ^a	0,05±0,01 ^c	0,15±0,08 ^b	0,09±0,02 ^{bc}	0,29±0,01 ^a	0,09±0,03 ^b	0,06±0,02 ^b	0,11±0,07 ^b
18:1n-9	13,31±0,59 ^d	23,98±0,28 ^a	16,17±0,91 ^c	20,24±0,11 ^b	15,00±0,13 ^c	24,15±0,41 ^a	18,62±2,14 ^b	20,43±0,93 ^b
18:1n-7	4,05±0,10 ^a	2,35±0,08 ^b	1,68±0,37 ^c	0,07±0,14 ^{bc}	4,32±0,13 ^a	2,41±0,09 ^b	1,72±0,15 ^c	1,91±0,15 ^c
20:1 n-11	0,10±0,03 ^a	0,17±0,06 ^a	0,13±0,05 ^a	0,15±0,03 ^a	0,16±0,02 ^a	0,17±0,02 ^a	0,08±0,02 ^b	0,07±0,05 ^b
20:1 n-9	1,05±0,13 ^a	0,58±0,12 ^b	0,52±0,13 ^b	0,55±0,22 ^b	1,27±0,15 ^a	0,81±0,23 ^b	0,58±0,17 ^b	0,61±0,21 ^b
22:1 n-9	0,43±0,07 ^{ab}	0,48±0,14 ^a	0,21±0,16 ^{bc}	0,19±0,04 ^c	0,40±0,01 ^b	0,69±0,11 ^a	0,20±0,05 ^b	0,24±0,03 ^b
24:1n-9	0,33±0,15 ^a	0,23±0,11 ^{ab}	0,06±0,05 ^b	0,22±0,11 ^{ab}	0,33±0,08 ^a	0,19±0,04 ^b	0,19±0,07 ^b	0,15±0,03 ^b
Σ MUFA	29,53±0,89 ^b	31,11±0,45 ^a	21,02±0,95 ^d	26,26±0,28 ^c	31,44±0,35 ^a	30,42±0,83 ^a	23,39±2,12 ^b	25,45±1,48 ^b

$\bar{X} \pm S \bar{x}$ = Ortalama±Ortalamının Standart Sapması, n=3 Farklı harfler birbirinden farklı olan grupları göstermektedir, p<0,05

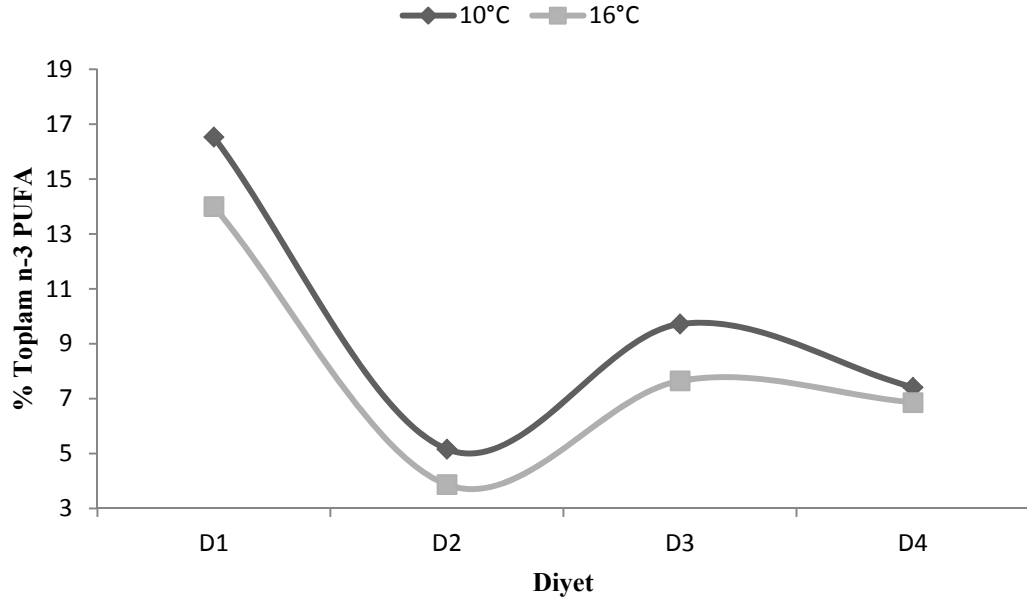
Çizelge 4.8. İki farklı sıcaklıkta dört farklı yağ içeren diyetlerle beslenen gökkuşacağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavrularının tüm vücut tekli doymamış yağ asitlerine ait varyans analiz tablosu.

	14:1	15:1	16:1 n-7	17:1	18:1 n-9	18:1 n-7	20:1 n-11	20:1 n-9	22:1 n-9	24:1 n-9	Σ MUFA
Diyet (D)											
D1	0,16±0,01 ^a	0,08±0,03 ^a	9,78±0,39 ^a	0,03±0,07 ^a	14,63±0,97 ^d	4,30±0,26 ^a	0,12±0,04 ^b	1,18±0,16 ^a	0,42±0,06 ^b	0,37±0,11 ^a	31,36±1,27 ^a
D2	0,03±0,02 ^c	0,05±0,03 ^b	2,08±0,73 ^b	0,05±0,03 ^c	23,64±0,69 ^a	2,29±0,11 ^b	0,17±0,04 ^a	0,69±0,15 ^b	0,78±0,26 ^a	0,19±0,07 ^b	29,98±1,10 ^b
D3	0,08±0,11 ^b	0,06±0,03 ^{ab}	1,71±0,32 ^d	0,08±0,05 ^{bc}	18,11±1,69 ^c	1,64±0,23 ^d	0,11±0,06 ^b	0,51±0,16 ^c	1,19±0,11 ^c	0,16±0,09 ^b	22,66±1,76 ^d
D4	0,05±0,04 ^{bc}	0,07±0,05 ^{ab}	1,97±0,39 ^c	0,09±0,04 ^b	20,41±0,47 ^b	1,97±0,14 ^c	0,12±0,04 ^b	0,56±0,16 ^c	0,19±0,06 ^c	0,17±0,07 ^b	25,61±0,83 ^c
P	**	Ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Sıcaklık (C)											
10°C	0,07±0,05	0,07±0,03	4,11±3,48 ^a	0,15±0,12 ^a	18,92±3,74 ^b	2,49±1,04 ^b	0,13±0,05	0,67±0,29	0,37±0,27	0,23±0,13	27,21±4,11
16°C	0,08±0,09	0,07±0,04	3,65±3,52 ^b	0,11±0,09 ^b	19,48±3,25 ^a	2,60±1,09 ^a	0,13±0,05	0,80±0,33	0,42±0,29	0,22±0,11	27,59±3,35
P	Ns	Ns	**	**	*	*	Ns	*	Ns	Ns	Ns
Beslenme Periyodu (G)											
30. Gün	0,06±0,06	0,05±0,02 ^b	3,77±3,70 ^b	0,11±0,09 ^b	19,41±3,08	2,54±1,14	0,13±0,05	0,73±0,33	0,44±0,35	0,24±0,13	27,47±3,69
60. Gün	0,09±0,09	0,08±0,04 ^a	4,00±3,30 ^a	0,13±0,09 ^a	18,99±3,89	2,56±1,00	0,13±0,05	0,75±0,30	0,35±0,19	0,21±0,11	27,33±3,82
P	Ns	**	**	**	Ns	Ns	Ns	Ns	*	Ns	Ns
İnteraksiyonlar											
GxS	Ns	Ns	*	Ns	*	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
GxD	Ns	Ns	**	Ns	*	*	*	Ns	**	Ns	**
SxD	*	Ns	**	**	**	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	**
SxGxD	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns

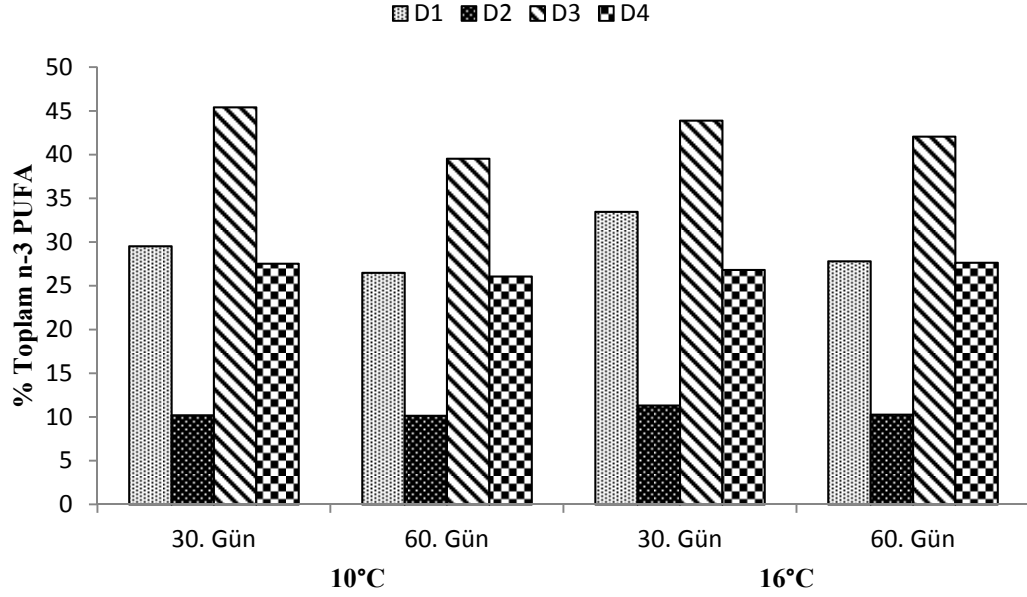
** : Çok Önemli, * : Önemli, Ns : Önemsiz

5.9. Yavru Gökkuşığı Alabalıklarının Çoklu Doymamış Yağ Asidi (n-3 PUFA) Profilleri

Araştırma bulguları toplam n-3 PUFA bakımından incelendiğinde en yüksek değerler Çizelge 4.9. da görüldüğü gibi hem 10°C hem de 16°C de ve her iki örnekleme döneminde 18:3n-3 (ALA) bakımından zengin olan keten tohumu yağı içeren D3 diyetleriyle beslene guruplarda, en düşük değerler ise ALA bakımından fakir olan soya yağı (D2) diyet gruplarında tespit edilmiştir. Diyet grupları arasında toplam n-3 PUFA miktarları arasında çok önemli ($p<0,01$) farklılık olduğu belirlenmiş olup varyasyon kaynaklarına ait sonuçlar Çizelge 4.10'da Duncan Çoklu Karşılaştırma Test verileri ise Çizelge 4.9'da verilmiştir. Bu parametre bakımından sıcaklığın ve besleme periyodunun çok önemli etkisinin ($p<0,01$) olduğu yapılan analizler sonucunda elde edilmiştir (Çizelge 4.10). Toplam n-3 PUFA bakımından beslenme periyodu x sıcaklık ve beslenme periyodu x diyet intraksiyonlarının ($p>0,05$) etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.10). Sıcaklık x diyet interaksiyonu incelendiğinde düşük su sıcaklığında 16°C' ye göre daha yüksek oranda n-3 PUFA miktarı olduğu belirlenmiş olup interaksiyonun çok önemli ($p<0,01$) etkisinin olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.22). Bir diğer interaksiyon olarak analiz edilen sıcaklık x beslenme periyodu x diyet etkileşiminin de $p<0,01$ 'e göre çok önemli olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.23).



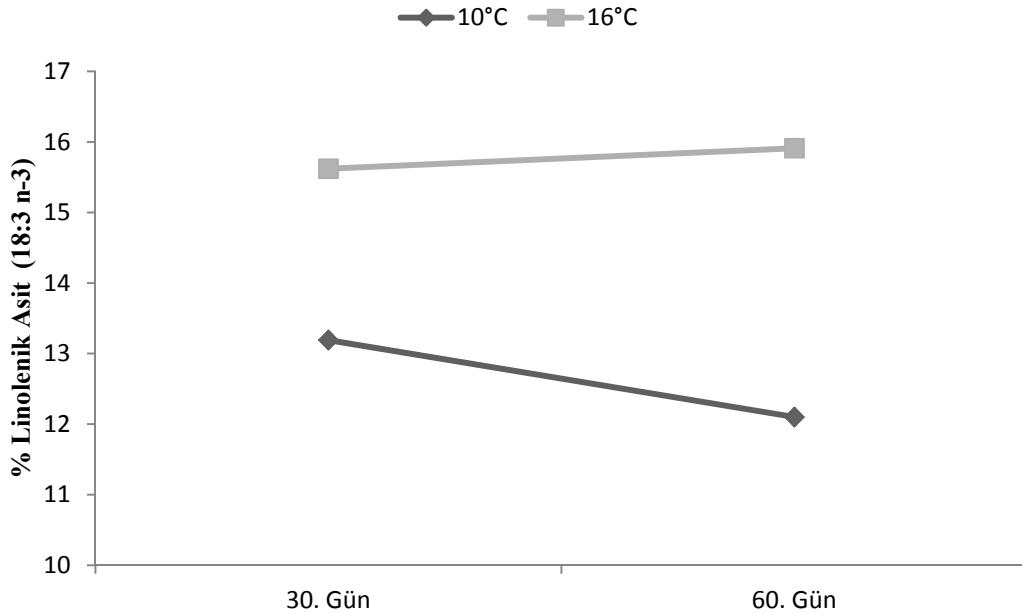
Şekil 4.22. Toplam n-3 çoklu doymamış yağ asitleri bakımından sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.



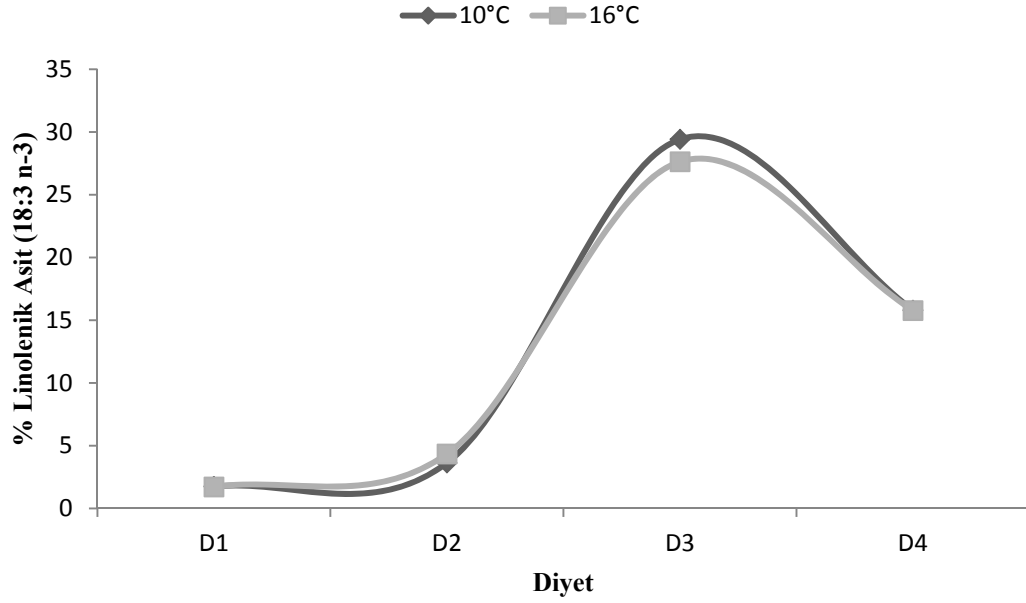
Şekil 4.23. Toplam n-3 çoklu doymamış yağ asitleri bakımından sıcaklık x beslenme periyodu x diyet interaksiyonunun etkisi.

Araştırma sonunda en yüksek ALA 10°C su sıcaklığında yetiştirilen balıklarda %31,32±0,41 oranında ve deneme sonunda ise %28,58±1,46 ile yine D3 grubunda 16°C uygulamasında belirlenmiştir. Balık yağı grubunda ise en yüksek ALA %16,21±0,65 ile 10°C su sıcaklığın da ilk örnekleme döneminde en düşük oran ise %15,39±0,28 ile yine aynı sıcaklığın ikinci örnekleme döneminde belirlenmiştir. Uygulamalar arasındaki farklılığın istatistik açıdan önemli olmadığı görülmüştür ($p<0,05$), (Çizelge 4,9).

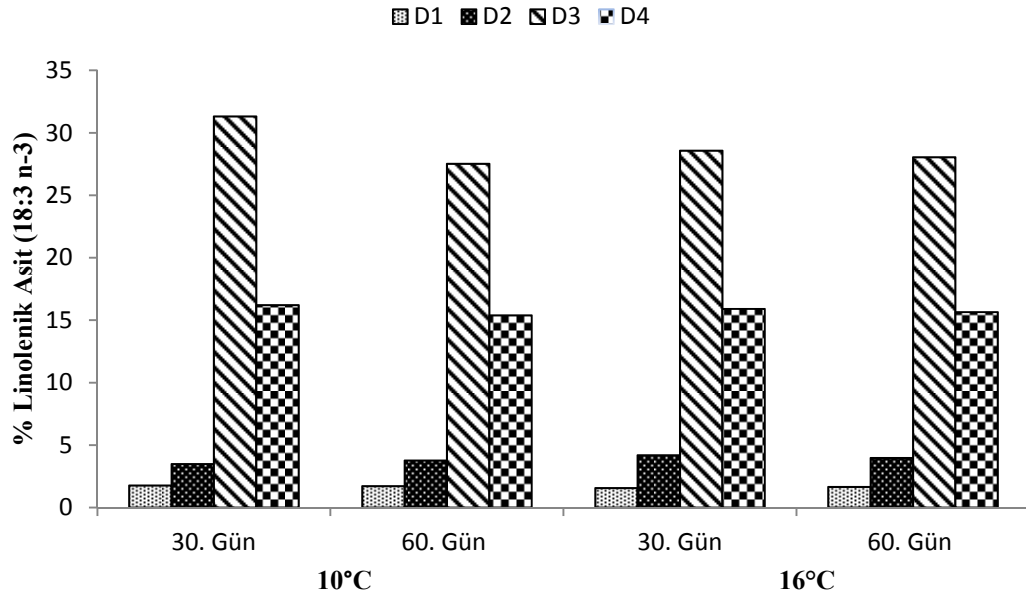
Balıkların tüm vücutlarında yapılan analizlerde linolenik asit miktarının diyetlerden çok önemli seviyede ($p<0,01$) etkilendiği görülmesine rağmen sıcaklık ve beslenme periyotlarının bu yağ asidi miktarını etkilemediği ($p>0,05$) belirlenmiştir (Çizelge 4.10).Yapılan analizler sonucunda beslenme periyodu x sıcaklık (Şekil 5.24), beslenme periyodu x diyet (Şekil 4.25) ve sıcaklık x beslenme periyodu x diyet (Şekil 4.26) etkileşimlerinin 18:3n-3 yağ asidini önemli derecede ($p<0,01$) etkilendiği fakat beslenme periyodu x diyet etkileşiminin bu yağ asidi üzerine bir etkisinin ($p>0,05$) olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.10).



Şekil 4.24. Linolenik aside (18:3n-3, ALA) beslenme periyodu x sıcaklık etkileşiminin etkisi.



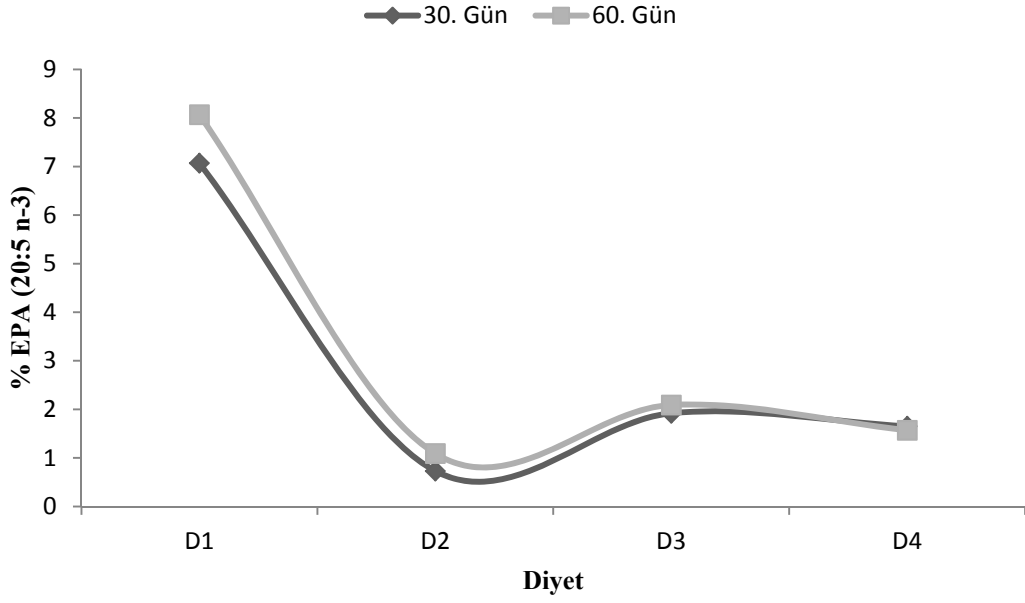
Şekil 4.25. Linolenik aside (18:3n-3, ALA) sıcaklık x diyet interaksyonunun etkisi.



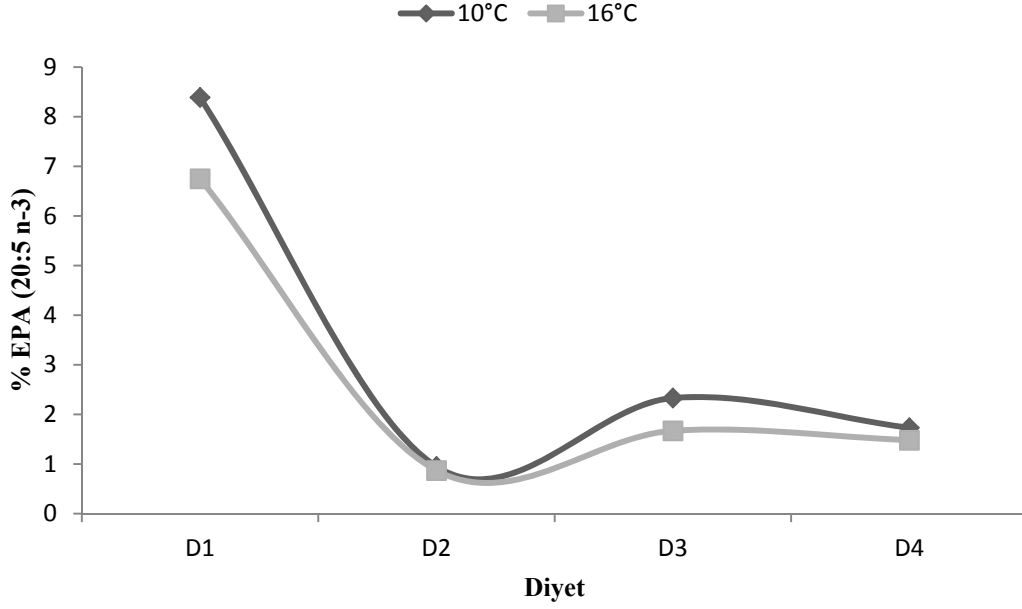
Şekil 4.26. Linolenik aside (18:3n-3, ALA) beslenme periyodu x sıcaklık x diyet interaksyonunun etkisi.

Bu grup içerisinde yer alan önemli bir yağ asidi olan Eikosapentaenoik asidin (20:5n-3, EPA) en yüksek oranları D1 yemi ile beslenen balıkların soğuk su uygulamalarında en

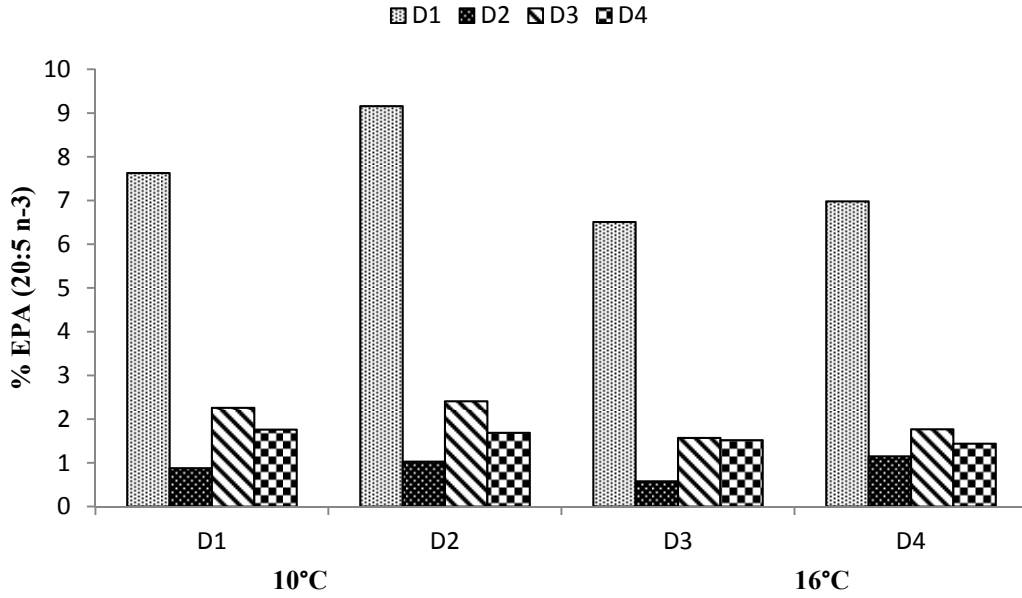
düşük eğerler ise D2 grubu balıklarında her iki sıcaklık uygulamasında belirlenmiştir. Balık yağı (D1) içeren diyetlerde EPA miktarı %6,51-9,16, soya yağı (D2) içeren diyetlerde %0,59-1,15, keten tohumu yağı (D3) içeren diyetlerde %1,57-2,41 ve ketentohumu ve soya yağı karışımı (D4) yağı içeren diyetlerde ise %1,45-1,76 aralığında belirlenmiştir. Düşük su sıcaklığı (10°C) uygulamasında her iki örnekleme döneminde diyet grupları arasındaki EPA miktarı istatistiki olarak karşılaştırıldığında farklılık $p < 0,05$ 'e göre önemli bulunmuştur (Çizelge 4.9). Balıkların tüm vücut örneklerinden belirlenen EPA'nın diyet grupları, sıcaklık ve beslenme periyodundan önemli derecede ($P < 0,01$) etkilendiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.10). Bu yağ asidi üzerine besleme periyodu x sıcaklık interaksiyonunun etkisi olmadığı ($p > 0,05$), beslenme periyodu x diyet, Sıcaklık x diyet ve sıcaklık x beslenme periyodu x diyet interaksiyonlarının çok önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0,01$). Beslenme periyodu x diyet interaksiyonu Şekil 4.27'de görüldüğü gibi 60.günde 30. güne nazaran D4 diyeti haricindeki diyet gruplarında daha yüksek oranda olduğu belirlenmiştir. Sıcaklık x diyet interaksiyonunda ise tüm diyet gruplarında 10°C'de 16°Cye göre daha yüksek oranda EPA birikimi olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.28). Diğer bir interaksiyon olarak hesaplan sıcaklık x beslenme periyodu x diyet ise diyet grupları arasında beslendikleri yemlerin yağ asidi profilleri ile paralellik arz ettikleri belirlenmiştir (Şekil 4.29).



Şekil 4.27. Eikosapentaenoik asidin (20:5n-3, EPA) beslenme periyodu x diyet interaksiyonunun etkisi.



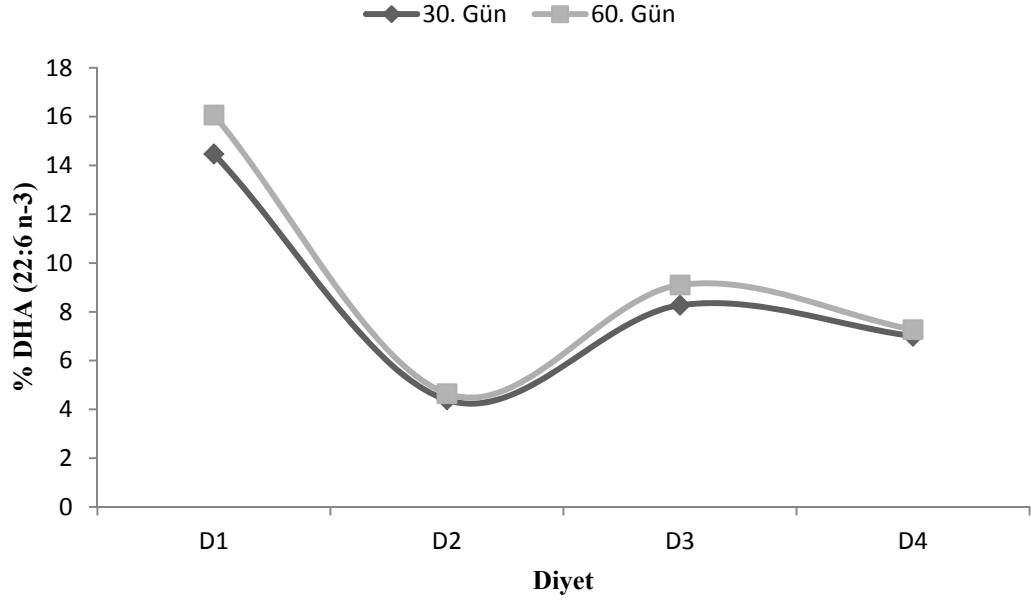
Şekil 5.28. Eikosapentaenoik asidin (20:5n-3, EPA) sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.



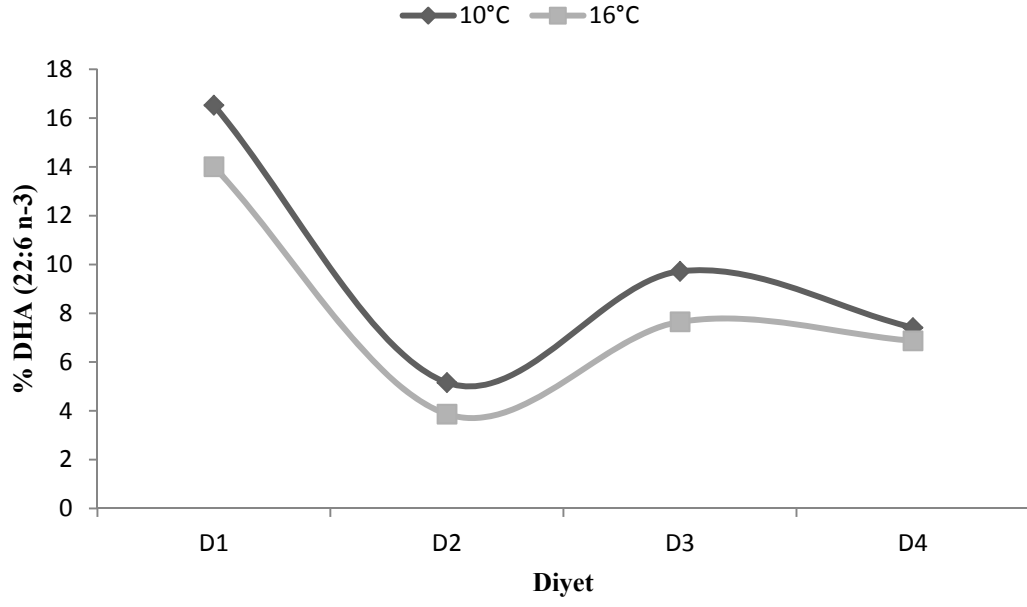
Şekil 4.29. Eikosapentaenoik asidin (20:5n-3, EPA) beslenme periyodu x sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.

Diğer bir n-3 PUFA yağ asidi olan dokosaheksaenoik asit (22:6 n-3, DHA) yağ asidinin en yüksek oranları D1 diyetleri ile beslenen grubunda %13,48-17,60 oranları arasında tespit edilmiştir. En düşük 22:6n-3 ise düşük miktarda 18:3n-3 yağ asidi ihtiva eden soya yağı içeren diyetler ile beslene gruplarda %3,78-5,51 aralığında bulunmuştur. Yüksek miktarda 18:3n-3 yağ asidi içeren D2 diyetleri ile beslene balıklarda %7,25-10,16, karma yağ grubu balıklarında ise %6,66-7,47 oranında olduğu görülmüştür. Diyetler arasındaki farklılığın istatistiki açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir. D1 ve D2 gruplarında düşük su sıcaklığının da her iki döneme arasında farklılık istatistiki açıdan önemli bulunmazken bu yemin diğer uygulamalarındaki farklılığın önemli olduğu görülmüştür. Keten tohumu yağı (D4) grubunda DHA bakımında her iki dönemde 10°C su sıcaklığı uygulamasında farklılığın önemsiz diğer sıcaklık uygulamasında ise istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Araştırmanın dördüncü grubu olan karma yem (D4) muamelesinde ise DHA seviyesin gruplar arasında farklılık arz etmediği tespit edilmiştir ($p>0,05$). Bu yağ asidi bakımından diyet, sıcaklık ve beslenme periyodu uygulamalarının çok önemli etkisinin ($p<0,01$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5.10).

Balıklarda DHA birikimi ile beslenme periyodu x sıcaklık ve sıcaklık x beslenme periyodu x diyet interaksyonlarının etkisi olmadığı ($p>0,05$), fakat beslenme periyodu x diyet ve sıcaklık x diyet interaksyonlarının çok önemli ($p<0,01$) etkilerinin olduğu tespit edilmiştir. Beslenme periyodu x diyet interaksyonu Şekil 4.30'de incelendiğinde tüm diyet gruplarında 60. günde 30. günden daha yüksek DHA oranı belirlenmiştir. Sıcaklığın artması ile dokulardaki DHA birikiminin azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.31).



Şekil 4.30. Dokosaheksaenoik asit (22:6 n-3, DHA) beslenme periyodu x diyet interaksyonunun etkisi.



Şekil 4.31. Dokosaheksaenoik asit (22:6 n-3, DHA) sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.

Çizelge 4.9. İki farklı sıcaklıkta dört farklı yağ içeren diyetlerle beslenen gökkuşacağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavrularının tüm vücut n-3 ve n-4 çoklu doymamış yağ asidi profili.

Sıcaklık	10°C				16°C			
	D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4
	30. Gün				30. Gün			
18:3 n-3	1,78±0,24 ^d	3,49±0,16 ^c	31,32±0,41 ^a	16,21±0,65 ^b	1,87±0,40 ^d	4,50±0,34 ^c	26,71±0,61 ^a	15,62±0,63 ^b
18:4 n-3	0,34±0,06 ^a	0,16±0,05 ^b	-	0,09±0,01 ^b	0,28±0,04 ^a	0,16±0,06 ^{ab}	0,10±0,14 ^b	0,03±0,01 ^b
20:3 n-3	0,19±0,08 ^b	0,15±0,05 ^b	0,26±0,05 ^b	0,63±0,09 ^a	0,16±0,02 ^c	0,17±0,06 ^c	1,45±0,10 ^a	0,74±0,21 ^b
20:4 n-3	1,34±0,14 ^b	0,25±0,11 ^d	1,60±0,10 ^a	0,71±0,06 ^c	1,19±0,07 ^{ab}	0,35±0,02 ^c	1,62±0,54 ^a	0,89±0,35 ^{bc}
20:5 n-3	7,62±0,13 ^a	0,88±0,25 ^d	2,26±0,13 ^b	1,76±0,05 ^c	6,51±0,18 ^a	0,59±0,05 ^c	1,57±0,15 ^b	1,53±0,07 ^b
22:5 n-3	2,76±0,31 ^a	0,44±0,15 ^b	0,69±0,07 ^b	0,76±0,16 ^b	2,98±0,51 ^a	0,40±0,04 ^b	0,83±0,19 ^b	0,59±0,05 ^b
22:6n-3	15,47±0,33 ^a	4,82±0,34 ^d	9,29±0,60 ^b	7,35±0,37 ^c	13,48±0,07 ^a	3,96±0,24 ^d	7,25±0,27 ^b	6,66±0,43 ^c
∑ n-3 PUFA	29,52±0,23 ^b	10,19±0,57 ^d	45,42±0,59 ^a	27,53±0,81 ^c	26,48±0,68 ^b	10,15±0,18 ^c	39,54±0,71 ^a	26,06±0,88 ^b
16:2 n-4	1,25±0,05 ^a	0,20±0,04 ^b	0,13±0,01 ^c	0,17±0,02 ^{bc}	1,26±0,07 ^a	0,15±0,04 ^b	0,17±0,02 ^b	0,19±0,06 ^b
16:3 n-4	0,95±0,07 ^a	0,11±0,03 ^b	0,08±0,03 ^b	0,12±0,03 ^b	0,81±0,07 ^a	0,12±0,01 ^b	0,12±0,02 ^b	0,13±0,04 ^b
	60. Gün				60. Gün			
18:3 n-3	1,72±0,39 ^d	3,78±0,52 ^c	27,53±1,60 ^a	15,39±0,28 ^b	1,57±0,42 ^d	4,19±0,15 ^c	28,58±1,46 ^a	15,91±0,74 ^b
18:4 n-3	0,36±0,03 ^a	0,04±0,01 ^c	0,16±0,02 ^b	0,05±0,02 ^c	0,34±0,03 ^a	0,04±0,01 ^a	0,03±0,02 ^a	0,99±1,66 ^a
20:3 n-3	0,13±0,06 ^c	0,19±0,03 ^c	1,05±0,12 ^a	0,44±0,02 ^b	0,21±0,02 ^c	0,16±0,01 ^c	1,25±0,17 ^a	0,78±0,21 ^b
20:4 n-3	1,40±0,19 ^{ab}	0,24±0,03 ^c	1,70±0,31 ^a	0,99±0,23 ^b	1,19±0,04 ^b	0,32±0,09 ^d	1,63±0,25 ^a	0,87±0,13 ^c
20:5 n-3	9,16±0,01 ^a	1,03±0,15 ^d	2,41±0,37 ^b	1,69±0,25 ^c	6,99±0,15 ^a	1,15±0,54 ^c	1,77±0,10 ^b	1,45±0,12 ^{bc}
22:5 n-3	3,09±0,21 ^a	0,52±0,10 ^c	0,87±0,17 ^b	0,77±0,19 ^{bc}	2,96±0,17 ^a	0,62±0,18 ^c	0,75±0,07 ^b	0,58±0,11 ^b
22:6n-3	17,60±0,90 ^a	5,51±0,36 ^d	10,16±0,87 ^b	7,47±0,38 ^c	14,53±0,90 ^b	3,78±0,72 ¹	8,04±0,60 ^c	7,07±0,80 ^{ct}
∑ n-3 PUFA	33,47±1,24 ^b	11,32±0,62 ^d	43,89±0,92 ^a	26,82±0,69 ^c	27,80±0,92 ^b	10,28±0,24 ^c	42,07±1,96 ^a	27,65±2,75 ^b
16:2 n-4	1,28±0,01 ^a	0,16±0,05 ^b	0,20±0,09 ^b	0,15±0,06 ^b	1,35±0,04 ^a	0,24±0,08 ^b	0,25±0,06 ^b	0,19±0,04 ^b
16:3 n-4	1,04±0,03 ^a	0,12±0,04 ^b	0,23±0,12 ^b	0,09±0,07 ^b	0,91±0,01 ^a	0,18±0,03 ^b	0,17±0,04 ^b	0,13±0,03 ^b

$\bar{X} \pm S \bar{x}$ =Ortalama±Ortalamanın Standart Sapması, n=3 Farklı harfler birbirinden farklı olan grupları göstermektedir, p<0,05.

Çizelge 4.10. İki farklı sıcaklıkta dört farklı yağ içeren diyetlerle beslenen gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavrularının tüm vücut n-3 ve n-4 çoklu doymamış yağ asitlerine ait varyans analiz tablosu.

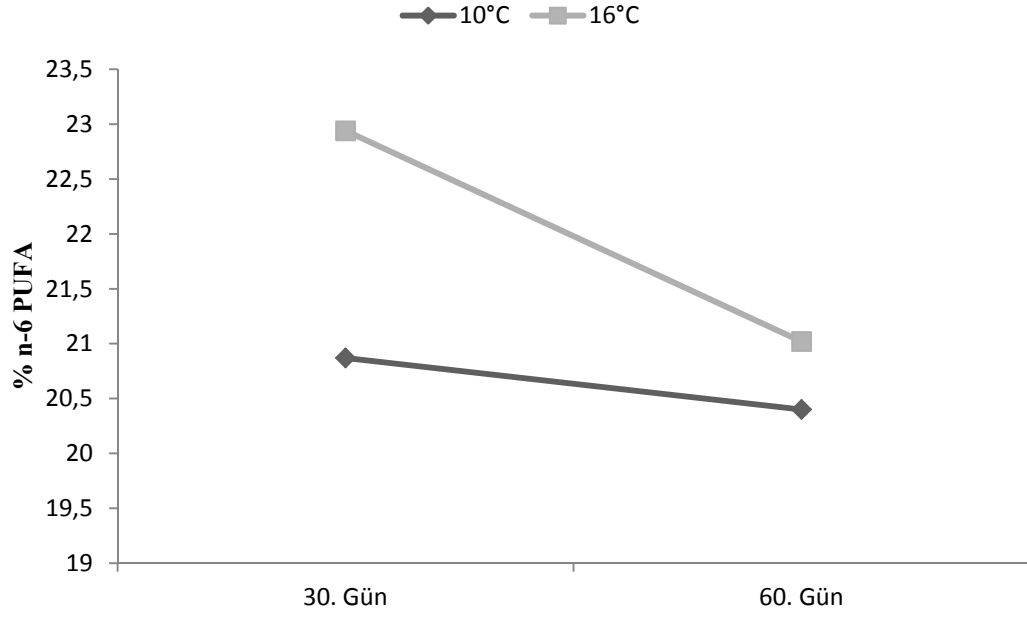
	18:3 n-3	18:4 n-3	20:3 n-3	20:4 n-3	20:5 n-3	22:5 n-3	22:6 n-3	Σ n-3 PUFA	16:2 n-4	16:3 n-4
Diyet (D)										
D1	1,73±0,33 ^d	0,33±0,05	0,17±0,05 ^c	1,28±0,15 ^b	7,57±1,04 ^a	2,95±0,30 ^a	15,27±1,68 ^a	29,32±2,83 ^b	1,29±0,05 ^a	0,93±0,09 ^a
D2	3,99±0,49 ^c	0,01±0,07	0,16±0,04 ^c	0,29±0,08 ^d	0,91±0,34 ^d	0,49±0,14 ^c	4,52±0,82 ^d	10,49±0,63 ^d	0,18±0,05 ^b	0,13±0,04 ^b
D3	28,53±2,06 ^a	0,07±0,09	1,00±0,48 ^a	1,64±0,29 ^a	2,01±0,40 ^b	0,79±0,14 ^b	8,68±1,28 ^b	42,73±2,49 ^a	0,18±0,06 ^b	0,15±0,08 ^b
D4	15,78±0,61 ^{bc}	0,29±0,82	0,64±0,19 ^b	0,87±0,22 ^c	1,61±0,18 ^c	0,67±0,15 ^b	7,14±0,55 ^c	27,02±1,47 ^c	0,18±0,04 ^b	0,12±0,04 ^b
P	**	Ns	**	**	**	**	**	**	**	**
Sıcaklık (C)										
10°C	12,65±11,37	0,15±0,13	0,38±0,31 ^b	1,03±0,57	3,35±3,04 ^a	1,24±1,02	9,71±4,41 ^a	28,52±12,44 ^a	0,44±0,48	0,34±0,39
16°C	12,37±10,52	0,25±0,58	0,62±0,51 ^a	1,01±0,52	2,69±2,43 ^b	1,21±1,05	8,10±3,81 ^b	26,25±11,16 ^b	0,47±0,49	0,32±0,32
P	Ns	Ns	**	Ns	**	Ns	**	**	Ns	Ns
Beslenme Periyodu (G)										
30. Gün	12,69±11,15	0,14±0,12	0,47±0,44	0,99±0,54	2,84±2,55 ^b	1,18±1,03	8,53±3,87 ^b	26,86±11,82 ^b	0,44±0,48	0,31±0,34 ^b
60. Gün	12,33±10,76	0,25±0,58	0,52±0,43	1,05±0,55	3,21±2,96 ^a	1,27±1,05	9,27±4,48 ^a	27,91±11,89 ^a	0,47±0,49	0,36±0,37 ^a
P	Ns	Ns	Ns	Ns	**	Ns	**	**	Ns	**
İnteraksiyonlar										
GxS	**	Ns	*	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
GxD	Ns	Ns	**	Ns	**	Ns	*	Ns	Ns	*
SxD	**	Ns	**	Ns	**	Ns	**	**	Ns	**
SxGxD	**	Ns	**	Ns	**	Ns	Ns	**	Ns	Ns

** : Çok Önemli, * : Önemli, Ns : Önemsiz

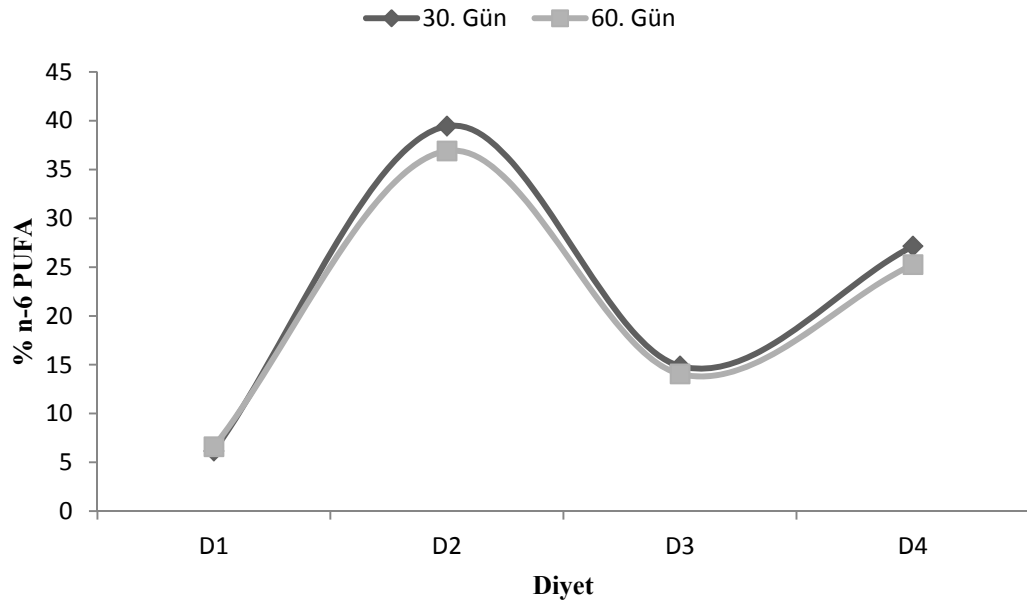
5.10. Çoklu Doymamış Yağ Asidi (n-6 PUFA) Profilleri

Toplam n-6 PUFA'lar bakımından guruplar ve uygulamalar incelendiğinde en yüksek değer 18:2 n-6 (Linoleik asit-LA) bakımından zengin olan soya yağı içeren D2 yemi ile beslenen gruplarda %35,99-41,21 oranları arasında belirlenmiştir. D2 diyetiyle beslenen balıklarda 30. gün 10°C uygulaması ile 60 gün 16°C uygulaması arasında istatistiki açıdan farklılık gözlenmez iken bu yemin diğer grupları arasındaki farklılığı $p<0,05$ 'e göre önemli olduğu belirlenmiştir. Gruplar ve uygulamalar arasındaki en düşük n-6 PUFA miktarı ise balık yağı içeren diyetler (D1) ile beslenen balıkların tüm vücutlarında %5,51- 6,84 oranları arasında tespit edilmiştir. Balık yağı (D1) grubu balıklarının muameleleri arasında n-6 PUFA değeri bakımından farklılığı Çizelge 4.11'de görüldüğü gibi istatistiki olarak çok önemli olmadığı belirlenmiştir. ($p<0,05$). Linolenik asit (18:3n-3) bakımından zengin olan keten tohumu yağı ihtiva eden diyetlerle (D3) beslenen balıklarda ise n-6 PUFA'lar %13,92-15,81 oranları aralığında tespit edilmiş olup bu yemin uygulamaları arasındaki farklılığın istatistiki olarak önemli olmadığı görülmüştür. Son olarak D4 grubu balıklarında ise bu parametre %24,75-27,96 değerleri arasında değiştiği ve bu diyetin muameleleri arasında n-6 PUFA miktarları arasındaki farklılığın Çizelge 4.11.'de görüldüğü gibi istatistiki açıdan önem arz ettiği tespit edilmiştir. Ayrıca örnekleme döneminde ve her iki su sıcaklığı uygulamasında diyetler arasındaki n-6 PUFA miktarları arasındaki farklılık istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

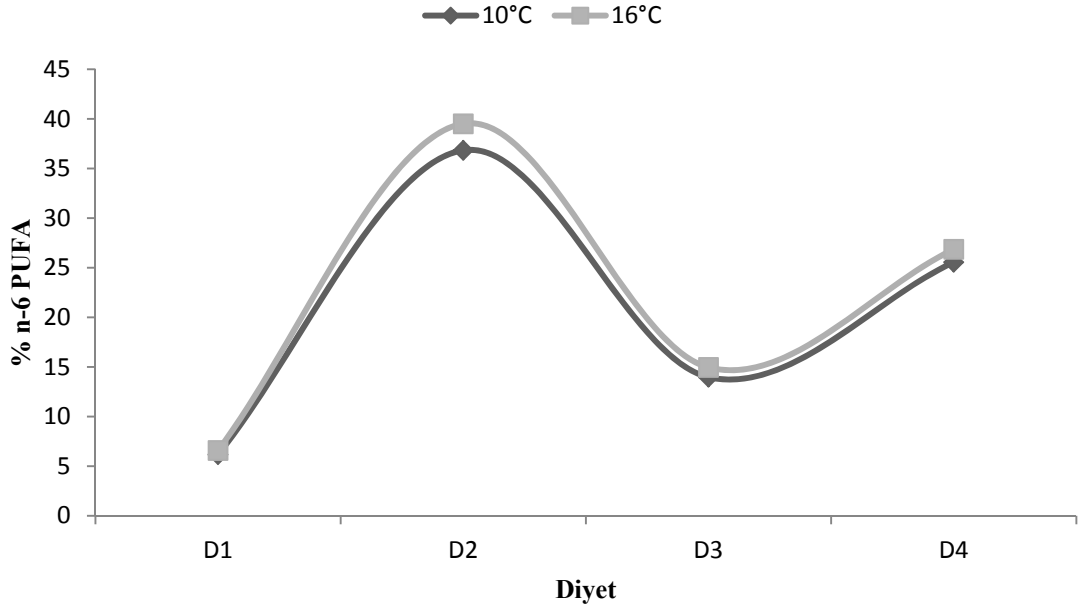
Toplam n-6 PUFA yağ asitleri ile beslenme periyodu x sıcaklık (Şekil 4.32), beslenme periyodu x diyet (Şekil 4.33) ve sıcaklık x diyet (Şekil 4.34) interaksyonları arasında çok önemli ($p<0,01$) ilişki olduğu, sıcaklık x beslenme periyodu x diyet interaksyonunun bu yağ asidi grubunu etkilemediği $p>0,05$ 'e göre belirlenmiştir Ayrıca diyetler, sıcaklık ve beslenme periyodunu uygulamaları ile n-6 PUFA arasında çok önemli bir ilişki olduğu tespit edilmiştir ($p<0,01$), (Çizelge 4.12).



Şekil 4.32. Toplam n-6 PUFA yağ asitlerine beslenme periyodu x sıcaklık interaksiyonunun etkisi.



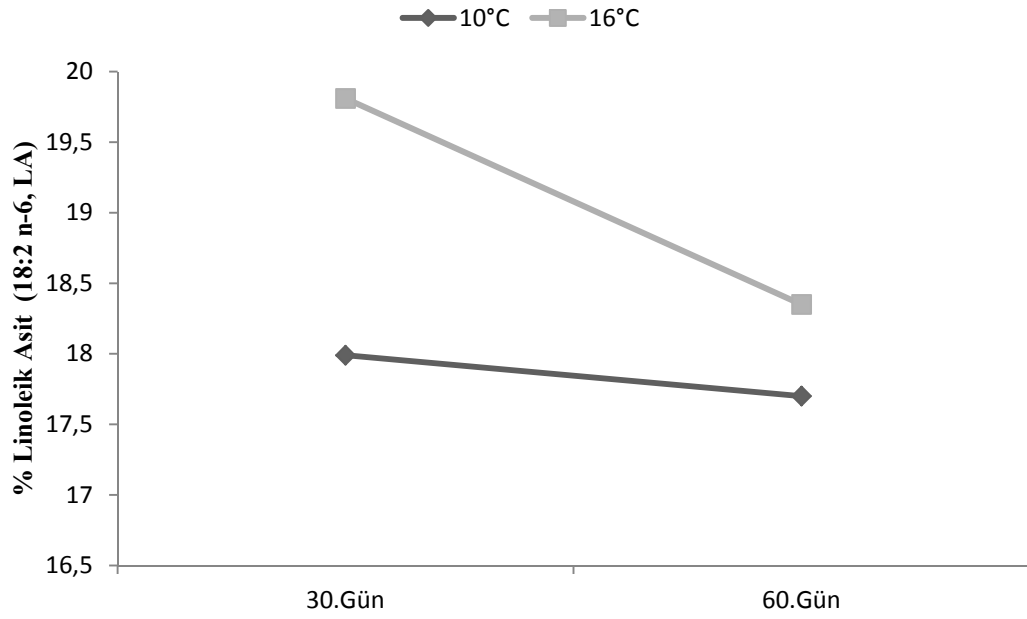
Şekil 4.33. Toplam n-6 PUFA yağ asitlerine beslenme periyodu x diyet interaksiyonunun etkisi.



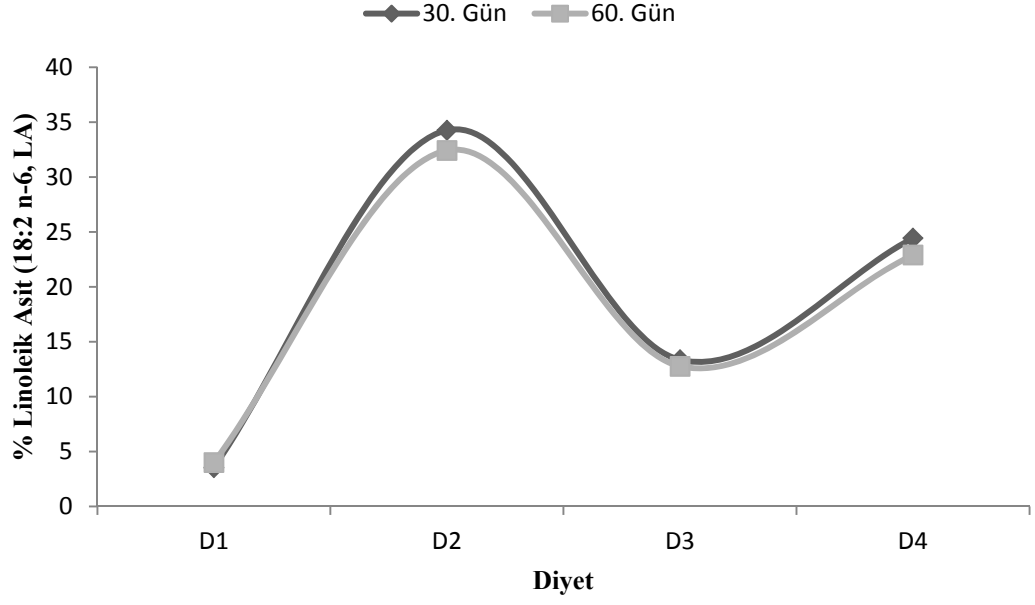
Şekil 4.34. Toplam n-6 PUFA yağ asitlerine sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.

Araştırma gruplarında deneme sonunda balıkların tüm vücutlarına ait LA yağ asitleri miktarı Çizelge 4.11’de verilmiştir. Gruplar ve uygulamalar içerisinde en yüksek LA miktarı 18:2n-6 yağ asidi bakımından zengin soya yağı içeren diyetler (D2) ile beslenen ve 16°C de yetiştirilen balıkların 30. gün örneklemelerinde %35,84±1,25 oranında belirlenmiştir. En düşük LA değeri ise 10°C de uygulamasında D1 yemi ile balıkların 30.gün örnekleme oranında tespit edilmiştir. Balık yağı (D1) ile beslenen grupların her iki sıcaklık ve beslenme periyodu dönemlerinde LA oranı %2,93±0,26-4,16±0,14 aralığında analiz edilmiş olup bu yem grubunun sıcaklık ve örnekleme dönemleri arasında 18:2n-6 yağ asidi bakımından farklılık istatistiki olarak önemli olmadığı görülmüştür ($p>0,05$). Soya yağı (D2) grubunda ise Çizelge 4.11’de görüldüğü gibi LA miktarı %31,58±0,37-35,84±1,29 aralığında tespit edilmiştir. Bu yem grubunda sıcaklık ve örnekleme dönemleri arasında 10°C su sıcaklığında 60. gün örnekleme oranının diğer uygulamalardan farklı olduğu istatistiki olarak belirlenmiştir ($p<0,05$). Keten tohumu yağı ihtiva eden (D3) diyetleri ile beslenen balıkların tüm vücutlarında ise bu yağ asidi %12,60±0,37-14,12±0,59 oranları arasında belirlenmiştir. Deneme sonu örnekleme oranının her iki sıcaklık ve 30. gün örnekleme oranının 10°C su sıcaklığı uygulamalarında farklılık istatistiki olarak önemli olmadığı ($p>0,05$)

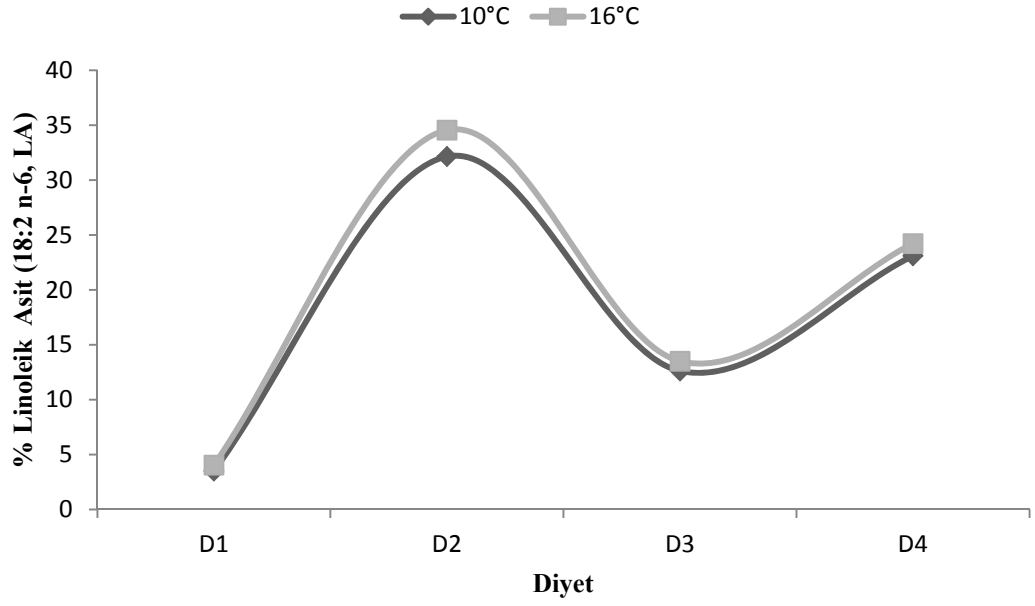
fakat 16°C su sıcaklığında yetiştirilen balıkların 30. gün örneklemeleri ile farklılığın önemli olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Karma yağ ihtiva eden D4 grubu örneklerinde 18:2n-6 yağ asidi $\%22,47\pm0,81-25,12\pm0,74$ aralığında belirlenmiş olup 60. gün örneklemelerinde sıcaklık uygulamaları arasında istatistiki farklılık olmadığı ($p>0,05$) fakat 30. Gün örneklemeleri ile farklılık gösterdiği tespit edilmiştir ($p<0,05$). Tüm gruplarda LA yağ asitleri miktarı n-6 PUFA miktarları ile paralellik göstermiştir.



Şekil 4.35. Linoleik aside beslenme periyodu x sıcaklık interaksiyonunun etkisi.



Şekil 4.36. Linoleik aside beslenme periyodu x diyet interaksiyonunun etkisi.



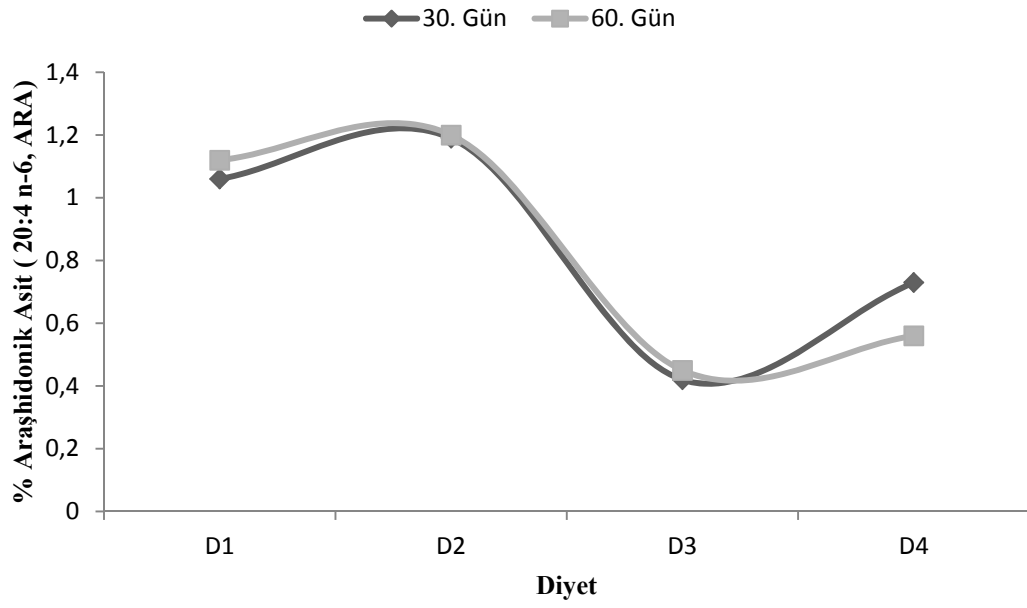
Şekil 4.37. Linoleik aside sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.

Bu grubun önemli yağ asidi olan linoleik asit ile diyet, sıcaklık ve beslenme periyodu arasında çok önemli bir interaksiyon olduğu ($p < 0,01$) Çizelge 4.12'de görüldüğü gibi

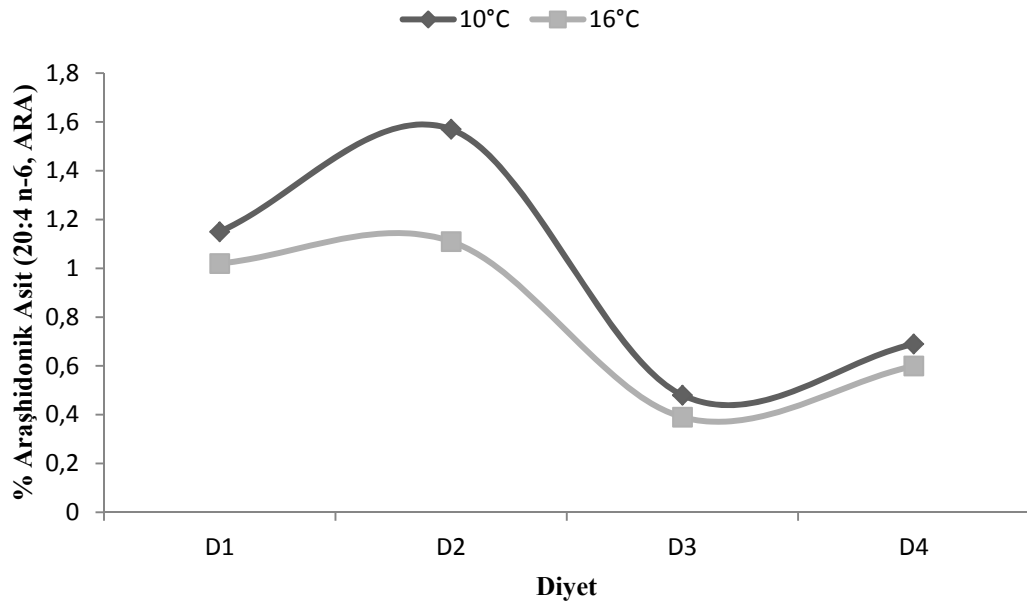
analiz edilmiştir. Ayrıca beslenme periyodu x sıcaklık (Şekil 4.35) ve sıcaklık x diyet (Şekil 4.37) ile 18:2n-6 arasında önemli bir interaksiyon olduğu ($p<0,05$) ve beslenme periyodu x diyet (Şekil 4.36) ile ALA arasında ise $p<0,01$ 'e göre çok önemli bir interaksiyon olduğu belirlenmiştir. Linoleik asit ile diyet, sıcaklık ve beslenme periyodu arasında çok önemli bir ilişki olduğu tespit edilmiştir ($p<0,01$).

Çoklu doymamış yağ asitleri grubunun önemli üyelerinden biri olan 20:4n-6 yağ asidi profilleri Çizelge 4.11'de verilmiştir. En yüksek ARA, D2 grubu diyetiyle beslenen balıklarda $1,10\pm 0,24-1,84\pm 0,20$ oranları arasında belirlenirken en düşük değerler $0,35\pm 0,03-0,55\pm 0,13$ oranları aralığında D3 diyetleri ile beslenen balıkların tüm vücutlarında belirlenmiştir. Araştırma grupları içerisinde D1 diyeti ile beslenen balıkların sıcaklık uygulamaları arasında ARA yağ asidi bakımından istatistiki olarak önemli olduğu görülmüştür ($p<0,05$). D2 grubu balıklarında ise bu yağ asidi 10°C su sıcaklığında yetiştirilen ve 30. gün örnekleme uygulamasında elde edilen oran diğer uygulamalardan yüksek olduğu ve bu farklılığın istatistiki olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$).

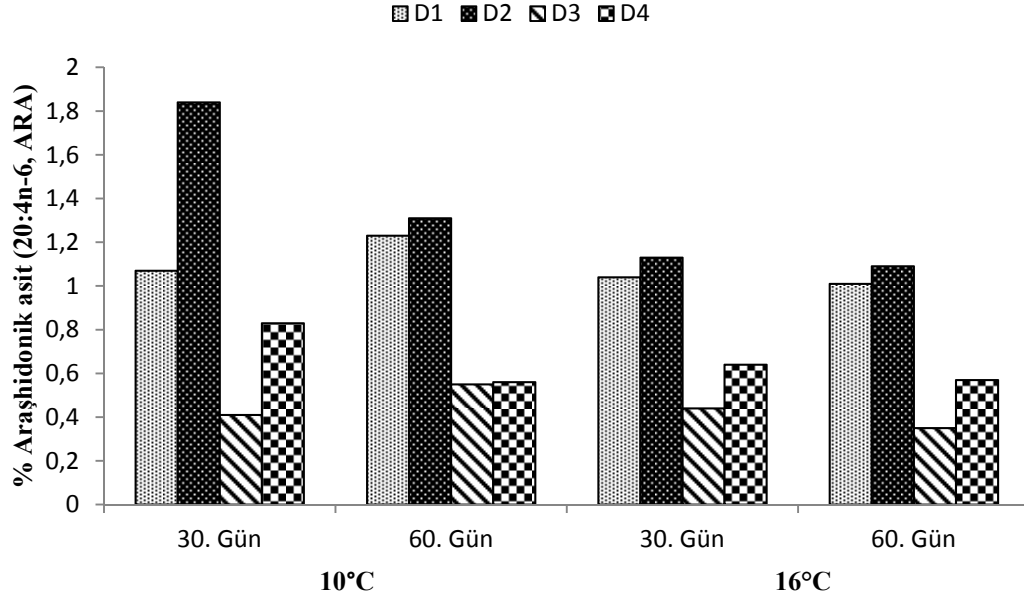
Diyet ve sıcaklık uygulamaları ile 20:4n-6 yağ asidi arasında varyans analiz sonuçlarına göre çok önemli bir interaksiyon olduğu ($p<0,01$) fakat beslenme periyodu ile bir interaksiyon olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir. Aynı şekilde beslenme periyodu x sıcaklık ve sıcaklık x beslenme periyodu x diyet interaksiyonlarının (Şekil 4.40) ARA üzerine etkisinin olmadığı ($p>0,05$), beslenme periyodu x diyet (Şekil 4.38) ve sıcaklık x diyet (Şekil 4.39) interaksiyonları üzerine ise $p<0,05$ 'e göre önemli etkisinin olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.38. Araşhidonik aside beslenme periyodu x diyet interaksiyonunun etkisi.



Şekil 4.39. Araşhidonik aside sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.



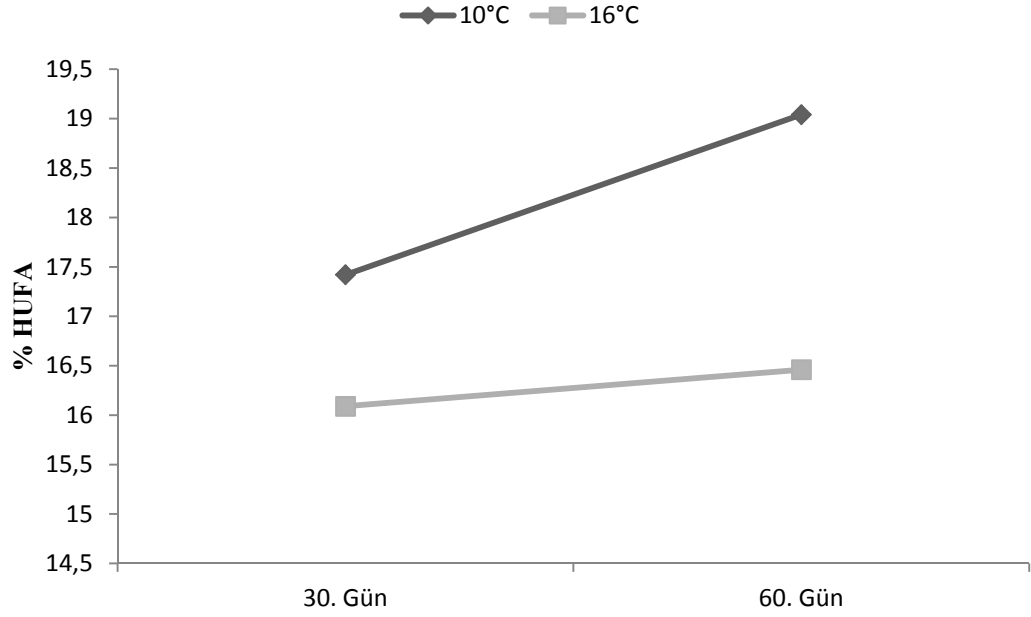
Şekil 4.41. Araşhidonik aside beslenme periyodu x sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.

5.11. Yavru Gökkuşığı Alabalıklarının Toplam HUFA Çoklu Doymamış Yağ Asidi Profilleri

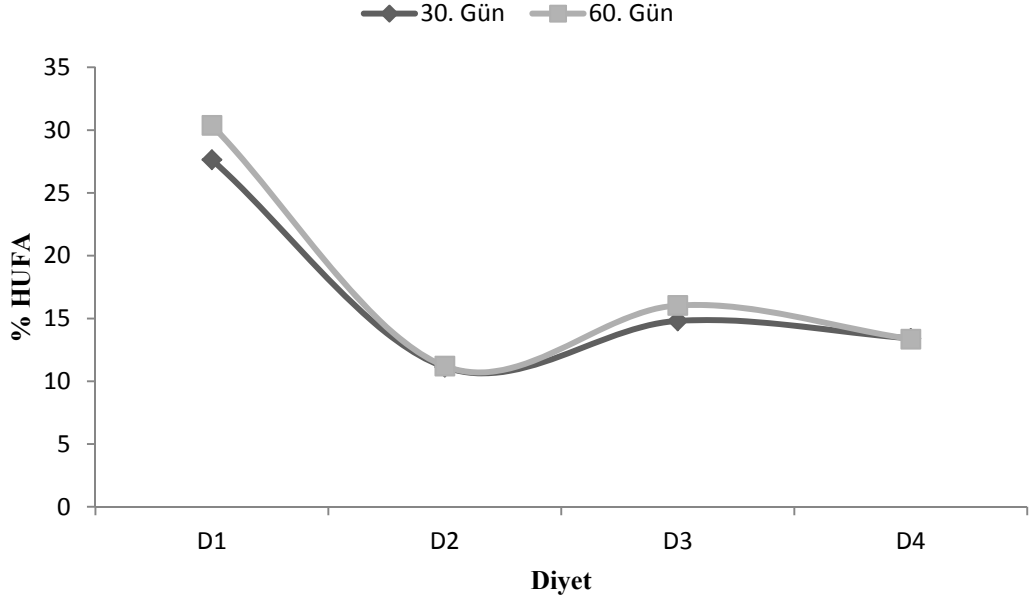
Toplam HUFA miktarları Çizelge 4.11’de görüldüğü gibi araştırma uygulamalarında ve diyet grupları içerisinde en yüksek değerler D1 grubu balıklarının tüm vücutlarında $27,59 \pm 0,96$ - $33,26 \pm 1,24$ aralığında, en düşük oranlar ise $10,55 \pm 0,43$ - $11,87 \pm 0,25$ değerleri arasında 18:2n-6 yağ asidi bakımından zengin soya yağı içeren diyetler ile beslenen balıklarda tespit edilmiştir. Balık yağı gruplarında toplam HUFA miktarı diğer üç muameleye göre yüksek ve farklılığı istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). D1 diyeti gruplarının sıcaklık uygulamaları arasında da HUFA miktarları arasında istatistiksel farklılık olduğu 10°C uygulamasında elde edilen değerlerin 16°C su sıklığı uygulaması balıklarının toplam HUFA miktarlarından her iki örnekleme döneminde de yüksek olduğu belirlenmiştir.

Balıkların tüm vücutlarından yapılan analizler sonucunda toplam HUFA seviyeleri Çizelge 4.12’de görüldüğü üzere diyet, sıcaklık ve beslenme periyodundan çok önemli

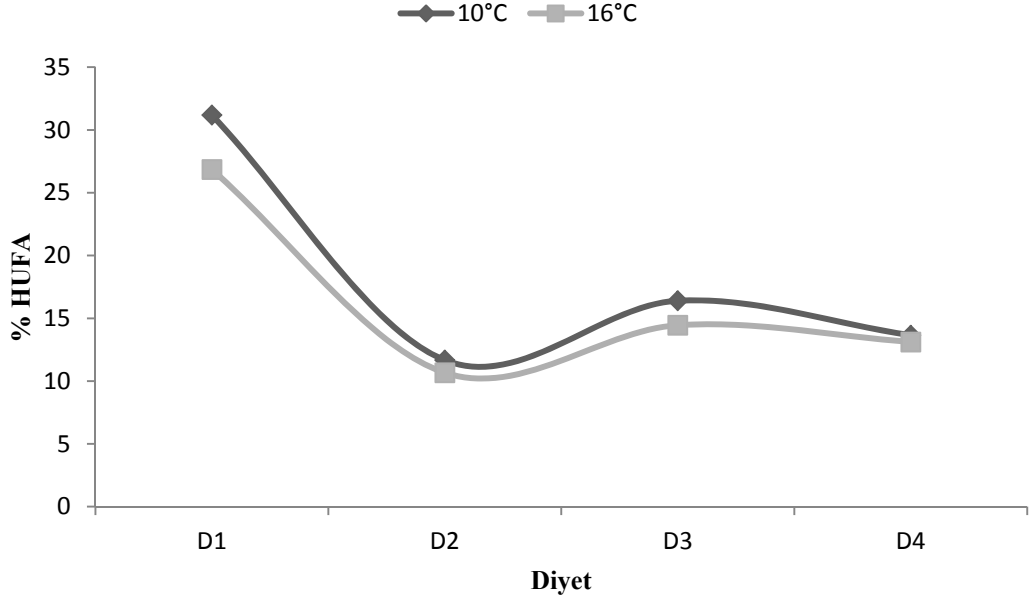
derecede etkilendiği ($p < 0,01$), beslenme periyodu x sıcaklık (Şekil 4.41) interaksiyonunun HUFA üzerine $p < 0,05$ 'e göre önemli bir etkisi bulunurken beslenme periyodu x diyet (Şekil 4.42) ve sıcaklık x diyet (Şekil 4.43) interaksiyonlarının çok önemli etkileri belirlenmiştir ($p < 0,01$), (Çizelge 4.12).



Şekil 4.41. Yüksek doymamış yağ asitlerine (HUFA) beslenme periyodu x sıcaklık interaksiyonunun etkisi.



Şekil 4.42. Yüksek doymamış yağ asitlerine (HUFA) beslenme periyodu x diyet interaksiyonunun etkisi.

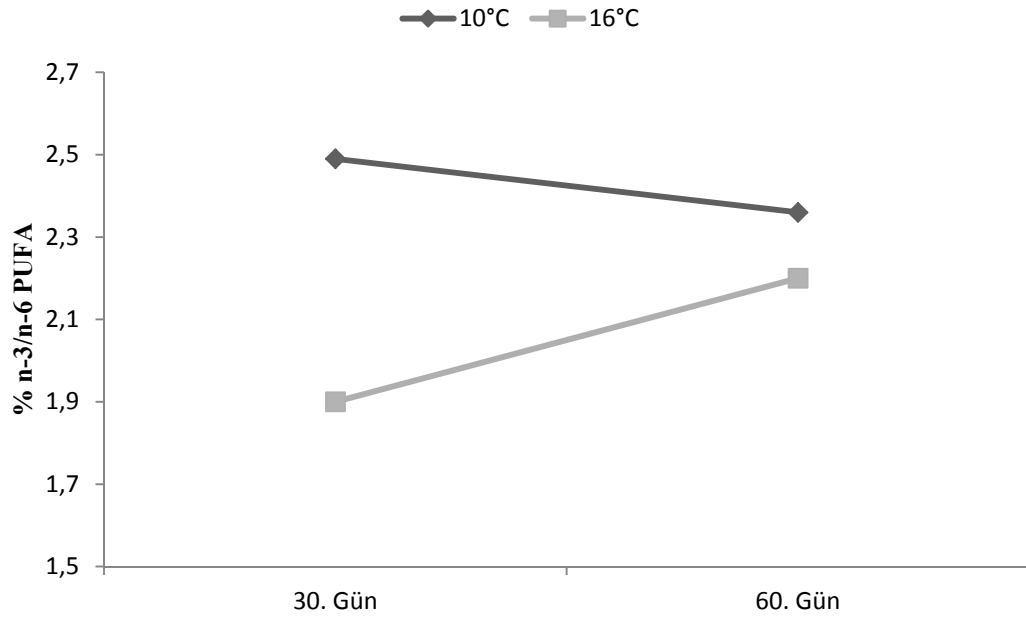


Şekil 4.43. Yüksek doymamış yağ asitlerine (HUFA) sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.

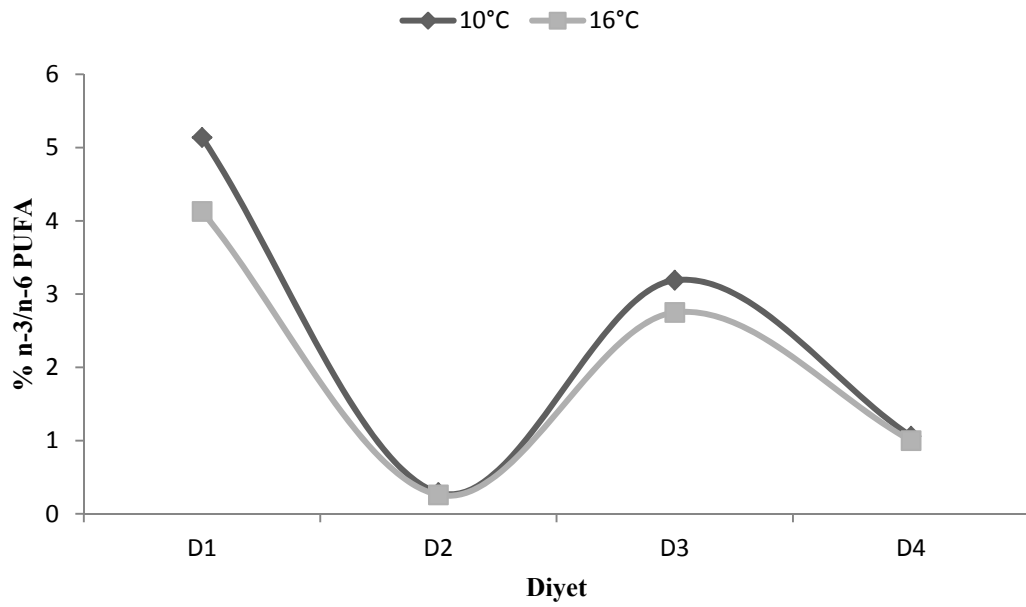
5.12. Yavru Gökkuşığı Alabalıklarının n-3/n-6 Çoklu Doymamış Yağ Asidi Profilleri

Araştırma bulguları n-3/n-6 PUFA oranı açısından değerlendirildiğinde en yüksek oranlar $3,90 \pm 0,31$ - $5,38 \pm 0,32$ ile balık yağı içeren diyetlerle (D1) beslenen gruplarda Çizelge 4.11 ve Şekil 4.46'da görüldüğü gibi belirlenmiştir. D1 grubunda sıcaklık uygulamasının n-3/n-6 PUFA oranını etkilediği 10°C su sıcaklığı uygulamasında yüksek, 16°C su sıcaklığında ise düşük düzeyde olduğu gözlenmiştir. Balık yağı grubundan sonra ALA yağ asidi bakımından zengin keten tohumu yağı içeren yemlerle beslenen balıklarda $2,51 \pm 0,20$ - $3,26 \pm 0,10$ oranları arasında olmakla birlikte bu grupla sıcaklığın n-3/n-6 PUFA oranına önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Gruplar içerisinde en düşük n-3/n-6 PUFA oranı ise soya yağı (D2)'nde $0,25 \pm 0,01$ - $0,31 \pm 0,02$ aralığında belirlenmiş olup her iki sıcaklık ve örnekleme döneminde gruplar arasında istatistiki farklılığın olmadığı belirlenmiştir. Keten tohumu yağı ihtiva eden D3 grubunda ise $2,51 \pm 0,20$ - $3,26 \pm 0,10$ oranları arasında belirlenmiştir. Karma yağ içeren muamelelerde ise örnekleme dönemleri ve uygulamaları arasında istatistiki olarak farklılık bulunmamıştır ($p < 0,05$).

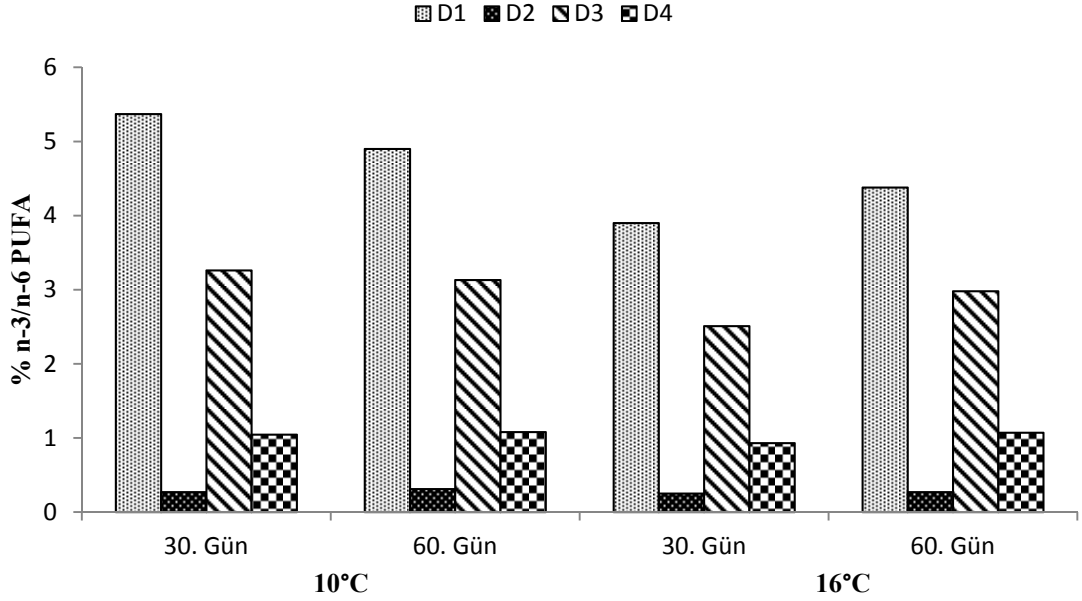
Balıklarda yağ asidi açısından besin kalitesinin önemli bir göstergesi olan n-3/n-6 PUFA oranını diyet ve sıcaklık uygulamalarından $p < 0,01$ 'e göre çok önemli seviyede etkilenirken, beslenme periyodundan etkilenmemiştir ($p > 0,05$). Beslenme periyodu x sıcaklık (Şekil 4.44) ve sıcaklık x diyet (Şekil 4.45) interaksiyonlarının n-3/n-6 PUFA oranını çok önemli seviyede etkilediği tespit edilmiştir ($p < 0,01$). Sıcaklık x beslenme periyodu x diyet interaksiyonunun ise $p < 0,05$ 'e göre önemli etkisi olduğu (Şekil 4.46) belirlenirken beslenme periyodu x diyet interaksiyonunun etkisinin olmadığı ($p > 0,05$) belirlenmiştir (Çizelge 4.12).



Şekil 4.44. n-3/n-6 PUFA oranına beslenme periyodu x sıcaklık interaksyonunun etkisi.



Şekil 4.45. n-3/n-6 PUFA oranına sıcaklık x diyet interaksyonunun etkisi.

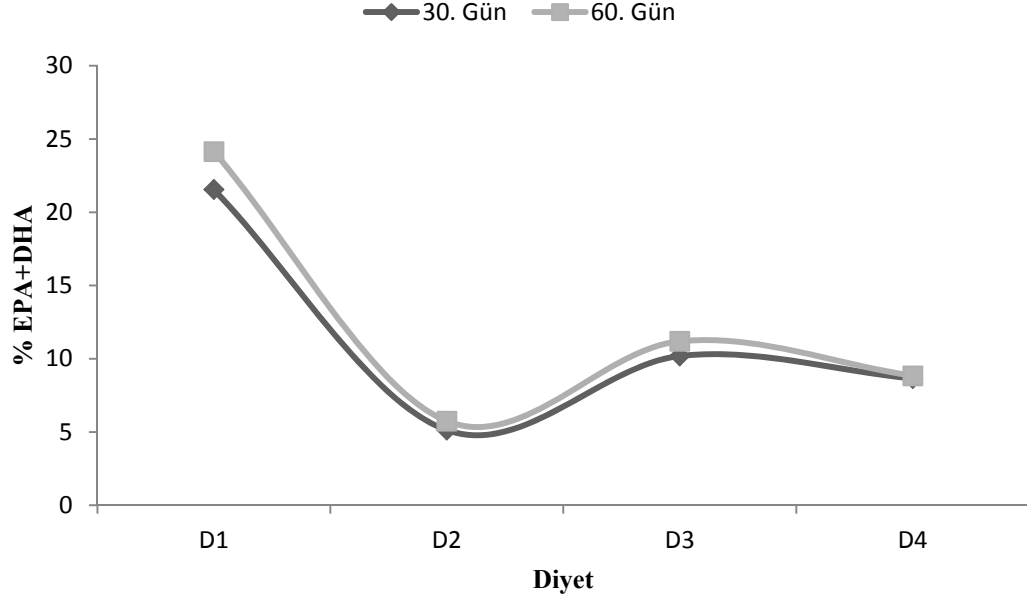


Şekil 4.46. n-3/n-6 PUFA oranına beslenme periyodu x sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.

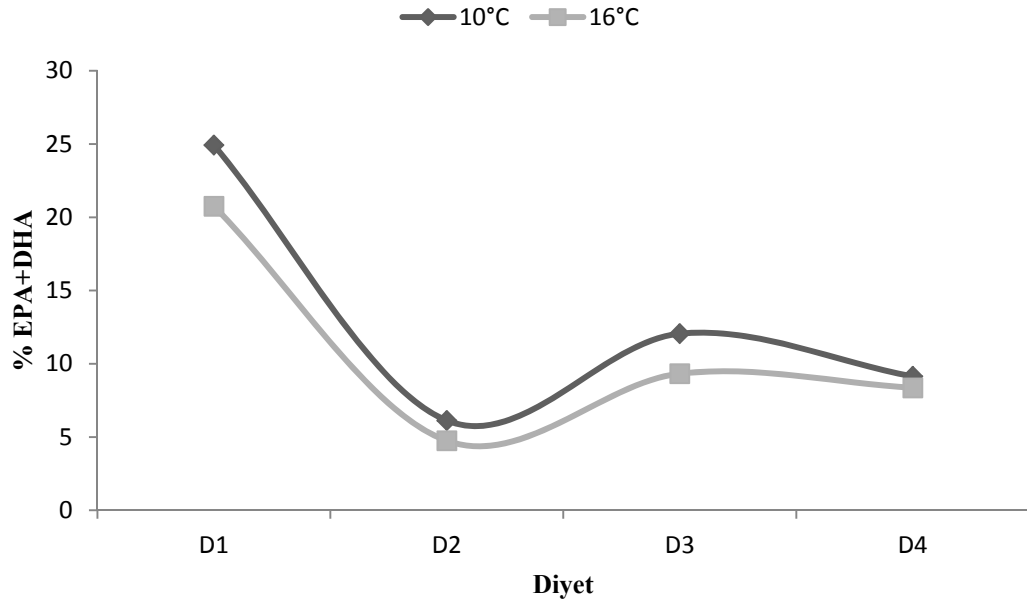
5.13. İki Farklı Sıcaklık Şartlarında Dört Farklı Yemle Beslenen Yavru Gökkuşuğu Alabalıklarının EPA+DHA Çoklu Doymamış Yağ Asidi Profilleri.

Çalışmada yağ asitleri bakımından en son EPA+DHA değerleri uygulamalar ve diyet grupları arasında gösterdikleri değişim incelenmiştir. Bu verilere göre en yüksek değer D1 grubunun 10°C su sıcaklığı uygulamasında ($26,76 \pm 0,90$) en düşük değer ise D2 grubunun 16°C su sıcaklığı uygulamasında ($4,55 \pm 0,19$) belirlenmiştir. D1 grubunun sıcaklık uygulamaları ve örnekleme dönemlerinde EPA+DHA değeri farklılık göstermiş olup bu değişkenliğin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). D2 grubu balıkları ise aynı sıcaklıklarda bu parametre açısından değerler etkilenmezken örnekleme dönemlerinin farklılık gösterdiği ve bu durumun istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. Diğer bir grup olan D3 diyetleri ile beslenen balıklarda ise hem sıcaklık uygulamasının hem de örnekleme dönemlerinde sonuçlar arasındaki farkın istatistiksel olarak farklılık arz ettiği belirlenmiştir. Son araştırma diyeti D4 ile beslenen balıklarda ise hem örnekleme dönemi hem de su sıcaklığı EPA+DHA oranlarına etki

etmemiştir. Ayrıca diyet grupları arasındaki farklılığı istatistiki olarak önemli bulmuştur ($p < 0,05$), (Şekil 4.19, Çizelge 4.8).



Şekil 4.47. EPA+DHA oranına beslenme periyodu x diyet interaksyonunun etkisi.



Şekil 4.48. EPA+DHA oranına sıcaklık x diyet interaksyonunun etkisi.

İki önemli yağ asidinin toplamını oluşturan bu parametre (EPA+DHA) ile diyet, sıcaklık ve beslenme periyodu arasında çok önemli bir interaksiyon olduğu belirlenmişti ($p<0,01$). Ayrıca varyans analizleri sonucunda beslenme periyodu x diyet (Şekil 4.47) ve sıcaklık x diyet (Şekil 4.48) interaksiyonu ile EPA+DHA oranları arasında çok önemli bir ilişki olduğu $p<0,01$ 'e göre belirlenmiş olup Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. İki farklı sıcaklıkta dört farklı yağ içeren diyetlerle beslenen gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavrularının tüm vücut n-6 çoklu doymamış yağ asidi, toplam HUFA, n-3/n-6 PUFA ve EPA+DHA profilleri.

Sıcaklık	10°C				16°C			
	D1	D2	D3	D4	D1	D2	D3	D4
Diyet	30. Gün				30. Gün			
18:2 n-6	2,93±0,26 ^d	32,72±0,56 ^a	12,60±0,37 ^c	23,75±0,40 ^b	4,16±0,14 ^d	35,84±1,29 ^a	14,12±0,59 ^c	25,12±0,74 ^d
18:3 n-6	0,84±0,04 ^a	0,05±0,01 ^b	0,09±0,05 ^b	0,11±0,01 ^b	0,82±0,03 ^a	0,06±0,06 ^b	0,13±0,07 ^b	0,15±0,02 ^b
20:2 n-6	0,29±0,01 ^c	1,30±0,03 ^a	0,46±0,10 ^c	0,79±0,21 ^b	0,41±0,10 ^c	1,87±0,24 ^a	0,58±0,25 ^c	1,04±0,21 ^b
20:3 n-6	0,37±0,02 ^c	1,79±0,22 ^c	0,37±0,09 ^c	0,88±0,01 ^b	0,39±0,10 ^c	2,29±0,38 ^a	0,55±0,18 ^c	1,01±0,11 ^b
20:4 n-6	1,07±0,06 ^b	1,84±0,20 ^a	0,41±0,07 ^d	0,83±0,09 ^c	1,04±0,30 ^a	1,13±0,16 ^a	0,44±0,20 ^b	0,64±0,08 ^b
∑ n-6 PUFA	5,51±0,35 ^d	37,70±0,54 ^a	13,92±0,33 ^c	26,37±0,56 ^b	6,81±0,47 ^d	41,21±1,03 ^a	15,81±1,14 ^c	27,96±0,94 ^b
∑ HUFA	29,14±0,43 ^b	11,48±0,81 ^h	15,33±0,66 ^c	13,74±0,48 ^f	26,16±0,93 ^a	10,79±0,66 ^c	14,29±1,26 ^b	13,10±0,58 ^b
n-3/n-6 PUFA	5,38±0,32 ^a	0,27±0,02 ^d	3,26±0,10 ^b	1,04±0,05 ^c	3,90±0,31 ^a	0,25±0,01 ^d	2,51±0,20 ^b	0,93±0,05 ^c
EPA+ DHA	23,09±0,42 ^a	5,70±0,55 ^d	11,55±0,53 ^b	9,11±0,32 ^c	20,00±0,11 ^a	4,55±0,19 ^d	8,83±0,29 ^b	8,19±0,42 ^c
	60. Gün				60. Gün			
18:2 n-6	4,09±0,35 ^d	31,58±0,37 ^a	12,65±0,73 ^c	22,47±0,81 ^b	3,91±0,29 ^d	33,27±0,76 ^a	12,90±0,11 ^c	23,34±1,60 ^b
18:3 n-6	0,86±0,06 ^a	0,04±0,01 ^b	0,10±0,01 ^b	0,10±0,03 ^b	0,81±0,02 ^a	0,06±0,03 ^b	0,07±0,01 ^b	0,05±0,02 ^b
20:2 n-6	0,27±0,04 ^c	1,66±0,19 ^a	0,36±0,04 ^c	0,64±0,02 ^b	0,35±0,08 ^c	1,58±0,27 ^a	0,44±0,12 ^c	0,97±0,21 ^b
20:3 n-6	0,39±0,02 ^c	1,40±0,14 ^a	0,35±0,07 ^c	0,99±0,19 ^b	0,28±0,04 ^c	1,83±0,26 ^a	0,34±0,06 ^c	0,86±0,08 ^b
20:4 n-6	1,22±0,08 ^a	1,30±0,18 ^a	0,55±0,13 ^b	0,56±0,08 ^b	1,01±0,05 ^a	1,10±0,24 ^a	0,35±0,03 ^b	0,57±0,22 ^b
∑ n-6 PUFA	6,84±0,39 ^a	35,99±0,12 ^a	14,02±0,62 ^c	24,75±0,84 ^b	6,36±0,30 ^d	37,84±0,68 ^a	14,11±0,05 ^c	25,79±1,58 ^b
∑ HUFA	33,26±1,24 ^a	11,87±0,25 ^c	17,47±1,67 ^b	13,57±0,22 ^c	27,53±0,96 ^a	10,55±0,43 ^d	14,60±0,62 ^b	13,14±0,58 ^c
∑ n-3/n-6 PUFA	4,90±0,25 ^a	0,31±0,02 ^d	3,13±0,16 ^b	1,08 ±0,06 ^c	4,38±0,33 ^a	0,27±0,01 ^d	2,98±0,13 ^b	1,07±0,06 ^c
EPA+ DHA	26,76±0,90 ^a	6,55±0,34 ^d	12,57±1,10 ^b	9,17±0,47 ^c	21,52±1,02 ^a	4,94±0,33 ^c	9,82±0,63 ^b	8,52±0,92 ^b

$\bar{X} \pm S \bar{x}$ =Ortalama±Ortalamanın Standart Sapması, n=3 Farklı harfler birbirinden farklı olan grupları göstermektedir, p<0,05.

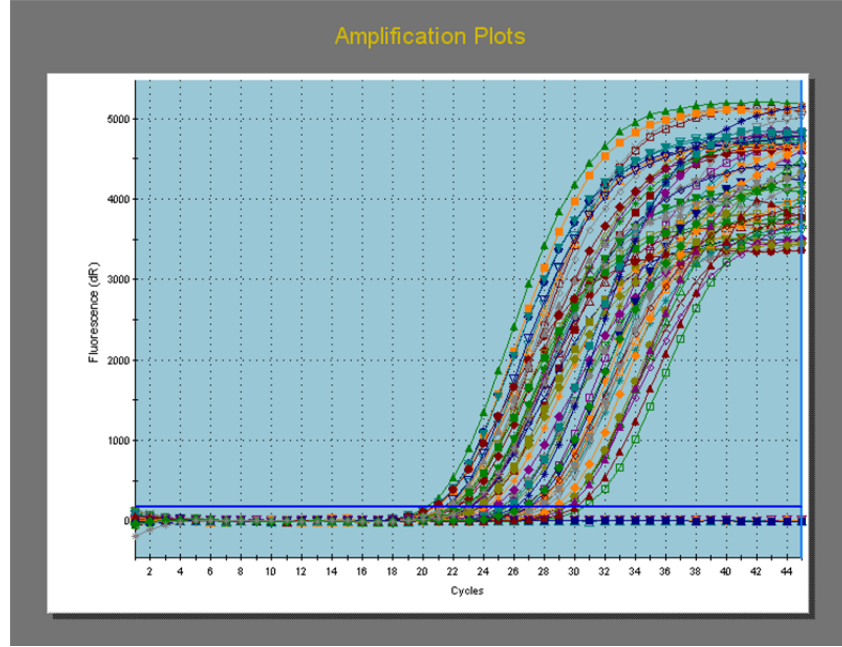
Çizelge 4.12. İki farklı sıcaklıkta dört farklı yağ içeren diyetlerle beslenen gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavrularının tüm vücut n-6 çoklu doymamış yağ asidi, toplam HUFA, n-3/n-6 PUFA ve EPA+DHA yağ asitlerine ait varyans analiz tablosu.

	18:2 n-6	18:3 n-6	20:2 n-6	20:3 n-6	20:4 n-6	Σ n-6 PUFA	n-3/ n-6 PUFA	Σ HUFA	EPA+DHA
Diyet (D)									
D1	3,77±0,56 ^d	0,83±0,04 ^a	0,33±0,08 ^c	0,36±0,06 ^c	1,08±0,16 ^b	6,38±0,65 ^d	4,63±0,63 ^a	29,02±2,89 ^a	22,84±2,69 ^a
D2	33,35±1,77 ^a	0,05±0,03 ^c	1,61±0,27 ^a	1,82±0,40 ^a	1,35±0,35 ^a	38,19±2,05 ^a	0,27±0,03 ^d	11,49±0,74 ^d	5,44±0,86 ^d
D3	13,07±0,77 ^c	0,10±0,04 ^b	0,46±0,14 ^c	0,40±0,12 ^c	0,43±0,13 ^d	14,46±0,99 ^c	2,97±0,33 ^b	15,42±1,62 ^b	10,69±1,64 ^b
D4	23,67±1,31 ^b	0,10±0,04 ^b	0,86±0,23 ^b	0,95±0,12 ^b	0,65±0,16 ^c	26,22±1,50 ^b	1,03±0,77 ^c	13,38±0,51 ^c	8,75±0,65 ^c
P	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Sıcaklık (S)									
10°C	17,84±11,04 ^b	0,27±0,34	0,72±0,49 ^b	0,82±0,54 ^b	0,98±0,47 ^a	20,69±11,90 ^b	2,42±1,94 ^a	18,23±7,95 ^a	13,06±7,40 ^a
16°C	19,08±11,73 ^a	0,27±0,32	0,91±0,57 ^a	0,94±0,73 ^a	0,78±0,34 ^b	21,99±12,76 ^a	2,04±1,56 ^b	16,27±6,43 ^b	10,79±6,17 ^b
P	**	Ns	**	*	**	**	**	**	**
Beslenme Periyodu (G)									
30. Gün	18,90±11,85 ^a	0,28±0,33	0,84±0,53	0,96±0,71 ^a	0,93±0,46	21,91±12,92 ^a	2,19±1,79	16,75±6,64 ^b	11,38±6,39 ^b
60. Gün	17,69±10,79 ^b	0,26±0,34	0,78±0,55	0,81±0,56 ^b	0,83±0,37	21,03±12,47 ^b	2,27±1,75	17,75±7,87 ^a	12,48±7,35 ^a
P	**	Ns	Ns	*	Ns	**	Ns	**	**
İnteraksiyonlar									
GxS	*	Ns	Ns	Ns	Ns	**	**	*	Ns
GxD	**	Ns	Ns	*	*	**	Ns	**	**
SxD	*	Ns	Ns	*	*	*	**	**	**
SxGxD	Ns	Ns	*	Ns	*	Ns	*	NS	Ns

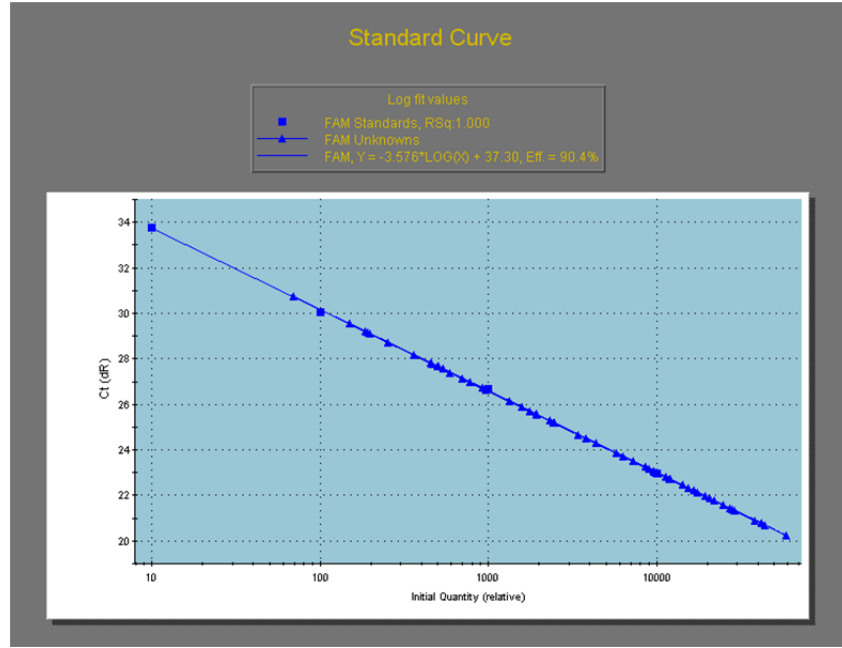
** : Çok Önemli, * : Önemli, Ns : Önemsiz

5.14. Real time PCR Analizlerinde Elde Edilen Amplifikasyon ve Standart Eğri İle Primer Etkinlik Oranları

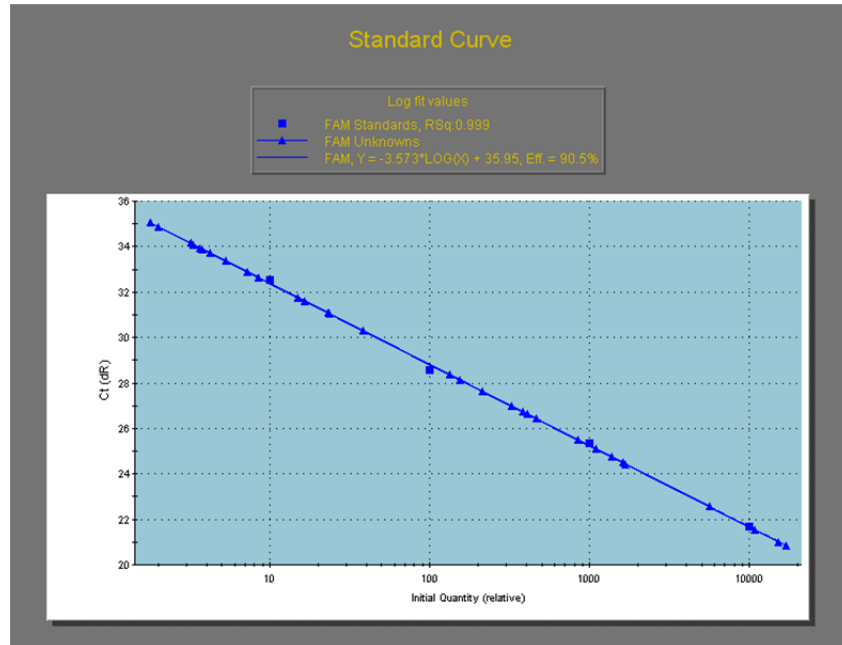
Araştırma kapsamında $\Delta 6$ Desaturasyon, Elangasyon, IGF-I ve IGF-II mRNA seviyesinin belirlenmesinde Stratagene MxPro 3500 Real time PCR kullanılarak elde edilen amplifikasyon görüntüsü Şekil 4.49'da ilgili genlerin etkinlik oranları ise Şekil 4.50, 51, 52, 53, 54'de verilmiştir.



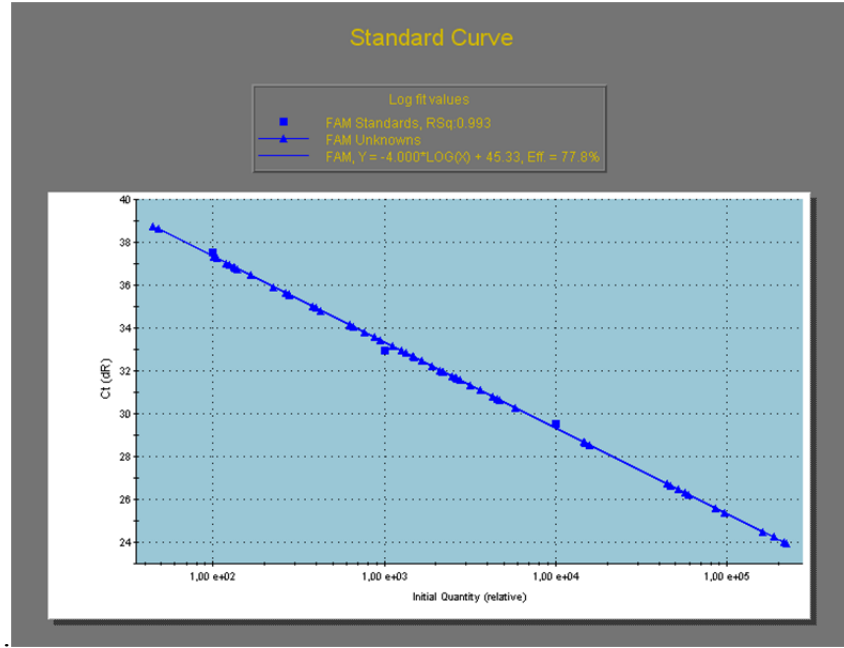
Şekil 4.49. Araştırmada kullanılan gen örneklerinden gerçek zamanlı PCR ile elde edilen amplifikasyon görüntüsü.



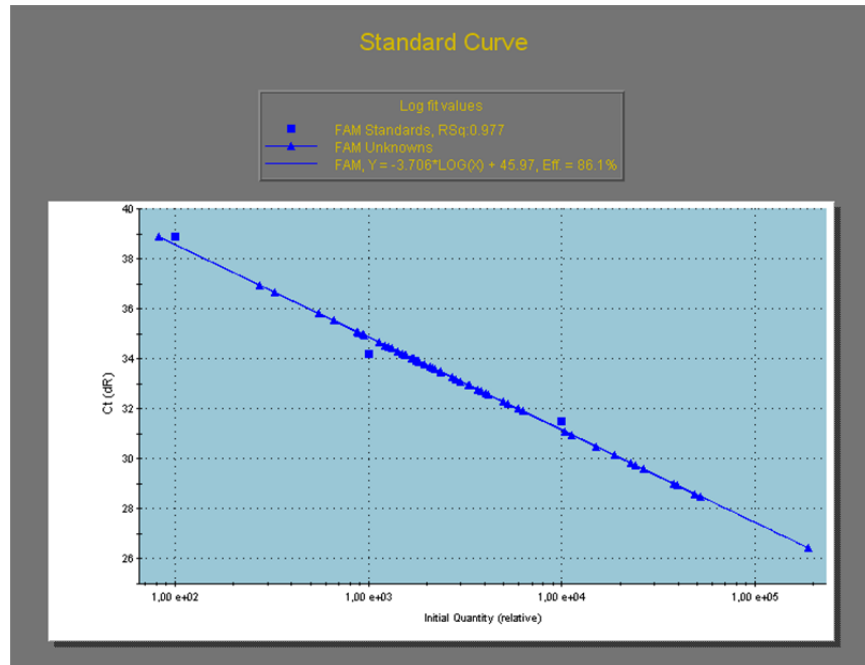
Şekil 4.50. Real time PCR uygulamasında β -Aktin'e bağlı oluşturulan standart eğri ve etkinlik oranı



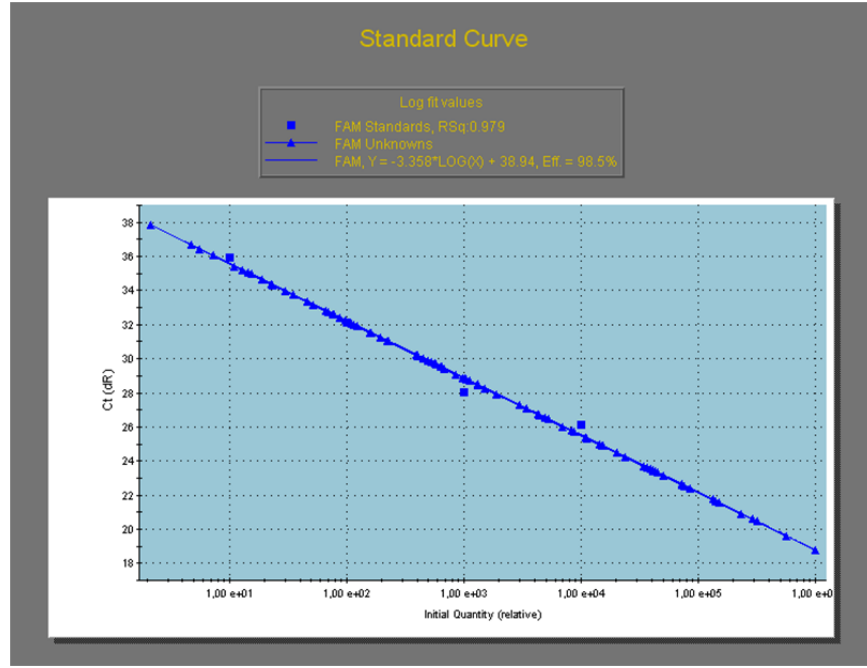
Şekil 4.51. Real time PCR uygulamasında $\Delta 6$ desaturasyon genine bağlı oluşturulan standart eğri ve etkinlik oranı



Şekil 4.52. Real time PCR uygulamasında elangasyon genine bağlı oluşturulan standart eğri ve etkinlik oranı



Şekil 4.53. Real time PCR uygulamasında IGF-I genine bağlı oluşturulan standart eğri ve etkinlik oranı.



Şekil 4.54. Real time PCR uygulamasında IGF-II genine bağlı oluşturulan standart eğri ve etkinlik oranı.

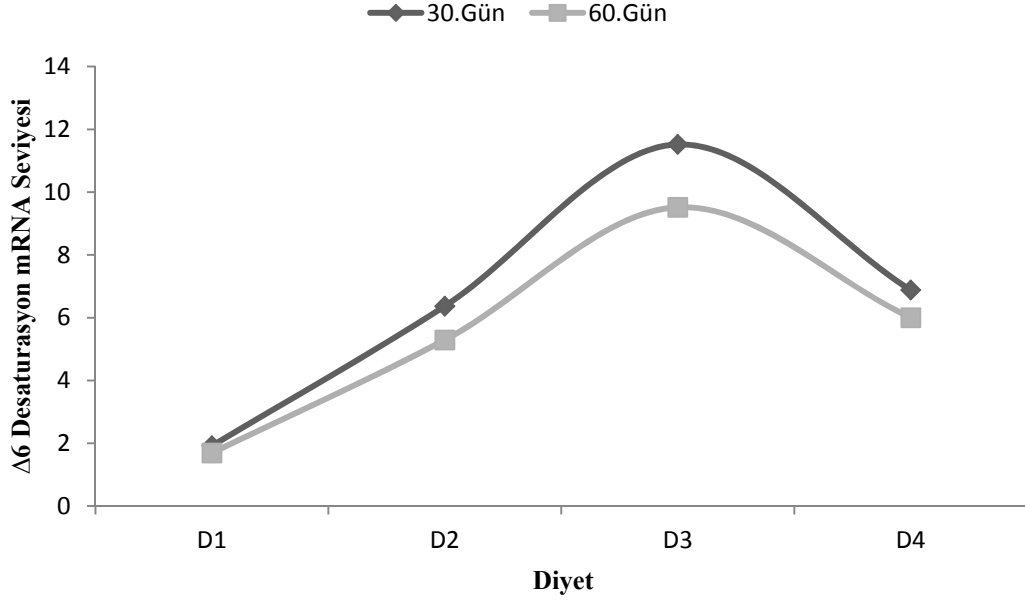
5. 15. İki Farklı Sıcaklık Şartlarında Dört Farklı Diyetle Beslenen Yavru Gökkuşáđı Alabalıklarının Karaciğer Dokularında $\Delta 6$ Desaturasyon mRNA Seviyesi

Gruplar ve uygulamalar arasında balıkların karaciğer dokularında $\Delta 6$ desaturasyon mRNA seviyesi karşılaştırıldığında en yüksek mRNA seviyesi 10°C su sıcaklığı uygulamasında 18:3n-3 yağ asidi bakımından zengin D3 grubu diyetler ile beslenen balıklarda, en düşük oran ise 16°C su sıcaklığında D1 diyeti ile beslenen balıklarda belirlenmiştir. Araştırma grupları içerisinde D1 grubu balıkları yem grupları, beslenme periyodu ve sıcaklık uygulamaları içerisinde en düşük mRNA seviyesine sahip olduğu ve farklılığın diğer diyet gruplarından istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). Ancak D1 grubu içerisinde beslenme periyodu ve sıcaklık uygulamasının $\Delta 6$ desaturasyon mRNA seviyesini önemli derecede etkilemediği tespit edilmiştir ($p > 0,05$). Linoleik asit 18:2n-6 yağ asidi bakımından zengin D2 grubu yemleri ile beslenen balıklarda $\Delta 6$ desaturasyon mRNA seviyesinin beslenme periyodundan etkilendiği 60.

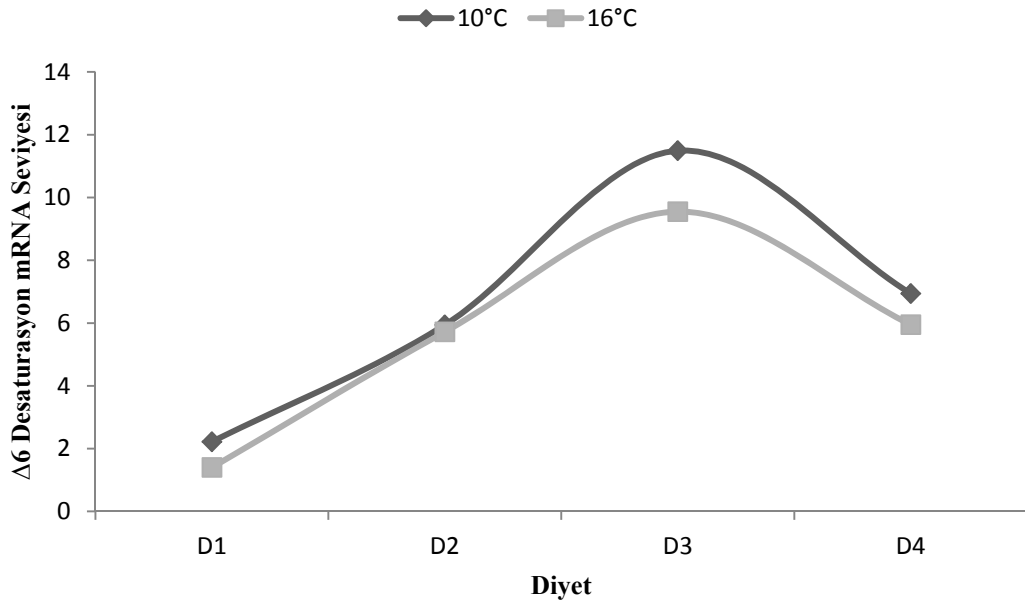
gün örneklemelerinde 30. gün örneklemelerine göre daha düşük oranda mRNA seviyesi tespit edilmiş olup farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Fakat D3 grubu örneklerinde D6D mRNA seviyesini sıcaklık uygulamasında etkilenmemiştir ($p>0,05$).

Diyet grupları, sıcaklık ve beslenme periyotları uygulamaları içerisinde en yüksek D6D mRNA seviyesini D3 grubu balıklarında tespit edilmiştir. Bu yem grubu balıklarında sıcaklık uygulamasının D6D mRNA seviyesini etkilediği ve düşük su sıcaklığı uygulamasında D3 grubu balıkların karaciğer dokularında 16°C su sıcaklığı uygulamasına göre daha yüksek ekspresyon seviyesi belirlendiği ayrıca farklılığın istatistiki açıdan önemli olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Beslenme periyotları bu grup balıklarda D6D mRNA seviyesini etkilemiş olup 30.gün örneklemelerinde 60. gün örneklemelerine göre daha yüksek oranda D6D mRNA belirlenmiş ve farkın istatistiki olarak önemli olduğu görülmüştür ($p<0,05$).

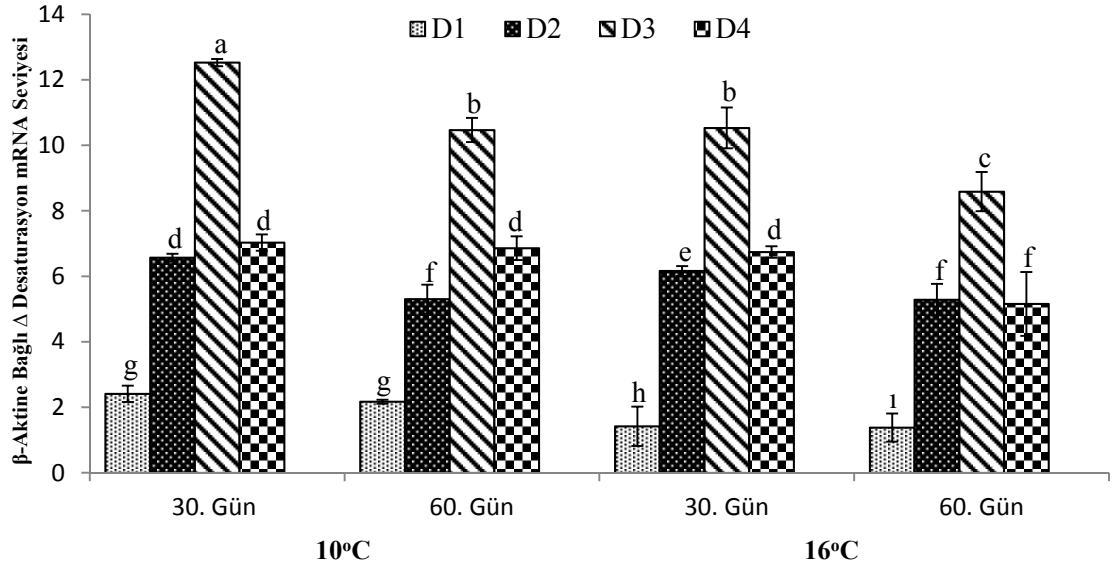
İki farklı yağ kaynağının eşit oranda karıştırılmasıyla elde edilen yağ ile hazırlanan D4 diyeti ile beslenen balıkların karaciğerlerinde yapılan analizlerde ise D6D mRNA seviyesini D3 grubu ile benzerlik göstermiştir. Bu grupta D6D mRNA seviyesinin örnekleme dönemlerinden etkilenmemiştir. Bu diyet grubu içerisinde sadece 60.gün 16°C su sıcaklığı uygulamasındaki ilgili genin mRNA seviyesi diğer uygulamalardan düşük çıktığı ve farklılığın istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). $\Delta 6$ desaturasyon mRNA seviyesi diyet grupları arasında değerlendirildiğinde her iki besleme periyodunda ve her iki su sıcaklığı uygulamasında da D1 grubu en düşük, D3 grubu en yüksek ve D2-D4 grupları ise yanı oranlarda D6D mRNA seviyesine sahip oldukları D2 ve D4 haricinde gruplar arasındaki farklılığın istatistiksel açıdan önemli olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Araştırma sonunda belirlenen $\Delta 6$ desaturasyon mRNA seviyeleri Şekil 4. 57'de görülmektedir.



Şekil 4.55. Balıkların karaciğer dokularındaki $\Delta 6$ desaturasyon mRNA seviyesine beslenme periyodu x diyet etkisinin etkisi.



Şekil 4.56. Balıkların karaciğer dokularındaki $\Delta 6$ desaturasyon mRNA seviyesine sıcaklık x diyet etkisinin etkisi.



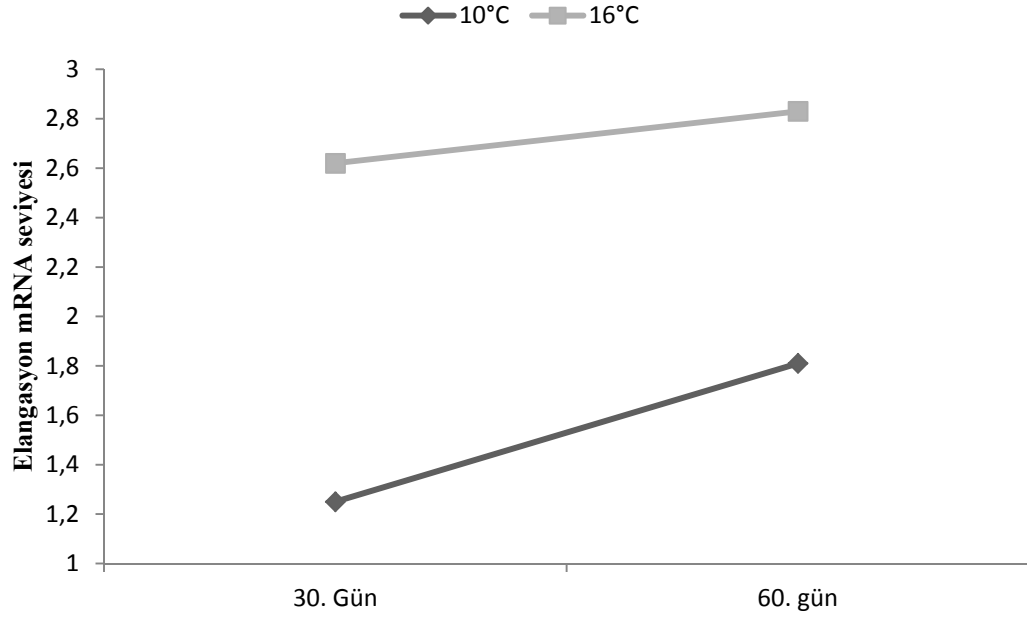
Şekil 4.57. Balıkların karaciğer dokularındaki $\Delta 6$ desaturasyon mRNA seviyesine beslenme periyodu x sıcaklık x diyet etkisinin etkisi.

Balıkların karaciğer dokularında $\Delta 6$ desaturasyon mRNA seviyesi ile diyet, sıcaklık ve beslenme periyodunun etkileşimlerini incelemek için bu üç uygulamanın da $\Delta 6$ desaturasyon mRNA seviyesi üzerine çok önemli etkisinin olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,01$), (Çizelge 4.13). Ayrıca beslenme periyodu x diyet ve sıcaklık x diyet etkileşimleri balıkların karaciğer dokularından elde edilen $\Delta 6$ desaturasyon mRNA seviyesi arasında çok önemli bir ilişki olduğu ($p < 0,01$), sıcaklığın düşmesi ve diyetlerdeki EPA, DHA ve ARA miktarının azalmasıyla $\Delta 6$ desaturasyon mRNA seviyesini de artış gözlemlendiği, sıcaklığın yükselmesi ve diyetlerdeki EPA, DHA ve ARA miktarının artması ile $\Delta 6$ desaturasyon mRNA seviyesi arttığı belirlenmiştir. Bir diğer sıcaklık x beslenme periyodu x diyet etkileşimi $\Delta 6$ desaturasyon mRNA seviyesi üzerine $p < 0,05$ 'e göre önemli derecede etki ettiği belirlenmiştir (Şekil 4.57).

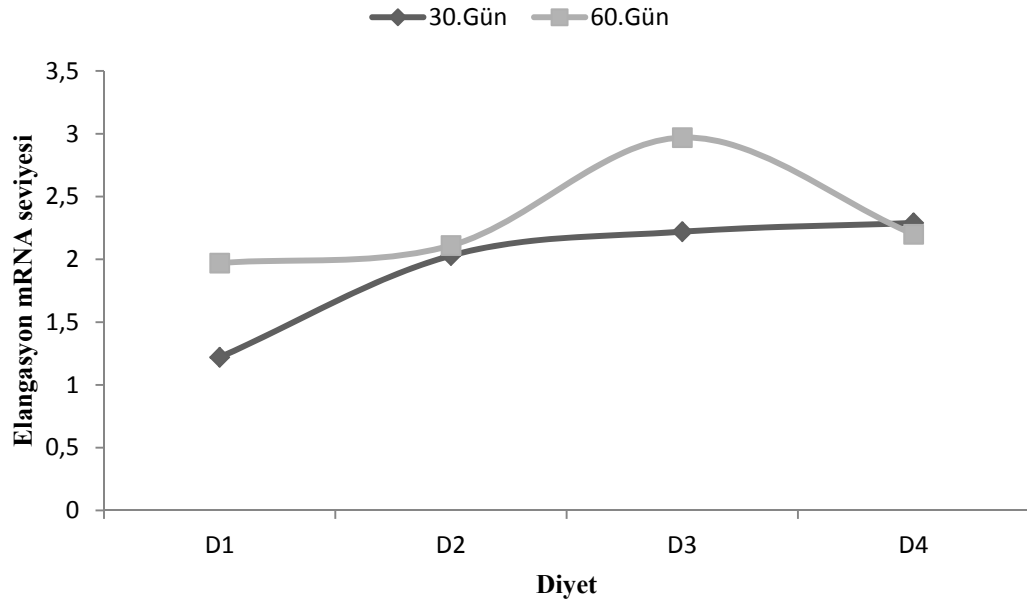
5.16. Yavru Gökkuşığı Alabalıklarının Karaciğer Dokularında Elangasyon mRNA Seviyesi

Diyet grupları içerisinde en yüksek elangasyon mRNA seviyesi Şekil 4.61’de görüldüğü gibi 16°C de her iki örneklem döneminde belirlenmiştir. Gruplar ve uygulamalar içerisinde en yüksek elangasyon mRNA seviyesi $3,42 \pm 0,28$ ile 16°C su sıcaklığı uygulamasında 60 gün örnekleme döneminde D3 diyeti ile beslenen balıkların karaciğer dokularında belirlenirken en düşük seviye ise 10°C’de 30. gün örneklerinde D1 grubunda $0,81 \pm 0,3$ seviyesinde tespit edilmiştir. İlk dönem örnekleme döneminde 10°C su sıcaklığı uygulamasında D1 ve D3 ile D2 ve D4 gruplarında elangasyon mRNA seviyesi farklılık göstermemiş olmasına rağmen D1 ve D3 diyetleri ile beslene grupların ilgili genin mRNA seviyesi ile diğer iki gruptan düşük olduğu ve farklılığın istatistiki olarak önemli olduğu $p < 0,05$ ’e göre belirlenmiştir. Diğer üç uygulamada ise en yüksek elangasyon mRNA seviyesi D3 grubunda belirlenirken diğer gruplar arasında farklılığın istatistiksel farklılık göstermediği belirlenmiştir ($p > 0,05$).

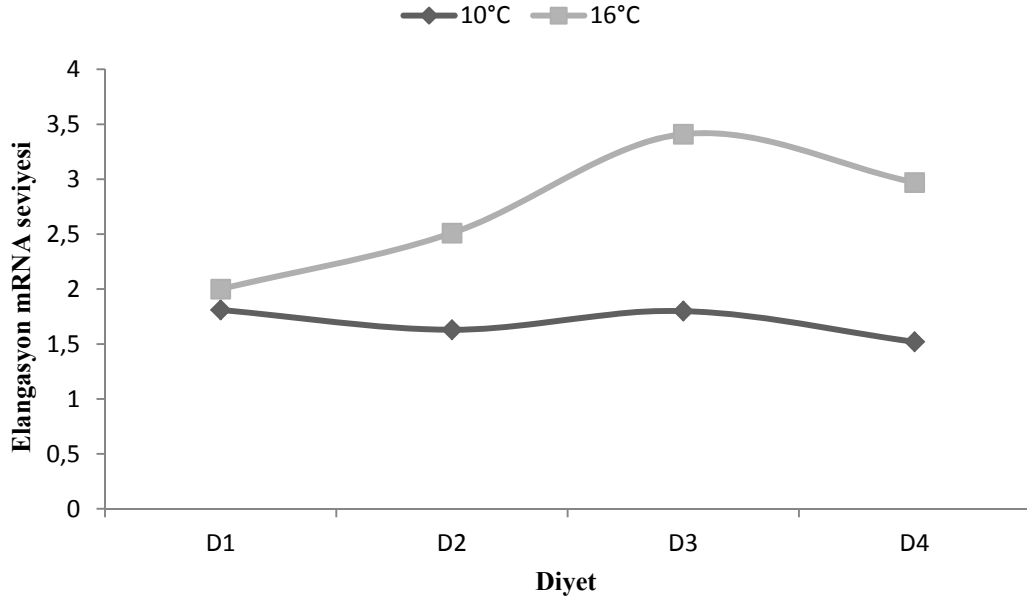
Sonuç olarak diyet, sıcaklık ve beslenme periyodu dönemlerinin elangasyon mRNA seviyesini çok önemli derecede etkilediği görülmüştür ($p < 0,01$), (Çizelge 4.13). Varyans analiz sonuçlarına göre beslenme periyodu x diyet (Şekil 4.59), sıcaklık x diyet (Şekil 4.60) ve sıcaklık x beslenme periyodu x diyet (Şekil 4.61) ile elangasyon mRNA seviyesi arasında çok önemli interaksiyon olduğu $p < 0,01$ ’e göre belirlenmiştir. Ayrıca beslenme periyodu x sıcaklık ile elangasyon mRNA seviyesi arasında $p > 0,05$ ’e göre önemli bir interaksiyon olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.58).



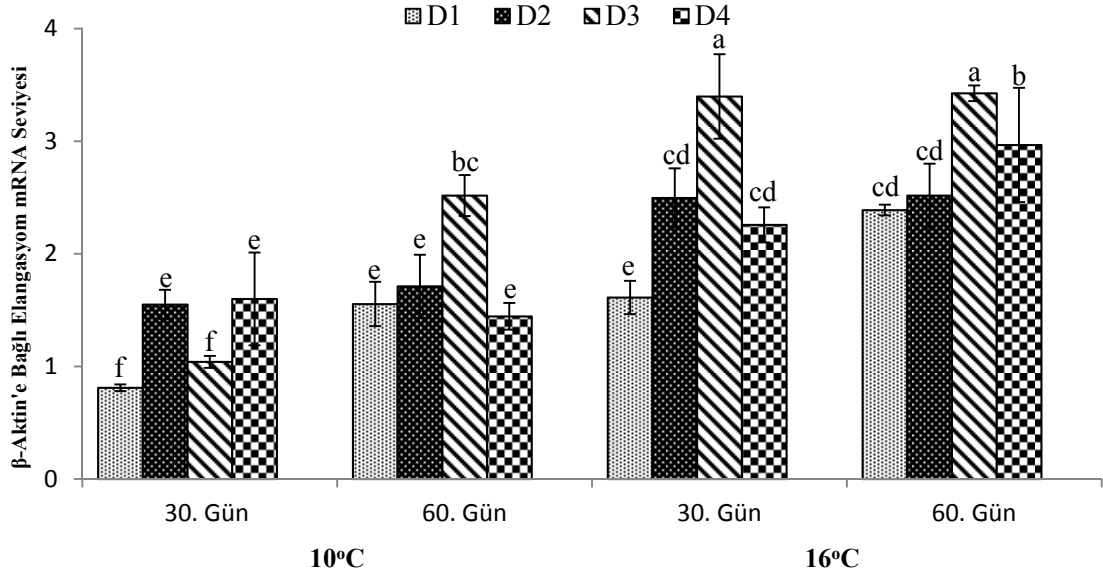
Şekil 4.58. Balıkların karaciğer dokularındaki elangasyon mRNA seviyesine beslenme periyodu x sıcaklık interaksiyonunun etkisi.



Şekil 4.59. Balıkların karaciğer dokularındaki elangasyon mRNA seviyesine beslenme periyodu x diyet interaksiyonunun etkisi.



Şekil 4.60. Balıkların karaciğer dokularındaki elangasyon mRNA seviyesine sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.

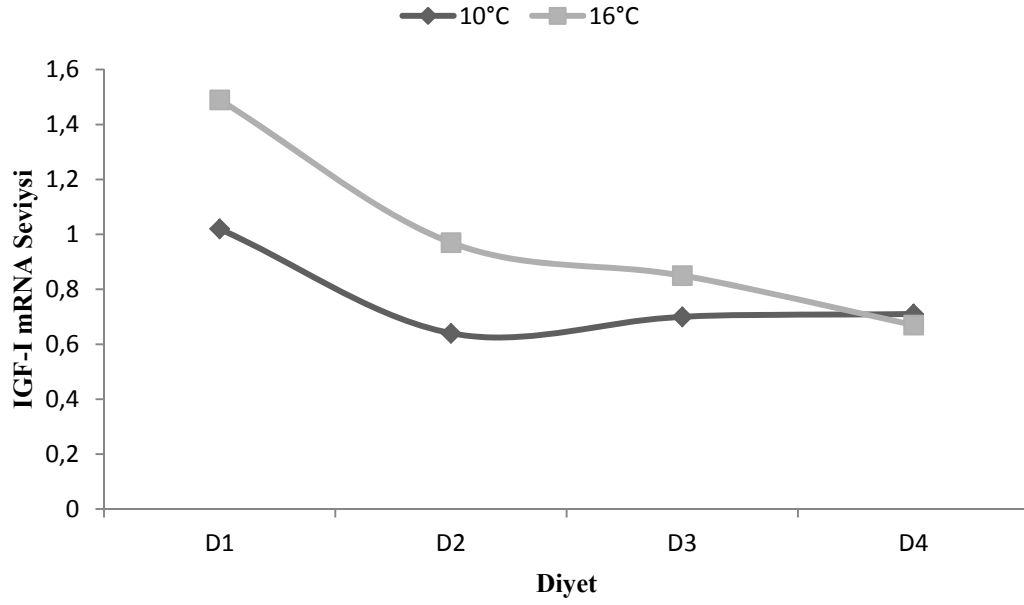


Şekil 4.61. Balıkların karaciğer dokularındaki elangasyon mRNA seviyesine beslenme periyodu x sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.

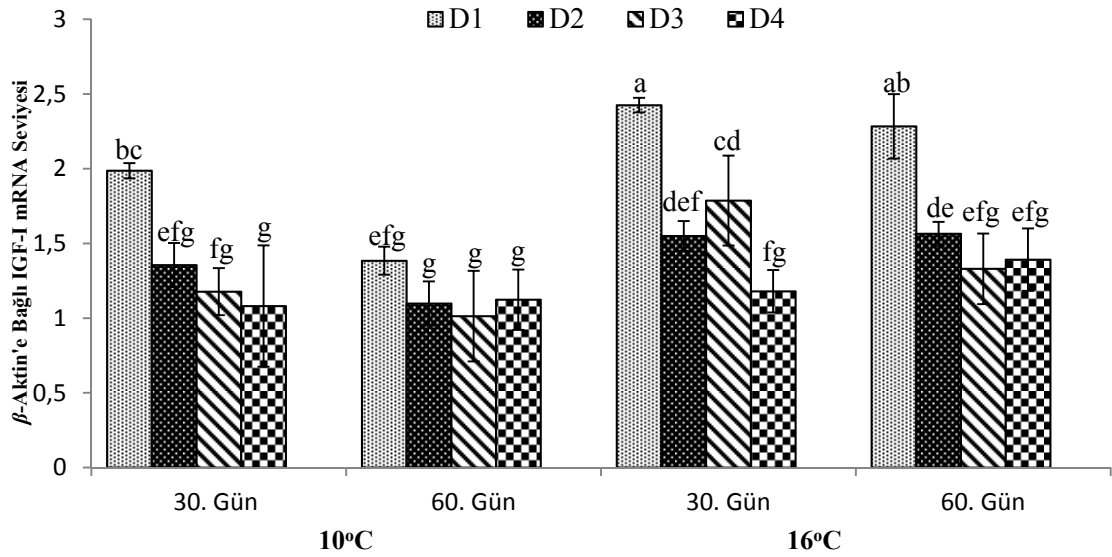
5.17. İki Farklı Sıcaklık Şartlarında Dört Farklı Diyetle Beslenen Yavru Gökkuşığı Alabalıklarının Kas ve Karaciğer Dokularında IGF-I mRNA Seviyesi

Araştırmada uygulanan diyet, beslenme periyodu ve sıcaklık uygulamalarına ait örneklerden yapılan IGF-I mRNA analizleri Çizelge 4.13’de verilmiştir. Karaciğer dokusunda yapılan analizlerde sıcaklık uygulamasının IGF-I mRNA seviyesinin etkilediği ve 16°C su sıcaklığında 10°C uygulamasına nazaran her iki örnekleme döneminde de daha yüksek oranda olduğu ve farklılığın istatistiki açıdan önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Araştırmada karaciğer dokularında en yüksek IGF-I mRNA seviyesi 30.gün örnekleme döneminde 16°C su sıcaklığı uygulamasında D1 grubu diyetleriyle beslenen balıklarda $2,43\pm 0,05$ seviyesinde, en düşük değer ise 10°C su sıcaklığı uygulamasında ve 30.gün örnekleme döneminde D3 diyeti balıklarının karaciğer dokularında $1,01\pm 0,30$ oranında belirlenmiştir. Düşük sıcaklık uygulamasında 30. gün örnekleme döneminde D1 diyeti diğer üç diyetten daha yüksek IGF-I mRNA seviyesine sahipken diğer diyetler arasındaki farklılığın istatistiki olarak önemsiz olduğu D1 diyet grubuyla farklılığın ise $p<0,05$ ’e göre önemli bulunduğu hesaplanmıştır. Deneme sonu (60.gün) örnekleme döneminde yine 10°C su sıcaklığı örneklerinde ise dört diyet grubu arasındaki farklılığın çok önemli olmadığı bu dönemde IGF-I mRNA seviyesi $1,01\pm 0,30$ - $1,38\pm 0,09$ aralığında değiştiği Şekil 4.63’de görülmüştür. Diğer bir sıcaklık uygulaması olan ve gökkuşığı alabalığı yetiştiriciliğinde optimum su sıcaklığı olarak belirlenen 16°C su sıcaklığı uygulamasının 30.ve 60. beslenme periyotlarında en yüksek IGF-I mRNA seviyesi D1 grubu örneklerinde belirlenirken diğer üç diyet grubu örneklerindeki farklılığın istatistiksel olarak çok önemli olmadığı görülmüştür ($p>0,05$).

Sonuç olarak karaciğer dokularında IGF-I mRNA seviyesi ile diyet ve sıcaklık arasında çok önemli bir ilişki olduğu ($p<0,01$), beslenme periyodu üzerine ise etkisinin olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir (Çizelge 4.13). Ayrıca sıcaklık x diyet ile IGF-I mRNA seviyesi arasında $p<0,01$ ’e göre çok önemli bir interaksiyon olduğu (Şekil 4.62), fakat beslenme periyodu x sıcaklık, beslenme periyodu x diyet ve sıcaklık x beslenme periyodu x diyet ile her hangi bir interaksiyon olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.13).



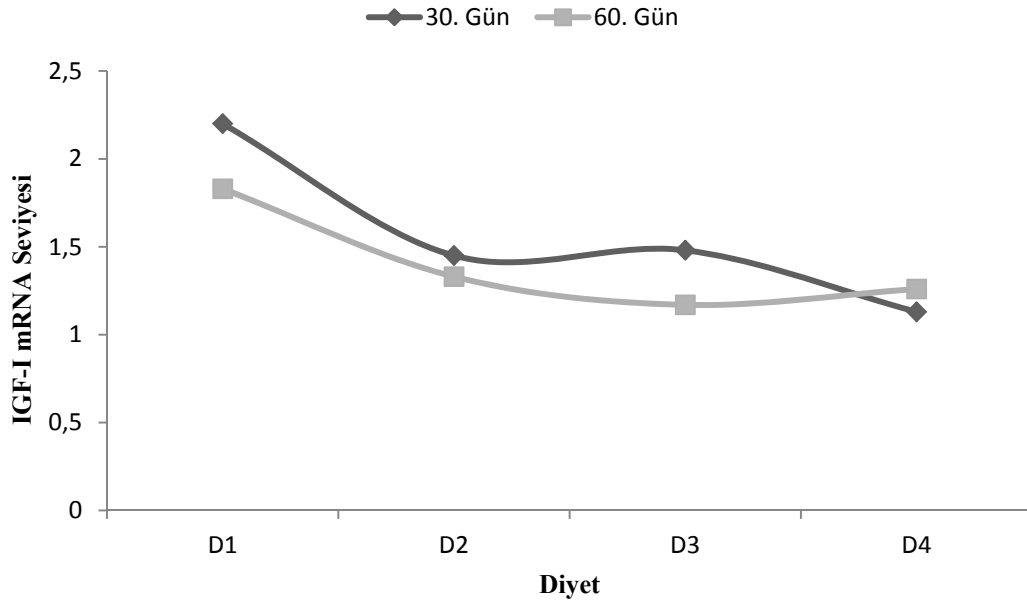
Şekil 4.62. Balıkların karaciğer dokularındaki IGF-I mRNA seviyesine sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.



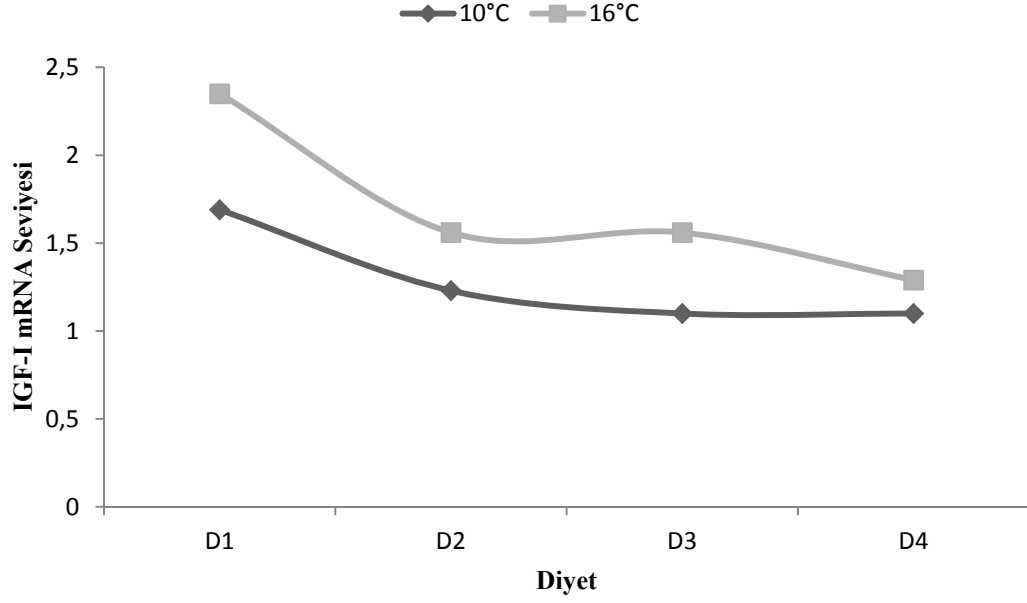
Şekil 4.63. Balıkların karaciğer dokularındaki IGF-I mRNA seviyesine beslenme periyodu x sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.

Kas dokusunda yapılan IGF-I mRNA seviyesi sonuçları Çizelge 4.13’de verilmiştir. Karaciğer dokusunda olgusu gibi 16°C su sıcaklığı uygulamalarında 10°C uygulamasına nazaran daha yüksek IGF-I mRNA seviyesi belirlenmiştir. En yüksek değerler D1 gurplarında belirlenmiş olup diğer üç grupta farklılığın istatistiki açıdan önemli olduğu ancak üç diyet arasında IGF-I mRNA seviyesi açısından kade değer bir farklılığın olmadığı $p<0,05$ ’e göre belirlenmiştir.

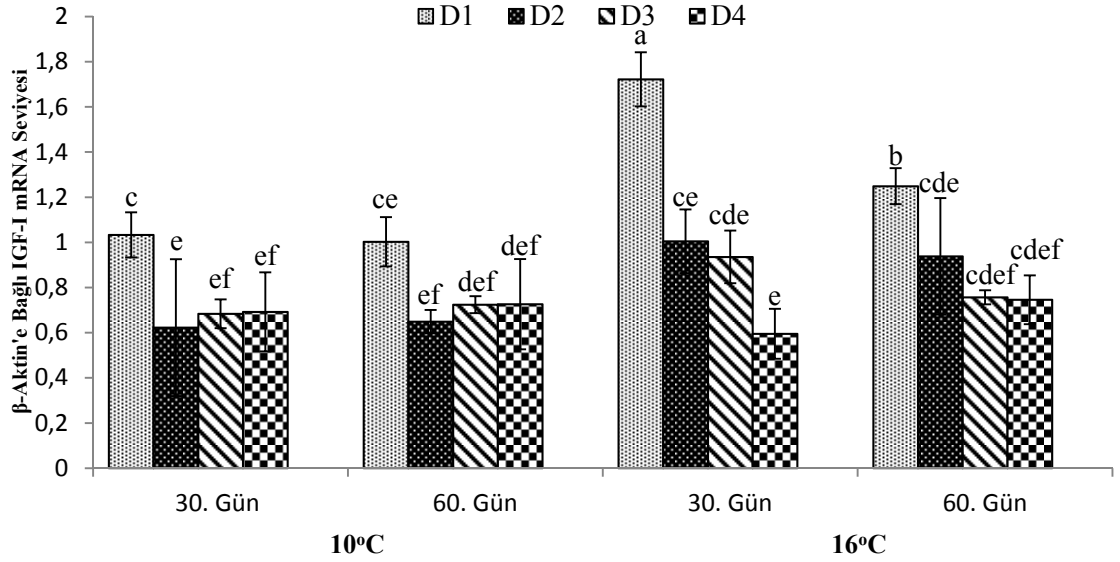
Kas dokusunda yayapılan analizler soncunda IGF-I mRNA seviyesi ile diyet ve sıcaklık uygulamaları arasında çok önemli ($p<0,01$), beslenme periyodu ile $p<0,05$ ’e bir interaksiyon olduğu belirlenmiştir. Beslenme periyodu x sıcaklık ve sıcaklık x beslenme periyodu x diyet (Şekil 4.66) ile IGF-I mRNA seviyesi her hangi bir interaksiyon olmadığı belirlenmişken ($p>0,05$), beslenme periyodu x diyet (Şekil 4.64) ve sıcaklık x diyet (Şekil 4.65) interaksiyonları arasında $p<0,05$ ’e göre önemli bir ilişki tespit edilmiştir.



Şekil 4.64. Balıkların kas dokularındaki IGF-I mRNA seviyesine beslenme periyodu x diyet interaksiyonunun etkisi.



Şekil 4.65. Balıkların kas dokularındaki IGF-I mRNA seviyesine sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.

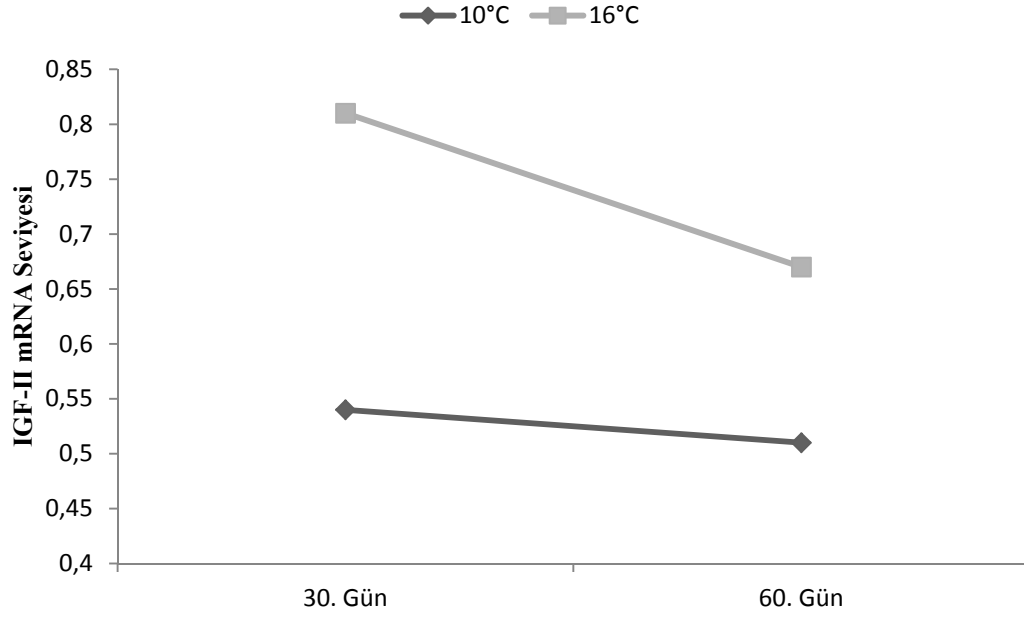


Şekil 4.66. Balıkların kas dokularındaki IGF-I mRNA seviyesine beslenme periyodu x sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.

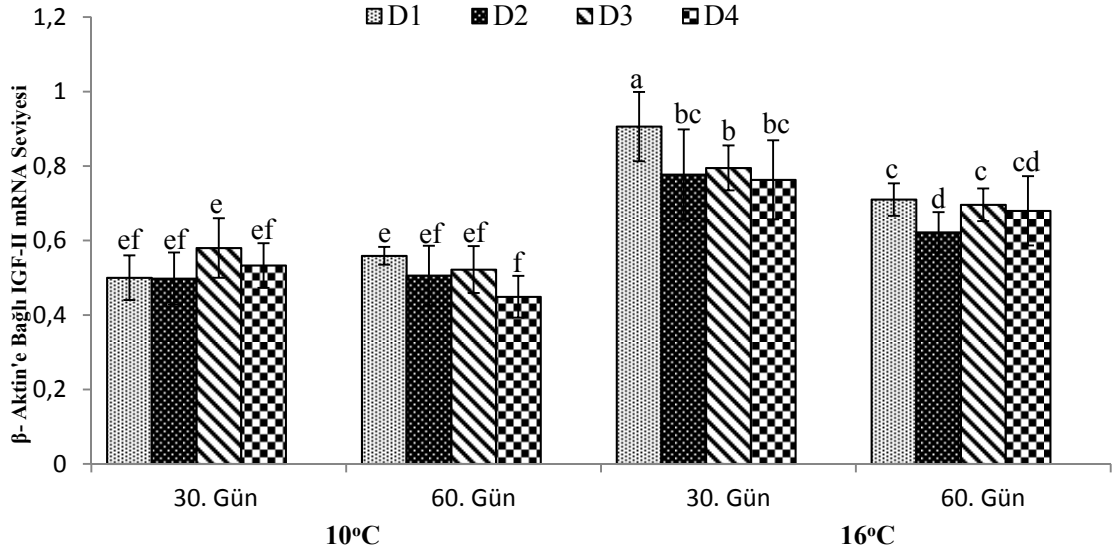
5.18. Yavru Gökkuşığı Alabalıklarının Kas ve Karaciğer Dokularında IGF-II mRNA Seviyesi

Araştırmada sonuçlarına göre IGF-II mRNA seviyeleri karaciğer ve kas dokularında örnekleme dönemlerine ve su sıcaklığı uygulamalarına bağlı olarak Çizelge 4.13 ve Şekil 4.68'de verilmiştir. Karaciğer dokusunda en yüksek seviye 16°C su sıcaklığı uygulamasında 30. gün örnekleme döneminde D1 diyeti grubunda $0,91\pm 0,09$ oranında en düşük değer ise deneme sonu örnekleme döneminde 10°C su sıcaklığında D4 diyet grubu balıklarında $0,45\pm 0,06$ değerinde belirlenmiştir. Karaciğer dokusunda 30. gün 16°C su sıcaklığı uygulaması hariç diğer uygulamalarda diyetler arasında IGF-II mRNA seviyesi açısından önemli bir farklılığın olması fakat 30. gün 16°C su sıcaklığı uygulamasında D1 diyet grubu örnekleri diğer üç gruptan önemli derecede yüksek belirlenmiştir ($p<0,05$).

Karaciğer dokularında IGF-II mRNA seviyesi ile sıcaklık ve beslenme periyodu uygulamaları arasında çok önemli bir interaksiyon olduğu ($p<0,01$), diyetler ile ise $p>0,05$ 'e göre bir interaksiyon olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca beslenme periyodu x sıcaklık (Şekil 4.67) ile IGF-II mRNA seviyesi arasında $p<0,05$ 'e göre önemli bir ilişki belirlenmişken beslenme periyodu x diyet, sıcaklık x diyet ve sıcaklık x beslenme periyodu x diyet ile interaksiyonunun olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.13).



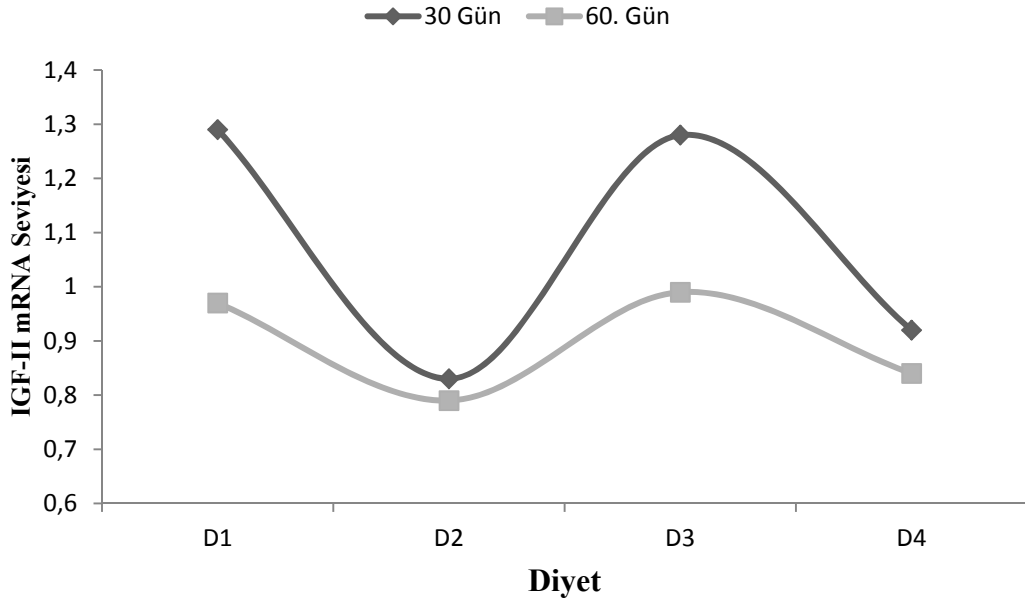
Şekil 4.67. Balıkların karaciğer dokularındaki IGF-II mRNA seviyesine beslenme periyodu x sıcaklık interaksiyonunun etkisi.



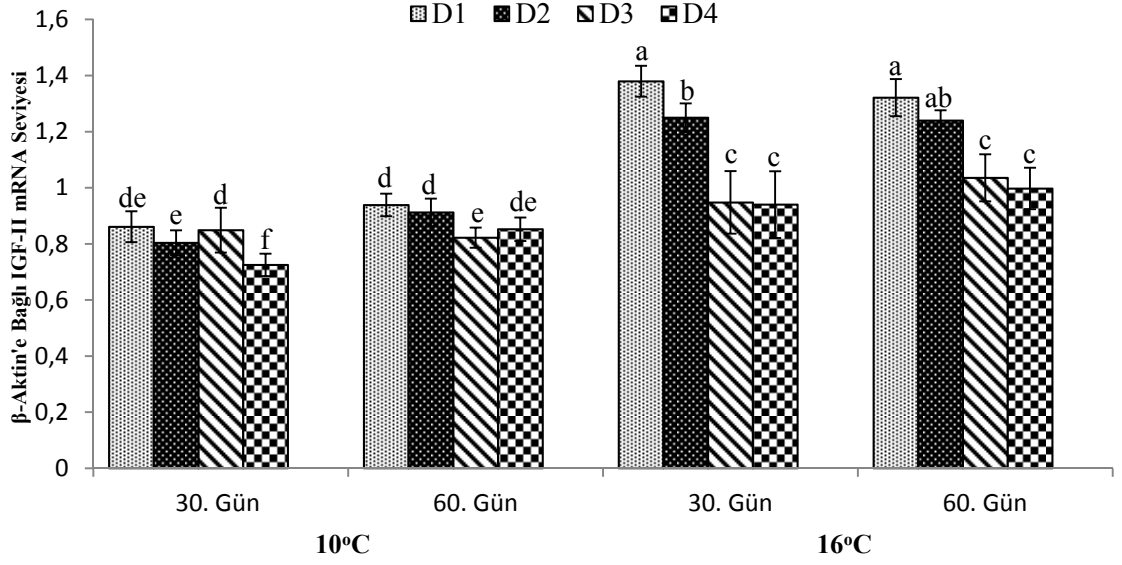
Şekil 4.68. Balıkların karaciğer dokularındaki IGF-II mRNA seviyesine beslenme periyodu x sıcaklık x diyet interaksiyonunun etkisi.

Kas dokusu örneklerinde ise en yüksek IGF-II mRNA seviyesi $1,38 \pm 0,06$ oranı ile 30.gün 16°C uygulamasında D1 diyet grubu balıklarında, en düşük oranı $0,73 \pm 0,04$

seviyesi ile 60.gün 10°C su sıcaklığında D4 grubu diyetleri ile beslenen balıklarda belirlenmiştir. 30. gün 16°C su sıcaklığı uygulaması haricindeki diğer üç uygulama grubunda diyetler arasında ilgili mRNA seviyesi açısından herhangi bir farklılık bulunmamaktadır ($p<0,05$).



Şekil 4.69. Balıkların kas dokularındaki IGF-II mRNA seviyesine beslenme periyodu x diyet interaksyonunun etkisi.



Şekil 4.70. Balıkların kas dokularındaki IGF-II mRNA seviyesine beslenme periyodu x sıcaklık x diyet interaksyonunun etkisi.

IGF-II mRNA seviyesinin karaciğer dokularındaki aksine kas dokusunda diyet grupları ile $p < 0,01$ 'e göre çok önemli bir interaksyon gösterdiği belirlenmiştir. Aynı şekilde beslenme periyodunun bu genin mRNA seviyesi üzerine çok önemli etkisinin olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,01$), (Çizelge 4.13). Ayrıca beslenme periyodu x diyet ile $p < 0,05$ 'e göre önemli bir etkileşim gösterdiği, sıcaklık uygulaması, beslenme periyodu x sıcaklık, sıcaklık diyet ve sıcaklık x beslenme periyodu x diyet interaksyonlarından ise etkilenmediği $p > 0,05$ 'e göre tespit edilmiştir.

Sonuç olarak sıcaklık değişimi IGF-II mRNA seviyesine etki ettiği 16°C su sıcaklığında yüksek 10°C su sıcaklığında ise düşük mRNA oranı belirlenmiştir. Ayrıca Kas dokusunda karaciğer dokusuna oranla daha fazla IGF-II mRNA seviyesi tespit edilmiştir.

Çizelge 4.13. Gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavrularının kas dokusunda β -aktin'e bağlı bazı genlerin mRNA seviyelerine ait varyans analiz tablosu.

Doku	Karaciğer	Karaciğer	Karaciğer	Karaciğer	Kas	Kas
Gen	$\Delta 6$ Desaturasyon	Elangasyon	IGF-I	IGF-II	IGF-I	IGF-II
Diyet (D)						
D1	1,80±0,51 ^d	2,72±0,59 ^c	1,25±0,33 ^a	0,66±0,17	2,02±0,43 ^a	1,14±0,19 ^a
D2	5,83±0,64 ^c	2,07±0,49 ^b	0,80±0,25 ^b	0,60±0,12	1,39±0,22 ^b	0,81±0,11 ^b
D3	10,53±1,51 ^a	2,60±1,03 ^a	0,77±0,12 ^b	0,65±0,14	1,33±0,37 ^{bc}	1,13±0,17 ^a
D4	6,44±0,91 ^b	2,25±0,84 ^b	0,69±0,14 ^b	0,62±0,15	1,19±0,25 ^c	0,88±0,14 ^b
P	**	**	**	Ns	**	**
Sıcaklık (S)						
10°C	5,65±3,06 ^b	2,72±0,63 ^a	0,99±0,36 ^a	0,74±0,01 ^a	1,68±0,46 ^a	1,01±0,22
16°C	6,94±0,29 ^a	1,52±0,28 ^b	0,70±0,09 ⁿ	0,53±0,10 ^b	1,27±0,34 ^b	0,97±0,20
P	**	**	**	**	**	Ns
Beslenme Periyodu (G)						
30. Gün	6,64±3,53 ^a	1,93±0,91 ^b	0,91±0,38	0,67±0,16 ^a	1,57±0,48 ^a	1,08±0,24 ^a
60. Gün	5,10±2,72 ^b	2,83±0,49 ^a	0,92±0,24	0,59±0,11 ^b	1,39±0,42 ^b	0,90±0,12 ^b
P	**	**	Ns	**	*	**
İnteraksiyonlar						
GxS	NS	*	Ns	*	Ns	Ns
GxD	**	**	Ns	Ns	*	*
SxD	**	**	**	Ns	*	Ns
SxGxD	*	**	Ns	Ns	Ns	Ns

** : Çok Önemli, * : Önemli, Ns : Önemsiz

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu araştırmada üç farklı lipit kaynağı (balık, soya, keten tohumu yağı) ile hazırlanan dört farklı diyetle gökkuşacağı alabalığı yavruları iki farklı sıcaklık (10 ve 16°C) şartlarında 60 gün süresince beslenen balıklardan 30. ve 60. beslenme periyotları sonunda örnekleme yapılarak gökkuşacağı alabalığı yavrularının tüm vücutlarından besin madde ve yağ asidi kompozisyonu belirlenmiştir. Balıklardan alınan karaciğer dokularından yağ asidi sentezinde görev alan $\Delta 6$ desaturasyon ve elangasyon enzimlerine ait genlerin ve kas ve karaciğer dokularından metabolizmada büyüme hormonları olarak görev yapan IGF-I ve IGF-II genlerinin β -aktin'e bağlı ekspresyon dereceleri araştırılmıştır.

5.1. Büyüme Değerlerine İlişkin Tartışma

Kültür balıkçılığında balıkların et verimini yani canlı ağırlık artışını etkileyen en önemli unsurlardan birinin beslenme olduğu bilinmektedir (Pillay 1990; Akyıldız 1992; Lowel 1998). Balıkların ihtiyaç duydukları besin madde kompozisyonuna sahip yemler ile beslenmeleri sonucunda yetiştiricilik açısından istenilen büyüme değerlerine ulaşıldığı birçok araştırma ile belirlenmiştir. Gökkuşacağı alabalığının normal büyüme ve gelişimi için diyetlerinin %0,5-1 oranında veya diyetlere katılan yağların %20 sini linolenik asit içermesi gerektiği araştırmalar sonucunda belirtilmiştir. Bazı araştırmacılar ise DHA yağ asidinin gökkuşacağı alabalığı diyetlerinde %10 oranında bulunması gerektiğini bildirmişlerdir (Castell 1972; Watanabe *et al.* 1974; Takeuchi and Watanabe 1977; Bell *et al.* 1995; Sargent 1999a,b).

Araştırma diyetlerinde Çizelge 4.3'de görüldüğü üzere sırasıyla %33,02 (D1), %8,80 (D2), %55,08 (D3) ve %31,94 (D4) oranlarında n-3 PUFA grubu yağ asitlerini içermektedir. Bu diyetler ile beslenen balıklarda Çizelge 4.1'de görüldüğü gibi deneme sonunda 10°C su sıcaklığında diyetlerin bireysel büyümeyi etkilemediği görülmüştür. Aynı şekilde 16°C su sıcaklığında yetiştirilen balıklarda da ortalama bireysel büyüme

değerlerinde değişme görülmemiştir. Fakat sıcaklığının büyüme üzerine etki ettiği ve aynı yemle iki farklı sıcaklık uygulamasında beslenen gökkuşacağı alabalığı yavrularının bireysel ortalama ağırlıklarında istatistiki olarak farklılık belirlendiği ve düşük sıcaklığın büyümeyi olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Bu sonuçlar bitkisel yağ kaynaklarının gökkuşacağı alabalığının büyümesi üzerine etkisinin olmadığı sonuçları ile örtüşmektedir (Reinitz and Yu, 1981; Henderson and Tocher 1987; Tocher *et al.* 1989; Tocher and Sargent 1990; Greene and Selivonchick, 1990; Figueiredo-Silva *et al.* 2005; Choubert *et al.* 2006).

Ayrıca bitkisel yağ kaynaklarının balığın büyüme performansına etkisi pek çok balık türünde çalışılmış olup, bu çalışmalarda türe bağlı olarak değişim gösterdiği belirlenmiş olmasına rağmen (Bromley 1980; Higgs *et al.* 1985; Hughes 1989; Ekanem 1996; Lee *et al.* 1997, Grove *et al.* 2001) Atlantik salmonları diyetlerinde balık yağına ikame edilen ve sırasıyla belirtilen bitkisel yağların: keten tohumu, Ayçiçek, hurma ve soya yağı içeren diyetler ile beslenen balıkların büyüme üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir sonuçlarının bizim veriler ile örtüştüğü görülmektedir. (Bell *et al.* 1991a,b, 1992, 1993, 2002; Lie *et al.* 1993; Waagbø *et al.* 1993a,b; Thompson *et al.* 1996; Tocher *et al.* 1997; Torstensen *et al.* 2000; Rosenlund *et al.* 2001; Rollin *et al.* 2003). Güler and Yıldız (2011), gökkuşacağı alabalıklarının farklı oranlarda pamuk yağı içeren diyetlerle beslemişler ve %100 ikamenin büyümeyi etkilemediğini fakat balık yağına %50 ikame edilen pamuk yağının balıkların büyüme performansı üzerine olumlu etki ettiğini bildirmişlerdir.

Balık besleme çalışmalarında yoğun olarak kullanılan bir diğer parametre ise oransal büyümedir. Sıcaklık uygulamaları içerisinde oransal büyümeler incelendiğinde 10°C de D2 diyeti ile beslenen balıkların diğer üç diyet grubuna oranla daha az oransal büyüme gösterdiği ve farklılığın istatistiki olarak önemli olduğu, 16°C su sıcaklığında ise D1 ve D3 diyetleri ile beslenen balıklardaki oransal büyümeler D2 ve D4 gruplarından yüksek olduğu ve her iki sıcaklıkta da farklılığın istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Sıcaklık uygulamaları arasında büyüme parametreleri karşılaştırıldığında araştırmada

kullanılan dört diyet grubunda da 16°C su sıcaklığında büyümelerin 10°C su sıcaklığına nazaran yüksek olduğu ve farklılığın istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Bu veriler Aras vd 2000'de belirtilen gökkuşığı alabalığının optimum su sıcaklığı olan 16°C'de en iyi büyüme gösterdiği bilgisiyle örtüşmektedir. Ayrıca bitkisel ve hayvansal iki farklı sıcaklıkta (22°C-29°C) bitkisel ve balık yağıyla beslendikleri levrek balığı (*Dicentrachus labrax*) yavrularının yüksek sıcaklıkta her iki yem grubu ile daha iyi büyüme performansı gösterdiği ve bulguların araştırmamız sonuçları ile paralellik gösterdiği görülmüştür (Person-Le Ruyet *et al.* 2004). Farklı balık türlerinde olduğu gibi gökkuşığı alabalıklarında da yapılan araştırmalarda, diyetlerde kullanılan bitkisel yağların balıkların canlı ağırlık artışlarını önemli ölçüde etkilemedikleri rapor edilmiştir (Jobling *et al.* 1991; Legendre *et al.* 1995; Martins *et al.* 2005; Richard *et al.* 2006 a,b).

Balık besleme çalışmalarında büyüme performansının belirlenmesinde önemli bir parametre olarak kullanılan spesifik büyüme oranları bizim çalışmamızda incelendiğinde 10°C su sıcaklığında yetiştirilen balıklarda diyetlerin bu oranı etkilemediği fakat 16°C su sıcaklığında beslenen balıklarda D1 diyeti ile beslenenlerin SBO değerleri D2, D3 ve D4 diyet grubu balıklarından daha yüksek olduğu ve diğer üç grup arasında farklılığın $p>0,05$ 'e göre istatistiki olarak önemsiz olduğu belirlenmiştir. Rosenlund *et al.* (2001), Atlantik salmonların da yaptıkları çalışmada optimum yetiştiricilik şartlar altında bitkisel yağ kaynağı içeren diyetler ile beslenen balıkların SBO oranlarının balık yağı ihtiva eden yemler ile beslenen balıklara nazaran daha düşük olduğu bildirilmiştir ve bu sonuçlar bizim araştırma sonuçlarımız ile örtüşmektedir. Araştırmamız sonuçları yemlerde balık yağı yerine %100 ikame ettikleri soya yağı ile beslenen gökkuşığı alabalıklarının SBO oranlarını ve büyüme performansını etkilemediği verileri ile de örtüşmektedir. (Torstensen *et al.* 2000; Caballero *et al.* 2002; Ng *et al.* 2003, 2004). Bell *et al.* (2003) diyetlerde balık yağına %100 keten tohumu yağı ikame ederek hazırladıkları yemler ile Atlantik salmonlarını beslediklerinde bitkisel yağ kaynağının SBO oranını etkilemediğini tespit etmişlerdir ($p>0,05$).

Araştırmada kullanılan dört diyet, gökkuşuğu alabalığı yavrularının gereksinim duyduğu yağ ve yağların yapı taşı olan yağ asitlerini yeterince içermektedir. Tatlı su balıkların normal gelişimleri için gerekli olan n-3 ve n-6 yağ asitleri ihtiyacı mevcut diyetler ile karşılandığından balıkların bireysel büyüme, spesifik büyüme ve oransal büyüme miktarlarının diyet gruplarından etkilenmemesi sonuçları, mevcut çalışmalar ile örtüşmektedir. Balıklarda spesifik büyüme oranını diyetlerdeki yağ kaynağından ziyade yağın miktarı önemli derecede etkilemektedir (Özlüer-Hunt 2003).

5.2. Yem Değerlendirme Oranlarına İlişkin Tartışma

Büyümede gerekli olan enerjinin sağlanması ve yemlerin değerlendirilme oranının belirlenmesinde kullanılan parametrelerden birisi de yem değerlendirme oranıdır (De Silva ve Anderson, 1998). Kültür balıkçılığında başarının önemli göstergelerinden biri olan yem değerlendirme oranının birden küçük (>1) olması arzu edilmektedir (Lindhors-Emme 1990; Çelikkale 1994; Aras vd. 2000). Farklı bitkisel yağlar içeren diyetlerle beslenen gökkuşuğu alabalıklarının yemden yararlanma oranlarının balık yağı içeren diyetler ile beslenen balıklarınki ile çok önemli bir farklılık göstermediği tespit edilmiştir.(Caballero *et al.* 2002; Choubert *et al.* 2006; Güler and Yıldız 2011). Ayrıca gökkuşuğu alabalığında yapılan bir başka besleme çalışmasında ise balık yağı yerine bitkisel yağ kaynakları ikame edilen yemlerle beslediklerinde yem değerlendirme oranları sırasıyla $1,05\pm 0,11$ - $1,08\pm 0,15$ - $1,12\pm 0,15$ olarak, balıklar ortalama $13\pm 1^{\circ}\text{C}$ su sıcaklığında yetiştirilerek belirlemiştir (Şener and Yıldız 2003). Güler 2008, gökkuşuğu alabalığını bitkisel kaynaklı yağları balık yağına ikame ederek hazırladığı diyetler ile besleyerek yem değerlendirme oranını gruplar arasında $1,58\pm 0,11$ - $1,81\pm 0,19$ aralığında belirlemiştir. Bu iki araştırmada yem değerlendirme oranları arasındaki farklılık, balıkların büyüklükleri ve yetiştirildikleri suyun sıcaklığından kaynaklanmaktadır. Güler 2008 ortalama $9,5^{\circ}\text{C}$ bu değerleri elde ederken Şener ve Yılmaz 2003, araştırmalarını 13°C su sıcaklığında gerçekleştirmişlerdir.

Bizim yem değerlendirme oranları diyetler arasında karşılaştırıldığında farklılığın $p > 0,05$ 'e göre istatistiki olarak önemli olmadığı ve bu sonuçların yapılan farklı çalışmaların verileri ile örtüştüğü belirlenmiştir (Caballero *et al.* 2002; Martins *et al.* 2005; Choubert *et al.* 2006; Richard *et al.* 2006a,b; Güler and Yıldız 2011). Araştırma da iki farklı su sıcaklık (10 ve 16°C) uygulaması aynı yem gruplarının YDO miktarlarını etkilediği ve dört yem grubunun da düşük su sıcaklığında yüksek, yüksek su sıcaklığında ise düşük yem değerlendirme oranları Şener and Yıldız 2003 ile Güler 2008'e ait çalışmaların bulguları ile örtüşmektedir. Ayrıca gökkuşuğu alabalığı optimum su sıcaklığı ve ihtiyaç duyduğu diğer çevresel faktörlerin sağlanması durumunda kültür balıkçılığında en düşük yem değerlendirme oranına sahip balık türlerinden biridir (Lindhors-Emme 1990; Çelikkale 1994; Aras vd. 2000).

5.3. Hepatosomatik İndeks Oranlarına İlişkin Tartışma

Karnivor beslenme özelliğine sahip olan gökkuşuğu alabalığı gibi türlerin diyetlerinde bitkisel kaynaklı yağların kullanılması ile karaciğerde ve vücutta yağ oranının artmasına paralel olarak HSI değerinin de arttığı birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Steffens 1997; Torstensen *et al.* 2000; Rosenlund *et al.* 2001; Chaiyapechara *et al.* 2003; Bell *et al.* 2004; Piedecaus *et al.* 2007). Fakat bazı araştırmacılar ise bitkisel kaynaklı yağlar ile hazırlanan diyetlerle beslenen balıkların hepatosomatik indeks (HSI) değerlerinin balık yağı ihtiva eden diyetler ile beslenen balıklardan farklılık göstermediği yapılan bir çok araştırmada ortaya konulmuştur (Bel *et al.* 1991; Tocher *et al.* 2000; Bel *et al.* 2002; Rollin *et al.* 2003; Rosenlund *et al.* 2003; Torstensen *et al.* 2005).

Bizim çalışmamızda elde edilen verilere göre hesaplanan HSI değerleri diyetlerden etkilenmediği ve Menoyo *et al.* (2005), tarafından yapılan bir araştırmada Atlantik salmonlarına farklı oranlarında keten tohumu yağı (LO) ihtiva eden yemler ile su sıcaklığı $9 \pm 1^\circ\text{C}$ olan ortamda beslediklerinde HSI değerinin değişmediği bilgisi ile örtüştüğü görülmektedir. Su sıcaklığının büyüme ve yem değerlendirme oranlarında

olduğu gibi HSI oranını da etkilediği izelge 4.3'te görülmektedir. Sıcaklığa bağlı bu değişim 10°C su sıcaklığının balıkların diyetlerine katılan %15 oranındaki yağdan yem değerlendirme oranına paralel olarak yeterince yararlanamamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

5.4. Besin Madde Kompozisyonuna İlişkin Tartışma

Yapmış olduğumuz bu çalışmada diyetlerin içerdiği farklı yağ kaynaklarının ve sıcaklık uygulamasının balıkların besin madde kompozisyonunu $p>0,05$ 'e göre etkilemediği izelge 4.4'te görülmektedir. Gökkuşağı alabalığında yapılan birçok çalışmada, alternatif yağ kaynaklarının tüm vücut besin madde kompozisyonunu değiştirmedeği bulgusu bizim verilerimi ile örtüşmektedir. Mesela bir çalışmada soya yağı yerine %0, %1, %2, %3 düzeylerinde Hindistan cevizi yağı katarak hazırladıkları yemlerin tilapia balıklarının besin maddesi kompozisyonunda bir değişikliğe neden olmadığını belirlemişlerdir (Al-Owafeir and Belal 1996). Benzer başka bir çalışmada ise Regost *et al.* (2003), kalkan (*Psetta maxima*) balığı karma yemlerinde balık yağı yerine tamamen soya ve keten yağı kullanmışlar ve tüm vücut besin madde kompozisyonunun, yemdeki yağ kaynaklarından etkilenmediğini tespit etmişlerdir.

Sıcaklık uygulamasının aynı yem grupları içerisinde tüm vücut kompozisyonuna etki etmemesi beslendikleri diyetlerin ihtiyaç duydukları besin madde muhteviyatını içermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

5.5. Yağ Asidi Profillerine İlişkin Tartışma

5.5.1. Yavru gökkuşağı alabalıklarının doymuş yağ asidi (SFA) profilleri

Araştırma sonunda yapılan analizlerde en yüksek SFA, gruplar arasında balık yağı ile hazırlanan diyetler ile beslenen balıklarda, en düşük oran ise keten tohumu yağı ile hazırlanan grupta belirlenmiştir. Araştırma bulgularımız kahverengi alabalıkların

diyetlerine lesitin, keten tohumu yağı ve oleik asit katarak beslenen balıkların SFA değerleri ile örtüşmektedir (Bayır 2011). Balıkların tüm vücutlarında belirlenen bu SFA oranları, beslendikleri diyetlerin SFA miktarları ile ilişkili olduğu görülmüştür. Fosfolipitlerin ana bileşeni olan ve embriyogenesis süresince membran oluşumunda önemli bir göreve sahip olan 16:0 (Dantagnan *et al.* 2007) ise SFA'lar içerisinde dominant yağ asididir. Oleik asit balık yağında ortalama %58-60 soya yağında %65-70 ve keten tohumu yağında %68-75 oranında SFA'ların büyük bir kısmını oluşturmaktadır (Sirkecioğlu vd 2010). Balık yağı dışında diğer üç diyet grubunda diyetlere nazaran balıkların tüm vücutlarında daha fazla SFA olduğu gözlenmiştir. Bu durum pek çok balık türünde larval gelişim esnasında MUFA'ların tüketildiği, oysa SFA, ARA ve DHA yağ asitlerinin karkas dokularının bileşenleri olduklarından dolayı miktarlarının arttığını bildirmiştir (Wiegant *et al.* 1996). Ayrıca bazı çalışmaların sonuçlarına göre kas dokusunda veya karaciğer dokusundaki SFA oranı yemdeki oranından daha yüksek olduğu görülmüştür (Bell *et al.* 2002; Bahurmiz and Ng 2007). Diyetlere balık yağı yerine zeytinyağının ikame edildiği bir araştırmada yemlerin ihtiva ettiği SFA oranından daha fazla miktarda kas ve karaciğer dokularında belirlendiği rapor edilmiştir (Buzzi *et al.* 1996).

Balık yağı (D1) diyet grubu ile iki farklı sıcaklıkta beslenen balıklarda 16°C su sıcaklığında 10°C su sıcaklığına nazaran daha yüksek SFA miktarı belirlenirken bu durum bitkisel yağ kaynağı içeren diyetler ile beslenen gruplarda gözlenmemiştir. Balık yağı grubunda bu sonuçlar Henderson and Tocher 1987'e göre sıcaklığın doku yağ asitleri profilini etkileyen birincil faktörlerden biri olarak belirtmesi ve diyetteki yüksek SFA miktarının dokulara büyük oranda yansması ile izah edilebilir. Bitkisel yağ kaynağı gruplarında ise sıcaklığın SFA miktarına etki etmemesi her iki sıcaklıkta da balık ihtiyacı olan HUFA grubu yağ asitlerini sentezleme eğiliminde olduğunda ve balıkların enerji kaynağı olarak PUFA'lar dan daha çok SFA ve MUFA grubu yağ asitlerini kullandığından, bu yağ asidi grubu soğuk su ortamında dokularda depolayamadığı düşünülmesine (Henderson 1996) rağmen 15°C yetiştirilen ot sazı ve tirs balıkların da SFA oranı 25°C yetiştirilenlere göre daha düşük çıktığı (Hsieh *et al.* 2004; Hsieh and Kuo 2005) rapor edilmiştir. Bizim çalışmamızda ise sıcaklığın SFA

miktarına etki etmemesi gökkuşığı alabalığının soğuk su balığı olması ve adaptasyon kabiliyetinin yüksek olması ile izah edilmektedir. Ayrıca balıkların bulunduğu ortamın su sıcaklığı düştükçe balığın vücudunda çoklu doymamış yağ asidi miktarının arttığı bilinmektedir (Henderson and Tocher 1987; Tocher 2003).

Balıkların özellikle de tatlı su balıklarının yağ asitlerini sürekli sentezleyen canlılar olduğu dikkate alındığında, diyetlerdeki yüksek lipit seviyesi ve hatta yüksek SFA oranı balığın dengeli beslenmesi açısından yararlı olduğu ve diyetler ile alınan proteinin enerji gereksinimi için kullanılmamasını sağlamaktadır. Sonuç olarak SFA grubu yağ asitlerinin eksternal sentezleri ve yapıları itibarıyla kolay oksidasyona uğramamaları savunma sisteminin önemli bir yapı taşı olduğu kanaatini ortaya çıkarmaktadır (Hazel 1984; Henderson and Sargent 1985; Olsen *et al.* 1997; 1999; Turchini *et al.* 2006). Diğer önemli bir durum ise 18:3n-3 yağ asidinin fazla olduğu diyetlerde direkt olarak desaturasyon ve elangasyon aktivitelerinin artması ile metabolizma ihtiyaç duyduğu ARA, EPA ve DHA başta olmak üzere HUFA grubu yağ asitlerini ürettiğinden dokulardaki SFA birikimi artmaktadır. Bu yüzden bitkisel kaynaklı yağlar ile beslenen balıklarda soğuk su şartlarında daha az SFA beklenirken optimum su sıcaklığında yetiştirilen balıklarda ise $p>0,05$ 'e istatistiki olarak değişkenlik gözlenmemiştir.

5.5.2. Yavru gökkuşığı alabalıklarının tekli doymamış yağ asidi (MUFA) profilleri

Tekli doymamış yağ asitleri bakımından araştırma örnekleri değerlendirmeleri Çizelge 4.7'de görülmektedir. Uygulamalar ve diyet grupları arasında MUFA miktarının $32,57\pm 0,67$ (D1) ile $21,02\pm 0,95$ (D3) aralığında değişim gösterdiği saptanmıştır. Diyet grupları içerisinde en yüksek toplam MUFA miktarı D1 grubu diyetler ile beslenen balıklarda en düşük oran ise D3 diyet gruplarında belirlenmiştir. Bizim araştırma bulgularımıza benzer bir durum Haliloğlu *et al.* (2004), tarafından yapılan bir çalışmada gökkuşığı alabalığını $32,5$ oranında MUFA ihtiva eden yemlerle tatlı suda beslediklerinde kas dokusunda $45,9\pm 0,75$ tekli doymamış yağ asidi belirlediklerini rapor etmişlerdir. Bizim araştırma bulgularımız ile çelişen bir çalışmada ise kahverengi

alabalık yavruları farklı yağ kaynakları içeren diyetler ile düşük su sıcaklığında beslendiğinde diyetlerdeki MUFA miktarı ile kas dokusundaki tekli doymamış yağ asitleri oranı arasında önemli bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir (Bayır 2011). Bizim bulgularımız ile Bayır (2011)'in sonuçları arasındaki farklılığın materyal balıkların farklılığından ve yetiştiricilik şartlarının kahverengi alabalık için uygun olmadığı ile izah edilebilir.

Tekli doymamış yağ asitleri grubunda baskın yağ asidi olarak 18:1n-9 belirlenmiş ve bu yağ asidini en fazla oranda içeren soya yağı (D2) ile hazırlanan diyet olduğu, en düşük oleik asit oranı ise balık yağı ile hazırlanan diyetlerle beslenen balıklarda belirlenmiştir. D1 diyetinde diğerlerine nazaran daha yüksek MUFA miktarı, balık yağında yüksek oranda fakat bitkisel kaynaklı yağlarda düşük miktarda bulunan 16:1n-7 yağ asidinden kaynaklanmaktadır. Diyetlerin MUFA sonuçları ihtiva ettikleri yağların yağ asidi profilleri ile örtüşmektedir (Dubois *et al.* 2007; Pickova and Morkore 2007; Glencross 2009; Sirkecioğlu *et al.* 2010).

Araştırma sonuçlarına göre su sıcaklığı (10°C ve 16°C) gökkuşağı alabalığının tüm vücutlarında aynı diyet grupları içerisinde MUFA değerlerinde bir değişim görülmemiştir. Sonuçlarımız Ng *et al.* (2010) tarafından gökkuşağı alabalıklarının farklı oranlarda hurma yağı ikame edilen diyetler iki farklı sıcaklıkta besleyerek yaptıkları çalışma sonuçları ile örtüşmektedir. Atlantik salmonları kullanılarak yapılan bir başka araştırmada ise deneme diyetlerini %100 ve %50 oranlarında soya yağı ikame edilmiş ve 5°C ve 12°C su sıcaklığında beslediklerinde %100 balık yağı grubunda karaciğer dokularında MUFA oranlarının değişmediği bizim bulgularımızla örtüşürken %50 ve %100 soya yağı ilave edilen gruplarda düşük su sıcaklığında yüksek sıcaklığa nazaran daha fazla oranda tekli doymamış yağ asidi miktarı olduğunu ve farklılığın istatistiki olarak önemli olduğunu rapor etmişlerdir. Gökkuşağı alabalığın yavrularının hurma yağı ikame edilen diyetler ile üç farklı sıcaklıkta beslendiği başka bir araştırmada ise 11°C ve 15°C uygulamalarında diyetler arasında MUFA miktarı açısından farklılık

gözlenmiş ve bu veriler bizim bulgularımız ile paralellik göstermektedir. (Tocher *et al.* 2004).

Sonuç olarak balıkların tüm vücutlarında belirlenen MUFA oranları beslendikleri yemin tekli doymamış yağ asitleri miktarını büyük oranda yansıtmaktadır (Henderson and Tocher 1987; Tocher 2003; Haliloğlu *et al.* 2004; Bayır 2011). Sıcaklığın ve beslenme periyodunun tekli doymamış yağ asitleri profili üzerine etki göstermediği belirlenmiştir ($p>0,05$). Çünkü balıklar serbest yüzmeye başladıklarında enerji ihtiyaçları arttığından lipitlerin kullanımının da arttığı ve balık tarafından depo edilen yağın tipini metalik olarak belirlendiği bildirilmiştir (Watanabe 1982; Ensminger *et al.* 1990; Grene and Selivonchick 1990; Tucker 1998; Tocher 2003).

5.5.3. Yavru gökkuşuğu alabalıklarının n-3 çoklu doymamış yağ asidi (n-3 PUFA) profilleri

Toplam n-3 PUFA grubu yağ asitleri miktarı değerlendirildiğinde gruplar ve uygulamalar arasında en yüksek değer, yağ kaynağı olarak 18:3n-3 yağ asidi bakımından zengin keten tohumu yağı kullanılarak hazırlanan diyetlerle beslenen ve 10°C su sıcaklığında yetiştirilen balıkların tüm vücutlarında %45,42±0,59 oranında, en düşük oran ise %10,28±0,24 miktarı ile az miktarda 18:3n-3 yağ asidi içeren soya yağı grubu balıklarda 16°C su sıcaklığı uygulamasında belirlenmiştir ($p<0,05$). Daha öncede bahsedildiği gibi balıkların tüm vücut analizlerinden elde edilen verilere göre n-3 PUFA yağ asitleri de SFA ve MUFA gruplarında olduğu gibi diyetlerin yağ asidi profilini yansıtmıştır. Gökkuşuğu alabalığı besin madde ihtiyaçları üzerine yapılan araştırmalarda; diyetlerinde 10 ila 25 gr/kg⁻¹ n-3 PUFA, 10 gr/kg⁻¹ n-6 PUFA katılması balıklar da normal büyüme, gelişme ve üremeleri için büyümeyi olumlu etkilediğini bildirmişlerdir (Castel *et al.* 1972). Toplam n-3 PUFA grubu yağ asitleri 18 karbonlu ve 20 karbonlu n-3 yağ asitlerinden oluşmaktadır. Bu yağ asitlerin en önemlileri, 18 karbonlu ALA (18:n-3) ve 20 karbonlu DHA (22:6n-3) ve EPA (20:5n-3)'lardır (Gurr and James 1975; Henderson and Sargent 1987; Keha ve Küfrevioğlu 1997; Los and

Murata 1998; Bessonarat *et al.* 1999; Aksoy 2000; Sargent *et al.* 2002; Tocher 2003; Warude *et al.* 2006; Almada-Pagan *et al.* 2007; Piedecausa *et al.* 2007).

Tatlı su balıkları normal gelişim, üreme, bağışıklık sistemi ve sinir sistemi üzerine olumlu etkileri olan DHA ve EPA yağ asitlerini diyetleri ile yeteri miktarda almadıkları takdirde bu yağ asitlerini desaturasyon ve elangasyon aktiviteleri sentezlemeleri için gerekli olan ALA yağ asidini bitkisel orjinli yağ kaynakları yeterli miktarda ihtiva etmektedir (Pickova and Morkore 2007; Glencross 2009; Sirkecioğlu *et al.* 2010). Bu yüzden diyetlerinde n-3 HUFA bulunmayan balıklarda 18:3n-3 yağ asidinin esansiyel olduğu anlaşılmıştır (Henderson and Tocher 1987; Halver and Hardy 2002; Sargent *et al.* 2002; Tocher 2003).

Çalışmamızda yağ kaynağı olarak keten tohumu yağının kullanıldığı D3 grubunun 18:3n-3 miktarının en yüksek olduğu ve diğer gruplarla arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu ($p<0,05$) tespit edilmiş olup bu literatürler ile de doğrulanmaktadır. D3 grubunu keten tohumu ve soya yağının yarı yarıya katılarak hazırlandığı D4 diyeti takip etmektedir. Balıkların yağ asidi profilleri 18:3n-3 bakımından mukayese edildiğinde beslendikleri diyetlerin yağ asidi içeriğine paralel olarak ne yüksek ALA, D3 grubunda ve daha sonra D4 grubu balıklarda belirlenmiştir. Soya yağı diyetlerinde %7,88 balık yağı ise %1,84 oranında ALA yağ asidi bulunmakta olduğundan, 18:3n-3 yağ asidinin en düşük değerleri D1 diyetleri ile beslenen balıklarda belirlenmiştir. Bu veriler Drew *et al.* (2007), tarafından yapılan çalışmada gökkuşuğu alabalığı yavrularına hazırlanan diyetlere %100 oranında katılan keten tohumu yağının balıkların ALA yağ asidi miktarını önemli derecede artırdığı sonuçları ile örtüşmektedir. Benzer başka bir çalışmada ise gökkuşuğu alabalıkları 62 gün boyunca balık yağı ve keten tohumu yağı ile hazırlanan yemler ile beslendiklerinde keten tohumu grubunu ALA yağ asidi miktarı balık yağı grubuna nazaran çok daha yüksek olduğunu rapor edilmiştir (Panserat *et al.* 2008a). Bell *et al.* (2010) tarafından Atlantik salmonları üzerine farklı yağ kaynaklarının diyetlerinde kullanım olanaklarının araştırıldığı diğer bir çalışmada ortalama %10-12 aralığında ALA yağ asidi içeren kolza yağı içeren

diyetler ile besledikleri balıkların tüm vücutlarında 18:3n-3 yağ asidi miktarı %6,7 olarak belirlenirken balık yağı grubunda bu yağ asidi %1,8 miktarında olduğunu bildirmişlerdir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda elde edilen veriler ile bizim araştırma bulgularımızın örtüştüğü görülmektedir.

En önemli n-3 PUFA yağ asitlerinden biride beynin gıdası olarak bilinen 22:6n-3 yağ asididir. Araştırmada diyet grupları içerisinde en yüksek DHA miktarı %17,60±0,90 oranında 10°C su sıcaklığında D1 diyetleri ile beslenen balıklarda, en düşük miktarı ise ALA yağ asidi bakımından fakir D2 diyeti ile beslene balıkların 16°C su sıcaklığı uygulamasında %3,78±0,72 oranında analiz edilmiştir. Balıklar sahip oldukları $\Delta 5/\Delta 6$ desaturasyon ve elangasyon enzimleri sayesinde 18 karbonlu çoklu doymamış yağ asitlerinden 20 karbonlu çoklu doyamamış yağ asitlerini sentezleme kabiliyetine sahiptirler (Henderson and Tocher 1987; Tocher 2003). Bu çalışmada bitkisel yağ kaynağı ile hazırlana diyetlerdeki DHA yağ asidi oranları %11,08 (D1), %0,43 (D2), %0,36 (D3) ve %0,59 (D4) olarak belirlenmiş olmasına rağmen tüm vücutlarından elde edilen 22:6n-3 miktarı sırasıyla %13,48±0,07-17,60±0,90 (D1), %3,78±0,72-5,51±0,36 (D2), %7,25±0,27-10,16±0,87 (D3) ve %6,66±0,43-7,47±0,38 (D4) aralığında belirlenmiştir. Balıklar beslendikleri diyetlerin SFA ve MUFA grubu yağ asitleri profilini dokularına yansıtmasına rağmen diyetlerin DHA yağ asidi profili ile balıkların tüm vücutlarındaki miktarları arasında büyük bir farklılık olduğu belirlenmiştir. Balıklarda yağ asidi sentezi üzerine yapılan çalışmalarda 18:1n-9 yağ asidinden 18:3n-3 ve 18:2n-6 yağ asitlerinin sentezinde görev alan $\Delta 12$ ve $\Delta 15$ desaturasyon enzimlerine sahip olmadığından ve iki karbonlu yağ asidinden 18:1n-9 yağ asidine sentezi sağlayan $\Delta 9$ enzim aktivitesi gösterdiğinden MUFA ve SFA grubu yağ asitleri diyetlerin bu yağ asitleri profili ile benzerlik göstermektedir (Henderson and Tocher 1987; Los and Murata 1998; Sprecher 2000; Pereira *et al.* 2003; Tocher 2003; Warude *et al.* 2006). Fakat balıkların gereksinim duyduğu DHA ve EPA yağ asitlerini bitkisel organizmalarda bulunmayan $\Delta 5$ ve $\Delta 6$ desaturasyon enzimlerinin sayesinde 18:3n-3 yağ asidinden sentezleme kabiliyetine sahip oldukları ve bu çalışmada da bitkisel yağ kaynağı ile hazırlanan diyetlerle beslenen balıkların tüm vücutlarında diyetlerin DHA miktarının yaklaşık 20 katı 22:6n-3 yağ asidi depoladıkları

belirlenmiştir (Henderson and Tocher 1987; Tocher 2003). Bell *et al.* (2010), %1,5 DHA içeren bitkisel yağ karmasını %10,1 DHA ihtiva eden balık yağına ikame ederek hazırladıkları diyetler ile Atlantik salmonlarını beslemişler ve araştırma sonunda balık yağ grubunda DHA miktarı $12,8 \pm 0,40$ bitkisel yağ karması grubunda ise $4,2 \pm 0,20$ oranında belirlemişlerdir. Buradan görüldüğü gibi balık yağında ortalama %28'lik bir artış görülürken diğer muamelede %180 oranında bir artış olduğu rapor edilmiştir (Bell *et al.* 2010). Gökkuşacağı alabalığında Panserat *et al.* (2008b), tarafından yapılan benzer bir araştırmada da balık yağı yerine bitkisel yağ karması ikame edildiğinde diyetin DHA miktarından daha yüksek düzeyde balıkların tüm vücutlarında 22:6n-3 tespit ettiklerini rapor etmişlerdir. Araştırma sonuçlarımız belirtilen literatür ile örtüştüğü görülmektedir.

Bu grubun diğer önemli bir yağ asit olan ve eikosanoitlerin üretiminde görev alan EPA yağ asidi bakımından sonuçlar incelendiğinde ise en yüksek oran $9,16 \pm 0,01$ miktarı ile 10°C su sıcaklığı uygulamasında D1 diyeti ile beslenen balıklarda, en düşük EPA miktarı ise $0,59 \pm 0,05$ ile 16°C su sıcaklığında D2 diyeti ile beslenen balıklarda belirlenmiştir. Diyetlerdeki EPA sırasıyla %15,2 (D1), %0,42 (D2), %0,20 (D3) ve %0,37 (D4) oranlarında belirlenmiştir. Balıklarda ise D1 grubu hariç diğer üç yem grubunda EPA oranların yemin içerdiği miktardan yüksek olduğu belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 4.7'de verilmiştir. Nielsen *et al.* (2005), bitkisel yağ kaynağı içeren diyetler ile beslenen gökkuşacağı alabalıklarının vücutlarındaki EPA miktarı diyetlerin içerdiği 20:5n-3 yağ asidinden daha az oranda bulunduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca diyetlerde bitkisel yağ oranı arttıkça balıkların dokularında EPA ve DHA oranının azaldığı birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Bell *et al.* 2002; Torstensen *et al.* 2004a,b). AA ve EPA balıklarda biyolojik aktivite ve hormonların dengeli bir şekilde oluşmasında etkili olduğu bildirilmiştir (Alexis 1997; Sargent *et al.* 2002). Balıkların hücre zarlarında yüksek oranda DHA ve EPA ve düşük oranda ise araşhidonik asit (AA) bulunmaktadır. Balıkların hücre zarlarında özellikle DHA bol miktarda mevcuttur. Dolayısıyla balıkların diyetlerinde n-3 PUFA'ya yüksek miktarda, AA'ya ise daha düşük miktarlarda gereksinim duyulmaktadır. Yapılan araştırmalarda farklı türlerin diyetlerinde yer alan LNA/LA oranları ve bu diyetlerle beslenen balıkların

dokularındaki DHA/EPA/AA oranlarının temel belirleyicisi olduğu bildirilmiştir (Sargent *et al.* 1999a, 2002).

Toplam n-3 PUFA, ALA, DHA ve EPA yağ asitleri sıcaklık uygulamaları açısından incelendiğin de araştırmada yüksek çoklu doymamış yağ asitleri oranı aynı diyet grubu içerisinde dşuk su sıcaklığında yetiştirilen balıkların tüm vücutlarında yapılan analizlerde belirlenmiştir. Tocher *et al.* (2004), tarafından yapılan bir araştırmada gökkuşağı alabalığını 7, 11 ve 15°C’de bitkisel kaynaklı yağları balık yağına ikame ederek beslemişler ve araştırma sonunda n-3 PUFA, EPA ve DHA yağ asitlerinin karaciğer dokusunda sıcaklığın düşmesi ile arttığını bildirmişlerdir. Gökkuşağı alabalığı ile yapılan benzer bir başka araştırmada n-3 HUFA ve yağ asitlerini sıcaklığın düşmesi ile yükseldiği belirlendiği bildirilmiştir (Olsen *et al.* 1999).

Toplam 60 gün deneme diyetleri ile beslenen gökkuşağı alabalıkları 30.gün ve deneme sonu olmak üzere iki dönemde örnekleme yapılarak yağ asitleri kompozisyonları mukayese edilmiştir. Örnekleme dönemleri itibariyle toplam n-3 PUFA yağ asitleri incelendiğin de diyet grupları arasında istatistiki açıdan önemli farklılık belirlenmemiştir. Toplam n-3 PUFA yağ asidi profilinde değişim görülmemesine rağmen bu grubun önemli yelerinden ALA yağ asidi grubunda D1, D2 ve D4 diyetleri ile beslenen balıklarda örnekleme dönemleri arasında farklılık olmadığı ancak D3 grubu diyetleri ile beslenen balıkların tüm vücut analizlerinde dönemler arasında farklılık olduğu $p < 0,05$ ’e tespit edilmiştir. Bu grubun önemli yağ asitleri olan EPA ve DHA yağ asitlerini D1 diyeti dışındaki diğer üç grupta istatistiki olarak çok önemli farklılık olmadığı belirlenmiştir ($p > 0,05$). Balıkların yağ asitleri profili yaşadıkları ortamının sıcaklığı, balığın yaşı, diyetlerin besin madde kompozisyonu ve balığın büyüklüğüne göre değişim göstermektedir (Henderson and Sargen 1987; Sargent 2002; Tocher 2003).

Balıkların yağ asitleri profilleri yaşadıkları suların sıcaklıkları tarafından direkt olarak etkilenmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda balıkların yaşam ortamlarındaki sıcaklığın artması ile yapılarındaki çoklu doymamış yağ asitleri miktarı azalmakta, su

sıcaklığı düştüğünde ise n-3 HUFA yağ asitlerinin miktarının arttığı belirlenmiştir (Hilditch and Williams 1964; Henderson and Tocher 1987; Tocher 2003). Sazan balıkları 5°C su sıcaklığına adapte edilerek yapılan çalışmada karaciğer dokularının DHA yağ asidi miktarının 15°C su sıcaklığında yetiştirilenlere göre yüksek olduğu bildirilmiştir (Farkas and Csengeri 1976). Benzer bir çalışmada gökkuşığı alabalığında 5°C ve 20°C yetiştirilmiş ve düşük sıcaklıkta yetiştirilen balıklarda DHA miktarının 20°C su sıcaklığı uygulamasına nazaran daha yüksek oranda bulunduğu bildirilmiştir (Kemp and Smith. 1970; Hazel and Prosser 1979).

5.5.4. Yavru gökkuşığı alabalıklarının n-6 çoklu doymamış yağ asidi (n-6 PUFA) profilleri

Farklı yağ kaynakları içeren diyetler ile beslenen balıkların n-6 PUFA yağ asitleri bakımından değerlendirmesi sıcaklık ve örnekleme dönemi bakımından incelenmiştir. Deneme sonunda en yüksek n-6 PUFA değeri %41,21±1,03 ile 18:2n-6 yağ asidi bakımından zengin soya yağı içeren diyetlerle beslenen balıkların 10°C su sıcaklığı uygulamasında, en düşük değer ise %5,51±0,35 oranında 10°C su sıcaklığında D1 grubu diyetleri ile beslenen balıklarda tespit edilmiştir. Diğer yağ asitleri gruplarında olduğu gibi n-6 PUFA yağ asitleri bakımından da balıklar besledikleri yemin yağ asidi profilini dokularına yansıttıkları görülmüştür (Henderson and Tocher 1987; Caballero *et al.* 2002; Tocher 2003; Giovanni *et al.* 2009; Glencross 2009). Diyetler arasında n-6 çoklu doymamış yağ asitleri karşılaştırıldığında araştırma sonuçları bitkisel kaynaklı diyetlerle beslenen gökkuşığı alabalıklarının n-6 PUFA miktarları ile örtüşmektedir (Caballero *et al.* 2002). Almaisa-Pagan *et al.* (2007), 18:2n-6 (LA) yağ asidi bakımından zengin yağ kaynağı olan soya yağı ve LA yağ asidinin yüksek oranda içeren keten tohumu yağını balık yağına ikame ederek hazırladıkları diyetlerle besledikleri gökkuşığı alabalığı karaciğer dokularında n-6 PUFA miktarı balık yağı grubunda %8,2±0,62, soya yağı diyetlerinde %31,9±2,61 ve son olarak keten tohumu yağı içeren diyetlerle beslenenlerde %19,3±8,73 oranlarında olduğunu belirlemiş ve bu veriler bizim çalışmamızın verileri ile örtüşmektedir. Toplam n-6 PUFA yağ asidi miktarının

büyük bir bölümünü bu araştırmada, Almaisa-Pagan *et al.* (2007), ve Caballero *et al.* (2002)'nin yaptıkları araştırmalarda 18:2n-6 yağ asidinin oluşturduğu ve LA değerlerinin n-6 PUFA değerleri ile paralellik arz ettiği belirlenmiştir. Bu durum balıkların beslendikleri yemim yağ asidi içeriğini dokularına yansıtması ile izah edilmektedir.

Balıklar linolenik (LA) yağ asidinden DHA ve EPA sentezleme kabiliyetine sahip oldukları gibi 18:2n-6 yağ asidinden de n-6 PUFA yağ asidi grubunun önemli bir üyesi olan 20:4n-6 (ARA) yağ asidini sentezlemektedirler. Yani diyetlerdeki linolenik asit, 20 ve 22 karbonlu n-3 HUFA'ların ve linoleik asit ise n-6 HUFA'lar dan araşhidonik asidin öncüleridir (Gurr and James 1975; Los and Murata 1998; Raz *et al.* 1998; Sprecher 2000; Warude *et al.* 2006; Panserat and Kaushik 2010). Bulgularımıza göre deneme grupları içerisinde en yüksek ARA oranı D1 ve D2 diyetleri ile beslenen balıklarda, en düşük oran ise 18:2n-6 bakımından fakir D3 diyet grubu balıklarında bulunmuştur. Bu bulgular alternatif yağ kaynaklarının diyetlerde kullanılabilirliği çalışmaları ile uyum göstermektedir (Caballero *et al.* 2002; O'Neal 2005).

Sıcaklığın toplam n-6 PUFA, LA ve ARA yağ asitleri üzerine etkileri incelendiğinde, deneme sonunda D1, D3 ve D4 diyetleri grubunda sıcaklığın bu yağ asitlerine ve n-6 PUFA miktarına etki etmediği, D2 grubunda ARA yağ asidi miktarının sıcaklık uygulamasından etkilenmediği fakat LA ve toplam n-3 PUFA miktarının etkilediği belirlenmiştir. Sıcaklık, balık dokularındaki yağ asidi miktarını direkt etkileyen faktörlerden biri olmasının yanı sıra beslendiği diyetlerin yağ asidi içeriği de dokunun yağ asidi profilini büyük ölçüde etkilemektedir. Bizim çalışmamızda n-6 yağ asitleri bakımından D2 grubunun sıcaklık uygulamasından etkilenmesi; soya yağının yüksek oranda 18:2 n-6 yağ asidi içermesi ve balıkların LA dan sınırlı oranda ARA yağ asidi sentezleme kabiliyetine sahip olması ile izah edilebilmektedir.

Beslenme periyodu dönemleri itibariyle diyetlerin n-6 yağ asitleri bakımından değişimleri incelendiğinde D1 grubunda her iki sıcaklık uygulamasında da örnekleme

döneminin n-6 PUFA yağ asitleri üzerine etki etmediği görülmüştür. Çünkü bu grubun diyetleri balıkların gereksinim duyduğu yağ asitlerini (özellikle ARA) yeteri miktarda içermektedir (NCR 1993; Giovana 2009). D2 grubunda ise 10°C su sıcaklığında örnekleme döneminin bu yağ asidi miktarını etkilediği fakat 16°C su sıcaklığında dönemlerin ARA miktarına etki etmediği belirlenmiştir. Bu diyet grubu yüksek oranda 18:2n-6 yağ asidi içerdiğinden ve düşük su sıcaklığında balıkların ihtiyaç duyduğu çoklu doymamış yağ asidi gereksinimi miktarı arttığından yağ asitleri metabolizması LA yağ asidinden elangasyon ve desaturasyon basamakları ile ARA yağ asidini sentezlediği düşünülmektedir.

5.5.5. Yavru Gökkuşığı Alabalıklarının n-3/n-6 Çoklu Doymamış Yağ Asidi Profilleri ve EPA+DHA değerleri

Çoklu doymamış yağ asitleri n-3 ve n-6 grupları olarak iki sınıfa ayrılırlar. Bu yağ asidi grupları metabolizmada sinyal molekülleri olarak görev almaktadırlar (Schmitz and Ecker 2008). Kültür balıkçılığında kullanılan yemlerde bitkisel kaynaklı yağ oranının yüksek olması nedeniyle toplam n-6 PUFA oranı yüksek olmakta ve bu oran balıkların yağ asidi kompozisyonuna da yansımaktadır. Diğer taraftan balık yağı ile hazırlanan diyetlerde EPA ve DHA yağ asitleri baskın olarak bulunurken keten tohumu yağı içeren diyetlerde LA yağ asidinin baskın olduğu belirlenmiştir (Kennish *et al.* 1992; Nematipour and Gatlin 1993; Bell *et al.* 1999). Ayrıca PUFA miktarlarının ve n3/n6 değeri dikkate alındığında PUFA'nın yüksek olduğu diyetlerle yapılan besleme çalışmalarının daha iyi sonuç verdiklerini belirtilmiştir. n-3/n-6 PUFA oranı genellikle tatlı su balıklarıyla karşılaştırıldığında deniz balıklarında daha yüksektir (Henderson and Tocher 1987; Ackman 2002).

Bizim araştırmamız n-3/n-6 PUFA oranları bakımından incelendiğinde en yüksek değer %5,38±0,32 ile D1 diyeti ile beslenen balıkların 10°C su uygulamasında, en düşük oran ise %0,25±0,01 değeri ile D2 diyeti ile beslenen grupta 16°C su sıcaklığı muamelesinde belirlenmiştir. Diyet grupları arasında n-3/n-6 oranları bakımından istatistiki açıdan

önemli derecede farklılık olduğu $p < 0,05$ 'e göre belirlenmiştir. Ayrıca aynı diyet ile beslenen balıklar farklı sıcaklıklarda yetiştirildiğinde D1 grubu balıklarının n-3/n-6 oranlarının sıcaklık uygulamasından etkilendiği fakat diğer üç grupta istatistiki olarak önemli bir farklılık olmadığı belirlenmiştir ($p > 0,05$). Balıklarda su sıcaklığının n-3/n-6 PUFA oranını etkilediği bilinmektedir. Dolayısıyla elde edilen bu sonuç literatür verileri ile örtüşmektedir (Aras 2003; Aras *et al.* 2009; Bayır *et al.* 2010, 2011). Diyetler ile alınan yağ asidi çeşitliliği balıkların dokularına yansıdığından (Henderson and Tocher 1987; Tocher 2003) ve diyetlerdeki toplam n-3 ve n-6 yağ asitlerinin miktarı doğal olarak n-3/n-6 PUFA miktarını etkilemektedir.

Çalışmada yağ asitleri parametresi olan ve balık etinin besin değerinin bir göstergesi olarak kullanılan EPA+DHA değerleri mukayese edilmiştir. Gruplar arasında en yüksek EPA+ DHA değeri deneme sonunda $26,76 \pm 0,90$ oranı ile 10°C su sıcaklığında D1 diyeti grubunda, en düşük oran ise $4,55 \pm 0,19$ ile 30. gün örneklemelerinde 16°C su sıcaklığında yetiştirilen ve D2 diyeti ile beslenen balıkların tüm vücutlarında belirlenmiştir. Deneme sonunda her iki su sıcaklığı uygulamasında da diyetler arasında EPA+DHA oranları bakımından istatistiki olarak önemli derecede farklılık olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Bu farklılık balıkların beslendiği diyetlerin yağ asidi profilinden kaynaklanmaktadır. Çünkü balıklar diyetler ile aldıkları yağ asitlerini büyük oranda dokularına yansıttığı yapılan araştırmalar ile belirlenmiştir (Henderson and Tocher 1987; Caballero *et al.* 2002; Tocher 2003; Giovanni *et al.* 2009; Glencross 2009; Bayır 2011). Balık, soya, keten tohumu yağı ve bitkisel yağ karması ile hazırlanan diyetler de sırasıyla ortalama $26,28$, $0,91$, $0,57$ ve $0,96$ oranlarında % oranı belirlenirken bu yemlerle beslenen balıkların tüm vücutlarında yapılan analizlerde elde edilen EPA+DHA oranı deneme sonunda 10°C 'de sırasıyla $26,76 \pm 0,90$, $6,55 \pm 0,34$, $12,57 \pm 1,10$ ve $9,17 \pm 0,47$, 16°C su uygulamasında ise $21,52 \pm 1,02$, $4,94 \pm 0,33$, $9,82 \pm 0,63$ ve $8,52 \pm 0,92$ oranlarında olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlardan anlaşılacağı gibi balık yağı, balıkların gereksinim duyduğu enerji ve esansiyel yağ asitlerinin temel kaynağıdır. Balık yağı %20 oranında doymuş ve %80 oranında doymamış yağ asitlerini içermektedir. Doymamış yağ asitlerinin büyük çoğunluğu n-3 HUFA'lar dır (Sargent *et al.* 1999a). Buna karşın, bitkisel yağlar n-6 serisindeki

doymamış yağ asitleri bakımından daha zengindirler (Rinchard *et al.* 2007; Valente *et al.* 2007; Geurden *et al.* 2005). Bitkisel kaynaklı yağlar ile hazırlanan diyetler de çok düşük oranda EPA+DHA olmasına rağmen bu diyetlerde balıkların ihtiyacı olan DHA ve EPA yağ asitlerini sentezlemeleri için gerekli olan ALA yağ asidini yeteri miktarda içermektedir. Bu diyetlerdeki ALA'dan balıklar desaturasyon ve elangasyon enzimleri ile 20:5n-3 ve 22:6n-3 yağ asitlerini sentezlerler (Bell *et al.* 2001; Seiliez *et al.* 2001; Tocher 2004; Jordal *et al.* 2005; Ling *et al.* 2006; Turchini and Francis 2009; Rovira *et al.* 2009). Bizim çalışmamızda da düşük oranda EPA+DHA içeren bitkisel yağ kaynaklı diyetler ile beslenen balıklar %4,94±0,33-12,57±1,10 oranı aralığında bu yağ asitlerinin toplamını sentezleyerek vücutlarında depolamışlardır. Çalışmamız verileri Piedecausa *et al.* (2007), tarafından yapılan ve balık yağına %100 ikame ettikleri soya ve keten tohumu yağı ile besledikleri çipura balıkların EPA+DHA oranları balık yağı grubunda %18,9, soya grubunda %6,3 ve keten tohumu yağı grubunda ise %5,9 oranlarında olduğunu belirledikleri verileri, Menoyo *et al.* (2004)'nın yürüttüğü benzer bir araştırmada ise diyet yağları keten tohumu ve soya yağlarının balık yağına tamamen ikamesi ile hazırladıkları diyetler ile çipura balıklarını beslediklerinde deneme sonunda EPA+DHA oranlarının araştırılmamız verileri ile benzerlik arz ettiği belirlenmiştir.

Sıcaklık uygulaması ise aynı diyet grupları içerisinde balıkların EPA+DHA oranlarını her iki örneklem döneminde de D1, D2 ve D3 grubu balıklarında istatistiki olarak önemli derecede etkilediği ($p < 0,05$) görülürken, D4 grubu diyetler ile beslenen balıklarda bu parametrenin sıcaklıktan etkilenmediği belirlenmiştir ($p > 0,05$). Sıcaklığın yağ asidi profillerin etkilediği birçok yağ asidi çalışmada ortaya konulması bizim verilerimiz destekler konumdadır. D4 diyet grubunda farklılık gözlenmemesi ise analiz edilen balıklarda bireysel varyasyonlar ile izah edilebilir.

5.6. Yavru Gökkuşığı Alabalıklarının Karaciğer Dokularında $\Delta 6$ Desaturasyon mRNA Seviyesi

Balıkların da içerisinde bulunduğu omurgalılar $\Delta 12$ ve $\Delta 15$ desaturasyon enzimlerine sahip olmadıklarından 18:1n-9 yağ asidinden 18:3n-3 ve 18:2n-6 yağ asitlerini sentezleme kabiliyetine sahip değildirler. Dolayısı ile balıkların normal gelişim, büyüme, üreme ve sinir sistemi gibi birçok fonksiyona sahip olan DHA, EPA ve ARA yağ asitlerinin sentezinde $\Delta 12$ ve $\Delta 15$ desaturasyon enzimleri olmayan canlılarda mümkün olmamaktadır. Balıkların metabolizmalarında sentezleyemedikleri besin maddelerini diyetleri ile alarak bazı metabolik fonksiyonları düzenlemektedirler. Balıkların diyetlerinde gereksinim duyduğu yağ asitlerini karşılayan en iyi yağ kaynağının balık yağı olduğu bilinmesine rağmen artan kültür balıkçılığı üretimine karşı cevap vermez duruma geldiği daha önceki çalışmalarda bildirilmiştir. Kültür balıkçılığında balık yağı açığını gidermek ve yemlerin daha ekonomik seviyeye çekilmesi için balık diyetlerinde uzun süreden beri bitkisel yağ kaynaklarının kullanımı çalışmalarına hız verilmiştir. Yapılan birçok araştırmada ALA ve LA yağ asitleri bakımından zengin olan bitkisel yağ kaynaklarının balıkların büyüme performanslarını olumsuz etkilemediği konusunda ortak bir görüş belirttikleri görülmüştür. Son yıllarda ise balıkların diyetler ile aldıkları yüksek orandaki ALA ve LA yağ asitlerini $\Delta 5$, $\Delta 6$ desaturasyon ve elangasyon enzimleri sayesinde ne ölçüde ARA, EPA ve DHA yağ asitlerine çevirdikleri konusu üzerine araştırmalar yoğunlaştırmıştır.

Bizim çalışmamızda balıkların karaciğer dokularından belirlenen $\Delta 6$ desaturasyon mRNA seviyesi diyet grupları, sıcaklık uygulamaları ve beslenme periyodu açısından incelenmiş ve sonuçlar Çizelge 4.13 ve Şekil 4.57'de sunulmuştur. Bu sonuçlara göre DHA, EPA ve ARA bakımından zengin olan D1 diyeti ile beslenen balıklarda en düşük $\Delta 6$ desaturasyon mRNA seviyesi tüm uygulamalar içerisinde belirlenmiştir. En yüksek $\Delta 6$ desaturasyon mRNA seviyesi ise ALA yağ asidi bakımından zengin olan keten tohumu yağı ihtiva eden diyet grubu (D3) grubu balıklarında her iki sıcaklık ve beslenme periyodunda belirlenmiştir. Bu veriler González-Rovira *et al.* (2009),

tarafından yapılan balık yağına alternatif olarak keten tohumu ve kolza yağı ikama edilen diyetler ile beslenen çipura (*Dicentrarchus labrax* L.) balıkların karaciğer dokularının da $\Delta 6$ desaturasyon mRNA seviyesi analizlerinde balık yağının kolza ve keten tohumu yağından daha düşük oranda olduğunu verileriyle örtüşmektedir. Bir diğer çalışmada ise zebra balıkları %100 mürekkep balığı yağı, %100 keten tohumu yağ ve %50 mürekkep balığı ve %50 keten tohumu yağı içeren diyetler ile beslendiklerinde en yüksek desaturasyon miktarının karma yağ grubunda, en düşük miktarın ise balık yağı grubunda belirlendiği, kas ve ovaryumlarda yapılan analizlerde ise keten tohumu yağı grubunda diğer diyetlere nazaran çok daha yüksek desaturasyon mRNA seviyesi tespit edildiği bildirilmiştir. Fakat bu çalışma kullanılan karma yağ balık yağı ve bitkisel kaynaklı yağ olduğundan ve desaturasyon $\Delta 5$, $\Delta 6$ ve $\Delta 9$ genlerini kapsadığında verilerin bizim verilerimiz ile örtüşmemesi normal görülmüştür. Diyetlerdeki ALA ve LA yağ asitleri miktarının artması ile karaciğerde HUFA'ların üretimi için desaturasyon enzim aktivitesinin artması ve buna bağlı olarak $\Delta 6$ desaturasyon mRNA seviyesinin artması bizim araştırma bulgularımız ile örtüşmektedir (Tocher *et al.* 2002; Zheng *et al.* 2004; Ling *et al.* 2006).

Sıcaklık uygulamaları açısından karşılaştırıldığında diyet grupları içerisinde 10°C'de 16°C su sıcaklığı uygulamasına nazaran D1 diyet grubu haricindeki gruplarda daha yüksek $\Delta 6$ desaturasyon mRNA seviyesi belirlenmiş olup farklılığın istatistiki açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Örnekleme dönemleri açısından değerlendirildiğinde ise D1 ve D3 gruplarında 30. örnekleme döneminde 60. gün örnekleme dönemine nazaran daha yüksek $\Delta 6$ desaturasyon mRNA seviyesi belirlenirken D2 ve D4 gruplarında örnekleme döneminin mRNA seviyesi üzerine etki etmediği belirlenmiştir. Balıkların yaşadığı su sıcaklığı yağ asidi sentezini etkilemektedir. Örneğin sıcak su balığı olan Japon balığı soğuk su şartlarında yetiştirildiğinde yağ asidi sentezinin arttığı belirlenmiştir (Hazel and Sellner 1979). Ayrıca yılan balıklarında yürütülmüş olan bir çalışmada ise 20°C ve 30°C olmak üzere iki farklı sıcaklıkta balıklar dememeye tabi tutulmuş ve düşük su sıcaklığında daha yüksek oranda yağ asidi sentezi gerçekleştirildiği belirlenmiştir (Hansen and Abraham 1983). Balıklar soğuk su şartlarında ortama adaptasyonu sağlayabilmeleri için hücre membranlarının yapısını

oluşturan fosfolipitleri üretebilmeleri için çoklu doymamış yağ asitlerini sentezlemeye yönelmektedir. Bu durum su sıcaklığının düşmesi ile yağ asitlerini sentezinin artması, dolayısı ile de $\Delta 6$ desaturasyon mRNA seviyesinde atışın olması gerektiğini doğrulamaktadır.

Her iki beslenme periyodunda D2 ve D4 diyetleri arasında istatistiki açıdan farklılık olamaması her iki diyetteki ALA yağ asidi miktarının azlığından ziyade dönemlerin balığın yağ asidi ihtiyacını büyümeye bağlı olarak geniş bir aralık olmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

5.7. Yavru Gökkuşığı Alabalıklarının Karaciğer Dokularında Elangasyon, mRNA Seviyesi

Yağ asitlerinin sentezinde görev alan diğer önemli bir enzim olan elangasyon hem ALA ve LA dan DHA, EPA ve ARA yağ asitlerinin sentezinde hem de iki karbonlu yağ asidinden 18:1n-9 yağ asidinin sentezinin gerçekleştiği metabolizma faaliyetlerinde görev almaktadır. Bu yüzden bu enzimin karaciğer dokularındaki elangasyon, mRNA seviyesi, $\Delta 6$ desaturasyon mRNA seviyesi ile paralellik göstermeyebilir. Nitekim bizim bulgularımızda da β -aktin'e bağlı olarak bu gene ait mRNA seviyesi diyet grupları açısından incelendiğinde tutarlı bir davranış sergilememiştir. Miller *et al* (2008), Atlantik salmonları farklı yağ kaynaklı diyetler ile beslemeleri sonucunda elangasyon mRNA seviyesi $\Delta 6$ desaturasyon mRNA seviyesinden daha yüksek olduğunu ve bu veriler de bizim sonuçlarımız ile uyum göstermektedir.

Sıcaklık uygulamaları açısından incelendiğinde ise yüksek sıcaklıkta düşük sıcaklığa göre daha fazla elangasyon aktivitesinin olduğu görülmüştür. Bu durum balıkların soğukkanlı canlılar olması sebebiyle homeoviscous adaptasyonu sağlamaya çalışmalarından yani biyolojik membranlarının termal adaptasyonu sağlayabilmek için sıcaklığın düşmesi ile birlikte fosfolipit üretmeye ve böylece membran akışkanlığını düzenlemeye çalışırlar. Soğukkanlı canlılar termal adaptasyonu sağlar iken yüksek

sıcaklık şartlarında doymuş yağ asidi sentezini artırırken düşük sıcaklığında ise çoklu doymamış yağ asitlerini sentezleme eğilimi gösterirler (Indranil *et al.* 1993). Fakat bazı çalışmalarda düşük su sıcaklığında desaturasyon miktarı ile birlikte elangasyon miktarının da arttığı belirlenmiştir (Henderson and Tocher 1987). Son yıllarda ise elangasyon aktivitesini etkileyen faktörlerin sadece diyetler ile alına ALA ve LA yağ asitlerinden değil metabolizmanın ihtiyacına bağlı olarak değiştiği gündeme gelmiştir.

5.8. Yavru Gökkuşığı Alabalıklarının Kas ve Karaciğer Dokularında IGF-I mRNA Seviyesi

Çalışmada yapılan diğer bir analiz ise balıkların kas ve karaciğer dokularında IGF-I mRNA seviyelerinin karşılaştırılmıştır. Karaciğer dokusunda yapılan analizlerde D1 grubunda her iki örnekleme dönemi ve sıcaklık uygulamasında IGF-I mRNA seviyesi diğer yem gruplarına göre daha yüksek oranda belirlenmiştir. Denem sonunda düşük su sıcaklığında diyet grupları arasında istatistiki olarak önemli bir farklılık tespit edilmemişken 16°C su sıcaklığında D1 grubunda belirlenen IGF-I mRNA seviyesinin diğer üç gruba nazaran önemli derecede yüksek olduğu ve diğer gruplar arasında istatistiki olarak farklılık bulunmadığı belirlenmiştir ($p>0,05$). Bu veriler çipura balığı (*Sparus aurata* L.) yavrularının diyetlerinde bitkisel yağ kaynağı oranının artması ile IGF-I mRNA seviyesinin azalması bulguları örtüşmektedir (Benedito-Palos *et al.* 2007). Ayrıca benzer bir araştırmayı gökkuşığı alabalıklarında yürüten Messina *et al.* (2009), farklı oranlarda bitkisel protein ve yağ kaynaklarını balık unu ve yağına ikame ederek besledikleri balıkların karaciğer dokusunda IGF-I mRNA seviyesi üzerine etkili olmadığını belirtmiştir.

Kas dokusunda da D1 grubunda düşük su sıcaklığında 16°C ye göre her iki örnekleme döneminde de daha az miktarda IGF-I mRNA seviyesi belirlendi. Karaciğer dokusunda olduğu gibi bitkisel yağ içeren diyet gruplarında hem diyetler hem de sıcaklık uygulamaları arasında istatistiki açıdan önemli farklılık olmadığı $p>0,05$ 'e göre tespit edilmiştir. Örnekleme dönemleri açısından ise 10°C su sıcaklığında diyetler içerisinde

bir farklılık belirlenmez iken 16°C sıcaklık uygulamasında 30. gün örneklemelerindeki IGF-I mRNA seviyesi deneme sonu örneklemeleri göre daha yüksek oranda olduğu ve farklılığın istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Ayrıca kas dokusunda belirlenen IGF-I mRNA seviyesi karaciğer dokusuna göre daha düşük oranda olduğu tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre elde edilen veriler Chauvigne *et al.* (2003), gökkuşuğu alabalığı kaslarında IGF-I mRNA seviyelerini üç farklı örneklemeye döneminde belirlemiş ve son örneklem dönemlerinde seviyenin düştüğünü tespit etmiştir. Ayrıca mevsimsel olarak gökkuşuğu alabalığında IGF-I mRNA seviyeleri belirlenmiş, yaz aylarında kış aylarına nazaran daha yüksek oranda değerler elde edilmiştir. Bu veriler bizim çalışmamızda sıcaklık uygulaması verileri ile yum göstermektedir (Taylor *et al.* 2008). Benzer bir araştırmada *Oncorhynchus kisutch* balıklarının plazmalarında farklı oranlarda protein ve lipit diyetler ile beslendiğinde IGF-I mRNA seviyeleri arasında bir farklılık belirlenmediği bildirilmiştir (Higgs *et al.* 2009).

5.9. Yavru Gökkuşuğu Alabalıklarının Kas ve Karaciğer Dokularında IGF-II mRNA Seviyesi

Son olarak deneme balıklarına ait kas ve karaciğer dokularında IGF-II mRNA seviyeleri belirlenmiştir. Sonuçlara göre karaciğer örneklerinde en yüksek değer 30. gün örneklemeye döneminde 16°C su sıcaklığı uygulamasında D1 diyet grubunda belirlenirken en düşük oran deneme sonunda 10°C su sıcaklığında D4 diyet grubunda belirlenmiştir. Düşük su sıcaklığında her iki örneklemeye döneminde de diyet grupları arasında IGF-II mRNA seviyeleri istatistiksel olarak farklılık göstermez iken 16°C su sıcaklığında 30. günde D1 diyeti diğer gruplara göre daha yüksek seviyede IGF-II mRNA oranı belirlenmiştir. Deneme sonunda ise diyet grupları arasında istatistiksel olarak çok önemli bir farklılık belirlenmemiştir ($p>0,05$). Diyetler arasındaki farklılık IGF-I mRNA seviyesinde olduğu gibi Benedito-Palos *et al.* (2007), gökkuşuğu alabalığı karaciğerinde IGF-II mRNA seviyesinin diyetlerde bitkisel yağların artışıyla azaldığını bildirmiş balık yağı grubunda %100 ikame bitkisel yağların IGF-II mRNA seviyesinden yüksek olması

verilerini doğrulamaktadır. Sıcaklığın IGF-II mRNA seviyesi üzerine etkilerinin gökkuşığı alabalığında araştırıldığı bir çalışmada sıcaklığı artması ile mRNA seviyesinde artış gözlemlendiği sıcaklığın düşmesine ile örnekleme döneminin uzaması ile de IGF-II mRNA seviyesinde düşüş görüldüğü verileri ile paralellik arz etmektedir (Gabillard *et al.* 2003). Kas dokularında IGF-II mRNA seviyesi değerleri karaciğer örnekleri ile paralellik göstermiştir. Sıcaklık ile birlikte mRNA seviyesinin arttığı ve D1 grubu balıklarda yüksek oranda belirlendiği görülmüştür. Örnekleme dönemlerinin ise kas dokularında IGF-II mRNA seviyesini etkilemediği tespit edilmiştir. Bu veriler Gabillard *et al.* (2003) ile farklılık gösterirken Li and Leatherland (2008), verileri benzerlik arz etmektedir.

Sonuç olarak araştırmada elde edilen büyüme performansı 16°C'de 10°C uygulamasına göre daha yüksek değerlere sahip olduğu görülmüş ve IGF sisteminin balıkların büyüme ve gelişimi üzerine olumlu etkisi olduğundan dolayı büyüme hormonlarının genlerine ait mRNA seviyeleri ile doğrulanmaya çalışıldı. Bu yüzden son yıllarda yumurta, larva ve yavru balıklarda IGF sisteminin büyüme üzerine fizyolojik etkileri araştırılmaktadır. Büyüme hormonları çevresel faktörlerden etkilendiğinden sıcaklık ve diyetlerin IGF-I ve IGF-II mRNA seviyeleri nasıl etkilediği çalışmada incelendi. Karaciğerde IGF-I, kasta ise IGF-II mRNA seviyesinin yüksek bulunuşu Benedito-Palos *et al.* (2007)'nin verileri ile doğrulanmıştır. Çünkü endokrin sisteme, sıcaklığa ve fotoperiyota bağlı hipotalamusta, endokrin sisteme, beslenme ve tuzluluğa bağlı karaciğerde ve endokrin sisteme ve beslenmeye bağlı olarak da kas dokusunda IGF-I hormonunu üretimi uyarılır (Reinecke 2010). Diğer büyüme hormonu IGF-II fonksiyonları tam olarak belirlenememesine rağmen beslenmeye bağlı olarak yoğun miktarda kas dokularında üretildiği Benedito-Palos *et al.* (2007) tarafından bildirilmiştir.

Gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavrularının yemlerinde balık yağı yerine tamamen ikame edilen bitkisel yağ kaynaklarının balıkların büyüme performansı, yem değerlendirme oranı, besin madde kompozisyonu, yağ sitleri profili, karaciğer dokularında yağ asidi sentezinde görev alan $\Delta 6$ desaturasyon ve elangasyon ve büyüme

hormonları olan IGF-I ve IGF-II genlerinin mRNA seviyelerine su sıcaklığının etkisi araştırılmıştır. Araştırma sonuçlarımız ve önerilerimiz aşağıdaki şekilde sıralanabilir;

1- Diyetlerin büyüme performansı, yem değerlendirme ve yaşama oranı üzerine etkisinin olmadığı, sıcaklığın ise sadece büyüme performansını olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre gökkuşağı alabalığı yavrularının diyetlerinde, optimum su sıcaklığı şartlarında bitkisel orjinli yağların kullanımı ekonomik üretim için kullanılabilir.

2- Balık etinin besin madde kompozisyonları (%nem, kül, protein ve yağ)diyet ve su sıcaklığı uygulamasından etkilenmemiştir. Bu parametreler açısından yem maliyetini düşürmek için bitkisel yağ kaynaklarının yavru gökkuşağı alabalıklarında kullanılması araştırma verilerimiz ışığında tavsiye edilebilir.

3- Balık etinin yağ asidi profilleri karşılaştırıldığında, diyet grupları içerisinde ve sıcaklık uygulamaları arasında en yüksek HUFA seviyesi balık yağı ihtiva eden diyetle beslenen balıkların tüm vücutlarında belirlenmiştir. Düşük sıcaklık uygulamasında et kalitesinin önemli bir göstergesi olan EPA+DHA ve HUFA oranları 16°C 'den daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Önemli yağ asidi grupları n-3 PUFA ve n-6 PUFA değerleri ise bitkisel yağ kaynağı ile beslene gruplarda görülmesine rağmen keten tohumu yağı ile beslenen balıklarda n-3 PUFA'nın önemli bir kısmını ALA yağ asidi, n-6 PUFA değerinin yüksek olduğu soya yağı grubunda ise dominant yağ asidinin LA olduğu belirlenmiştir. Balıklar beslendikleri diyetlerin yağ asidi profilini büyük ölçüde yansıttıkları görülmüştür. Düşük sıcaklıkta bitkisel yağ kaynaklı diyet gruplarında optimum sıcaklık şartlarında yetiştirilenlere göre daha yüksek oranda çoklu doymamış yağ asidi sentezi gerçekleştiği belirlenmiştir. Bu verilere göre gökkuşağı alabalıkları yetiştiriciliğinde kullanılan diyetlerde yağ asidi balansının önemli olduğu sonucu çıkarılmaktadır. Et kalitesinin DHA ve EPA yağ asitleri açısından artırılması için balıklar belli bir dönem bitkisel yağ kaynaklı diyetlerle beslendikten sonra balık yağı takviyeli diyetlerle satış öncesi beslenmeli ya da düşük su sıcaklıklarına maruz bırakılarak et kalitesi artırılabilir.

4- Son yıllarda balık diyetlerinde alternatif yağ kaynakları çalışmalarında değerlendirme konusu olan yağ asidi sentezinde görev alan $\Delta 6$ desaturasyon ve elangasyon mRNA seviyeleri incelendiğinde $\Delta 6$ desaturasyon mRNA seviyesinin en yüksek değerleri düşük su sıcaklığında LA yağ asidince zengin keten tohumu yağı grubunda, en düşük oranı ise balıkların DHA ve EPA yağ asitleri bakımından zengin ve balıkların bu yağ asitleri bakımından ihtiyaçlarına cevap veren balık yağı grubunda olduğu görülmüştür. Elangasyon mRNA seviyesi optimum sıcaklık uygulamasında 10°C ' ye göre yüksek oranda olduğu bunun sebebinin ise balıkların soğuk kanlı canlılar olası nedeni ile termal adaptasyonu sağlamaları için yüksek su sıcaklığında doymuş yağ asidi sentezini, düşük su sıcaklığında ise çoklu doymamış yağ asidi sentezine eğilim göstermesinden dolayı izah edilmektedir. Tatlı su balıkları deniz balıklarına nazaran yağ asidi sentezinde daha kabiliyetli olmalarına rağmen 18:3n-3 yağ asidinden bir çok fizyolojik önem sahip olan DHA ve EPA yağ asitlerini sınırlı miktarda sentezlediği görülmektedir. Bu nedenle balıkların çoklu doymamış yağ asidi sentez kabiliyetini artırmak için bu enzimlerin mRNA seviyelerinin artırılması yönelik genetik çalışmalara ışık tutacağı umulmaktadır.

5- Kültür balıkçılığında başarının en önemli göstergesi yüksek yem değerlendirme oranı ile maksimum büyüme sağlanmasıdır. 1972 yılından günümüze kadar yapılan besleme çalışmalarında büyüme verileri matematiksel modellere dayalı olarak hesaplanmaktadır. Son yıllarda vazgeçilmez olan matematiksel modelleri genetik çalışmalar ile destekleme ihtiyacı gelişen teknolojiye paralel olarak önem kazanmıştır. Balıkların büyüme hormonlarının yetiştiricilik şartlarına ve diyetlerinin içeriğine bağlı tepkilerini fizyolojik açıdan incelediğimiz çalışmada IGF-I ve IGF-II mRNA seviyeleri optimum su sıcaklığında ve balık yağı diyetlerinde diğer uygulamalara göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Ade, R., 1982. The Salmon Handbook. Andre Deutsch.
- Aksakal, E., Ceyhun, S.B., Erdoğan, O., Ekinci, D. 2010. Acute and long-term genotoxicity of deltamethrin to insulin-like growth factors and growth hormone in rainbow trout. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C*, 152, 451–455.
- Aksoy, M., 2000. Beslenme Biyokimyası . Hatipoğlu Yayınevi, Erzurum.
- Akyıldız, A.R., 1992. Balık Yemleri ve Teknolojisi. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları:1280, Ankara, 180s.
- Almáida-Pagán, P.F., Hernández, M.D., García, B. G., Madrid, J.A., Costa, J.D. and Mendiola, P. 2007. Effects of total replacement of fish oil by vegetable oils on n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acid desaturation and elongation in sharpnose seabream (*Diplodus puntazzo*) hepatocytes and enterocytes. *Aquaculture*, 272, 589–598.
- Al-Owafeir, M.A. and Belal, I.E.H., 1996. Replacing palm oil for soybean oil in tilapia (*Oerochromis niloticus*) Feed. *Aquaculture*, 27 (4):222-224.
- AOAC., 1998. Official Methods of Analysis (16th Edition) of the Association of Analytical Chemists, Vols. I and II, 4th Revision. Gaithersburg, Maryland 20872417, USA.
- Aquamedia. 2006. [http:// www. feap. info/ home/ FAQ/ Answers/ ans8 _en .asp](http://www.feap.info/home/FAQ/Answers/ans8_en.asp) , (December, 28.).
- Arabacı, M., 2007. Gökkuşluğu Alabalığı Yetiştiriciliği. Doğu Anadolu Kalkınma Programı Tarım ve Kırsal Kalkınma Bileşeni Yayınları.
- Aras, N., Güneş, M., Bayır, A., Sirkecioğlu, A., Haliloğlu, H. 2009. The comparison of total fat and fatty acid profiles with some bio-ecological features of *Capoeta capoeta umbla* HECKEL, 1843 living in Tuzla Stream and Tercan Dam Lake. *Ekoloji*, 19: 73, 55-64.
- Aras, N., Haliloğlu, H., Atamanalp, M., Bayır, A., Sirkecioğlu, A. 2003. Karasu havzası Yeşildere çayı olgun dere alabalıkları (*Salmo trutta macrostigma*, Dunmeril, 1858)'nda farklı dokuların yağ asidi kompozisyonlarının karşılaştırılması. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 27, 887-892.
- Aras, N., Kocaman E.M., Aras, M.S., 2000. Genel Su Ürünleri ve Kültür Balıkçılığı Temel Esasları. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Su Ürünleri Bölümü, Erzurum Yayın No:216.
- Asdari, R., Aliyu-Paiko, M., Hashim, R., 2011. Effects of different dietary lipid sources in the diet for *Pangasius nasutus* (Bleeker, 1863) juveniles on growth performance, feed efficiency, body indices and muscle and liver fatty acid compositions *Aquaculture Nutrition* Volume: 17, Issue: 4, Pages: E883-E891.
- Atay, D., 1989. Populasyon Dinamiği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları,1154. Ders Kitabı, 324, Ankara.
- Bahurmiz, O.M. and Ng, W.K., 2007. Effects of dietary palm oil source on growth, tissue fatty acid composition and nutrient digestibility of red hybrid tilapia,

- Oreochromis* sp., raised from stocking to marketable size. *Aquaculture*, 262, 382–392.
- Ballestrazzi, R., Rainis, S., Maxia, M., 2006. The replacement of fish oil with refined coconut oil in the diet of large rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), *Italian Journal of Animal Science*, 5: 155-164.
- Bayır, A., Sirkecioğlu, A., Aksakal, E., Bayır, M., Haliloğlu, H., Güneş, M., Aras, M. 2011. Changes in the fatty acids of neutral and polar lipids of *Silurus glanis* and *Barbus capito capito* during an annual cycle. *Italian Journal Food Science*, 23, 173-179
- Bayır, A., Sirkecioğlu, A., Aras, M., Aksakal, E., Haliloğlu, H., Bayır, M. 2010. Fatty acids of neutral and phospholipids of three endangered trout: *Salmo trutta caspius*, *Salmo trutta labrax* and *Salmo trutta macrostigma*. *Food Chemistry*, 119:3, 1050-1056.
- Bell, J.G., Raynard, R.S., Sargent, J.R., 1991a. The effect of dietary linoleic acid on the fatty acid composition of individual phospholipids and lipoxygenase products from gills and leucocytes of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Lipids*, 26: 445–450.
- Bell, J.G., Mc Vicar, A.H., Park, M.T., Sargent, J.R. 1991b. High dietary linoleic acid affects the fatty acid compositions of individual phospholipids from tissues of Atlantic salmon (*Salmo salar*): association with stress susceptibility and cardiac lesions. *The Journal of Nutrition*, 121, 1163–1172.
- Bell, J.G., Sargent, J.R., Raynard, R.S., 1992. Effects of increasing dietary linoleic acid on phospholipid fatty acid composition and eicosanoid production in leucocytes and gill cells of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids* 45: 197–206.
- Bell, J.G., Dick, J.R., Mc Vicar, A.H., Sargent, J.R., Thompson, K.D., 1993. Dietary sunflower, linseed and fish oils affect phospholipid fatty acid composition, development of cardiac lesions, phospholipase activity and eicosanoid production in Atlantic salmon. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids* 49: 665–673.
- Bell, J.G., Tocher, D.R., Farndale, B.M., McViar, A.H., and Sargent, J.R., 1999, Effects of essential fatty acid deficient diets on growth, mortality, tissue histopathology and fatty acid composition in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). *Fish Physiol and Biochem.* 20, 263-277.
- Bell, J.G., McEvoy, J., Tocher, D.R., McGhee, F., Campbell, P.J. and Sargent, J.R., 2001. Replacement of fish oil with rapeseed oil in diets of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) effects tissue lipid compositions and hepatocyte fatty acid metabolism. *American Society for Nutritional Sciences, JN Journal of Nutrition*, 131: 1534-1543.
- Bell, J.G., Henderson, R.J., Tocher, D.R., McGhee, F., Dick, J.R., Porter, A., Smullen, R. and Sargent, J.R., 2002. Substituting fish oil with crude palm oil in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects tissue fatty acid compositions and hepatic fatty acid metabolism. *Journal of Nutrition*, 132, 222-230.
- Bell, J.G., Henderson, R.J., Tocher, D.R., and Sargent, J.R., 2004. Replacement of dietary fish oil with increasing levels of linseed oil: modification of flesh fatty acid compositions in Atlantic Salmon (*Salmo salar*) using a fish oil finishing diet. *Lipids*, 39: 223-232.

- Bell, M.V., Batty, K.S., Dick, J.R., Fretwell, K., Navarro, J.C., Sargent, J.R., 1995. Dietary deficiency of docosahexaenoic acid impairs vision at low light intensities in juvenile herring (*Clupea harengus* L.), *Lipids*. 30, 373-476.
- Benedito-Palos, L., Saera-Vila, A., Calduch-Giner, J.A., Kaushik, S., Pérez-Sánchez, J. 2007. Combined replacement of fish meal and oil in practical diets for fast growing juveniles of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.): Networking of systemic and local components of GH/IGF axis. *Aquaculture* 267, 199–212.
- Bessonarat, M., Izquierdo, M.S., Salhi, M., Hernandez, C.M., Gonzalez, M.M., and Palacios, H.F., 1999, Effect of dietary arachidonic acid levels on growth and survival of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) larvae. *Aquaculture*. 179, 265-275.
- Bromley P.J., 1980. The effect of dietary water content and feeding rate on the growth and food conversion efficiency of turbot (*Scophthalmus maximus* L.), *Aquaculture*. 20: 91-99.
- Bruno, D.W. and Poppe, T.T., 1996. A colour atlas of salmonid diseases. Academic Press, London.
- Buzzi, M., Henderson, R.J., Sargent, J.R., 1996. The desaturation and elongation of linolenic acid and eicosapentaenoic acid by hepatocytes and liver microsomes from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets containing fish oil or olive oil. *Biochimica et Biophysica Acta (Bba)-Lipids and Lipid Metabolism*, Volume 1299, Issue 2, Pages 235-244.
- Caballero, M., Obach, A., Rosenlund, G., Montero, D., Gisuold, M., Izquierdo, M.S., 2002. Impact of different dietary lipid sources on growth, lipid digestibility, tissue fatty acid composition and histology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, *Aquaculture*, 214: 253- 271.
- Calder, C.P. and Yaqoob, P. 2009. Understanding omega-3 polyunsaturated fatty acids. *Prostate Medicine*, 121(6), 148-157.
- Castell, J.D., Sinhuber R.D., Wales J.H. and Lee, D.J., 1972. Essential fatty acid in the diet of rainbow trout (*Salmo gairdneri*): growth, feed, conversion and gross deficiency symptoms. *Journal of Nutrition*, 102:77, 77-86.
- Chaiyapechara, S., Casten, M.T., Hardy, R.W., Dong, F.M., 2003, Fish performance, fillet characteristics, and health assessment index of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets containing adequate and high concentrations of lipid and vitamin, *Aquaculture*, 169: 715-738.
- Chauvigne, F., Gabillard, J.C., Weil, C. and Rescan, P.Y. 2003. Effect of refeeding on IGFI, IGFII, IGF receptors, FGF2, FGF6, and myostatin mRNA expression in rainbow trout myotomal muscle. *General and Comparative Endocrinology* 132 209–215.
- Choubert, G., Mendes-Pinto, M.M., Morais, R., 2006. Pigmenting efficacy of astaxanthin fed to rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*: Effect of dietary astaxanthin and lipid sources, *Aquaculture*, 250: 429-436.
- Christie, W. W., 1989. Gas Chromatography and lipids. The Hammah Research Institute, Atr, Scotland.
- Çelikkale, S., 1994. İç Su Balıkları Yetiştiriciliği Cilt 1(2), Trabzon.
- Çetinkaya, O., 1995. Balık Besleme .Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:9. Van.

- Dantagnan, H., Bórquez, A. S., Valdebenito, I. N., Salgado, I. A., Serrano, E. A. and Izquierdo, M. S., 2007. Lipid and fatty acid composition during embryo and larval development of puye *Galaxias maculatus* Jenyns, 1842, obtained from estuarine, freshwater and cultured populations. *Journal of Fish Biology*, 70, 770–781.
- De Silva, S.S., Anderson, T.A., 1995. *Fish Nutrition in Aquaculture*. First Edition, Chapman and Hall, London, 319 p.
- Diez, A., Menoyo, D., Perez-Benavente, S., Caldach-Giner, J.A., Vega-Rubin de Celis S., Obach, A., Favre-Krey, L., Boukouvala, E., Leaver, M.J., Tocher, D.R., Perez-Sanchez, J., Krey, G. and Bautista, M.J., 2007. Conjugated linoleic acid affects lipid composition, metabolism, and gene expression in gilthead sea bream (*Sparus aurata* L). *The Journal of Nutrition*, 137, 1363-1369.
- Dorak, M.T., *Real-time PCR*. Taylor & Francis Group. New York, 329 p.
- Drew, M.D., Ogunkoya, A.E., Janz, D.M., Van Kessel, A.G., 2007. Dietary influence of replacing fish meal and oil with canola protein concentrate and vegetable oils on growth performance, fatty acid composition and organochlorine residues in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 267, 260–268.
- Dubois, V., Breton, S., Linder, M., Fanni, J. and Parmentier, M. 2007. Fatty acid profiles of 80 vegetable oils with regard to their nutritional potential. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109,710–732.
- Ekanem, S.B., 1996. Effects of feeding frequency, moist and dry feeds on the growth of chrysichthys nigrodigitatus lacepede and on pond water quality, *Aquaculture Research*, 27, 107–112.
- El Sayed , A.M., Teshima, S., 1992. Protein and energy requirements of energy Nile tilapia, *Oerochromis niloticus*, fry, *Aquaculture*. 103:55-63.
- Ensminger, M.E., Oldfield, J.E., Heinemann, W.W., 1990. *The Ensminger Publishing Company*, 648 West Avenue, Clovis, California, 93612, Second Edition, USA, *Feed and Nutrition*. 1196.
- Ergün, S., 1997. Doğal ve Sentetik Karotenoid Kaynaklarının Gökkuşuğu Alabalıklarında (*Oncorhynchus mykiss*) Pigmentasyona Etkisi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bil. Enst., Su Ürünleri Anabilim Dalı, Samsun.
- FAO, 2011. *Fishery statistical collections. fishery information data and statistics country or territory for the reporting and dissemination of FAO global and regional fishery and aquaculture statistics* FAO, Rome.
- Farkas, T. and Csengeri, I. 1976. Biosynthesis of fatty acids by the carp. *Cyprinus carpio* L., in relation to environmental temperature. *Lipids*, 11: 401-407.
- Figueiredo-Silva, A., Rocha, E., Dias, J., Silva, P., Rema, P., Gomes, E., Valente, L.M.P., 2005. Partial replacement of fish oil by soybean oil on lipid distribution and liver histology in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles. *Aquaculture Nutrition*, Volume: 11, Issue: 2 Pages: 147-155.
- Folch, J., Less, M., Stanley, G. H., S., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *Journal of Biological Chemistry* 226, 497–509.
- Fonseca-Madrigal, J., Karalazos, V., Campbell, P.J., Bell, J.G. and Tocher, D.R. 2005. Influence of dietary palm oil on growth, tissue fatty acid compositions, and fatty

- acid metabolism in liver and intestine in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*, Volume 11, Issue 4, Pages 235–313.
- Francis, D.S., Peters, D.J. and Turchini, G.M., 2009. Apparent in vivo Δ -6 desaturase activity, efficiency, and affinity are affected by total dietary C18 PUFA in the freshwater fish murray cod. *Agricultural and Food Chemistry*, 57, 4381-4390.
- Francis, D.S., Turchini, G.M., Jones, P.L. and De Silva, S.S. 2007. Dietary lipid source modulates in vivo fatty acid metabolism in the freshwater fish, murray cod (*Maccullochella peelii peelii*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 4, 1582-1591.
- Gabillard, J.C., Weil, C., Rescan, P.Y., Navarro, I., Gutierrez, J., and Le Baila, P.Y., 2003. Effects of environmental temperature on IGF1, IGF2, and IGF type I receptor expression in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *General and Comparative Endocrinology*, 133, 233–242.
- Geay, F., Santigosa I Culi, E., Corporeau, C., Boudry, P., Dreano, Y., Corcos, L., Bodin, N., Vandeputte, M., Zambonino-Infante, J.L., Mazurais, D., Cahu, C.L. 2010. Regulation of FADS2 expression and activity in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L.) fed a vegetable diet. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B*, 156, 237–243.
- Geurden, I., Cuvier, A., Gondouin, E., Olsen, R.E., Ruohonen, K., Kaushik, S., Boujard, T., 2005, Rainbow trout can discriminate between feeds with different oil sources, *Physiology and Behavior*. 85, 107-14.
- Geurden, I., Jutfelt, F., Olsen, R.E., Sundell, K.S., 2009. A vegetable oil feeding history affects digestibility and intestinal fatty acid uptake in juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Comparative Biochemistry And Physiology A-Molecular & Integrative Physiology Volume: 152 Issue 4, Pages: 552-559*.
- Glencross, B.D. 2009. Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species. *Reviews in Aquaculture*, 1; 71-124.
- Goddars, S., 1996. *Feed Manegement in Intensive Aquaculture*, Chapman and Hall, New York, USA.
- González-Rovira, A., Mourente, G., Zheng, C., Tocher, D.R. and Pendón, C., 2009. Molecular and functional characterization and expression analysis of a Δ 6 fatty acyl desaturase cDNA of European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture*, 298, 90–100.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M., Tülek, Y., Zorba, Ö., 1993. Et ürünlerinde kalite kontrolü ve laboratuar uygulama klavuzu (2. Baskı). Atatürk Üniversitesi Yayınları Yayın No: 751, Ziraat Fak. Yayın No: 318. Atatürk Üniv. Ofset Tesisi, Erzurum.
- Greene, D.H.S., Selivonchick, D.P., 1990. Effects of dietary vegetable, animal and marine lipids on muscle lipid and haematology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 89, 165-182.
- Grove, D., Genna, R., Paralika, V., Boraston, J., Hornyold, M. G. and Siemens, R. 2001. Effects of dietary water content on meal size, daily food intake, digestion and growth in turbot, *Scophthalmus maximus* (L.), *Aquaculture Research*, 32, 433-442.
- Gunstone, F. D. 1991. Introduction in Lipid Analysis-A practical approach. In: R.J. Hamilton and Hamilton, S. (eds.). *The Practical Approach Series*. Oxford University Press, Oxford, UK. pp. 1-12.

- Gurr, M. I., Harwood, J. L. and Frayn, K. N., 2002. Lipid Biochemistry. 5th ed., Blackwell Science, USA.
- Gurr, M., I. and James, A., T., 1975. Lipid Biochemistry-An Introduction 2nd editions. Chapman and Hall, London, UK. 244.
- Gurr, M.I. and Harwood, J.L. 1991. Lipid biochemistry. Chapman & Hall, London.
- Güler, M. and Yıldız, M. 2011. Balık yağı yerine pamuk yağı içeren diyetlerin gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) büyüme performansı ve yağ asidi kompozisyonuna etkisi. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 35(1): 157-167.
- Gümüş, E., 2003. Karbonhidrat ve Yağ Düzeyleri Farklı Rasyonların Gökkuşağı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nın Büyümesi ve Bazı Kimyasal Bileşenleri Üzerine Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Temel Bilimleri Anabilim Dalı, Doktora Tezi.
- Haliloğlu, H., Bayır, A., Sirkecioğlu, A., Aras, N., Atamanalp, M. 2004. Comparison of fatty acid composition in some tissues of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) living in sea water and fresh water. Food chemistry, 85, 55-59.
- Halver, J., and Hardy, W.R., 2002. Fish Nutrition. Academic Press., Elsevier Science, Third Edition, 417-423, USA.
- Hansen, H.J.M. and Abraham S. 1983. Influence of temperature, environmental salinity and fasting on the patterns of fatty-acids synthesized by gills and liver of the european eel (*Anguilla anguilla*). Comparative Biochemistry and Physiology B-Biochemistry & Molecular Biology, 75:4, 581-587.
- Hastings, N., Agaba, M., Tocher, D. R., Leaver, M. J., and Dick, J. R. 2001. A vertebrate fatty acid desaturase with delta 5 and delta 6 activities, Proc. Natl. Acad. Sci., USA. 98: 14304–14309.
- Hazel, J. R. and Prosser, C. L., 1979. Incorporation of 1-14C-acetate into fatty acids and sterols by isolated hepatocytes of thermally acclimated rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, And Environmental Physiology, 134:4, 321-329.
- Hazel, J. R. and Sellner, P.A. 1979. Fatty acid and sterol synthesis by hepatocytes of thermally acclimated rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Journal of Experimental Zoology, 209, 1; 105–113.
- Hazel, J.R., 1984. Effects of temperature on the structure and metabolism of cell membranes in fish. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol 246, 460–470.
- Henderson, R. J., and Tocher, D.J., 1987. The lipids composition and biochemistry of freshwater fish. Progress in Lipid Research, 26: 281-347.
- Henderson, R.J. and Sargent, J.R., 1985. Fatty acid metabolism in fish. In Nutrition and Feeding in Fish, pp. 349–364 (CB Cowey, AM Mackie and JG Bell, editors). London: Academic Press.
- Henderson, R.J., 1996. Fatty acid metabolism in freshwater fish with particular reference to polyunsaturated fatty acids. Arch. Anim. Nutr., 49, 5–22.
- Higgs, D.A., Markert, J.R., Plotnikoff, M.D., McBride, J.R., Dosanjh, B.S., 1985. Development of nutritional and environmental strategies for maximizing the growth and survival of juvenile pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*), Aquaculture, 47: 113–130.

- Higgs, D.A., Sutton, J.N., Kim, H., Oakes, J.D., Smith, J., Biagi, C., Rowshandeli, M., Devlin, R.H. 2009. Influence of dietary concentrations of protein, lipid and carbohydrate on growth, protein and energy utilization, body composition, and plasma titres of growth hormone and insulin-like growth factor-1 in non-transgenic and growth hormone transgenic coho salmon, *Oncorhynchus kisutch* (Walbaum). *Aquaculture* 286, 127–137.
- Hilditch, T.P. and P.N. Williams, 1964. The chemical constitution of natural fats. London, 3248 4th ed.
- Hoşsu, B., A.Y. Korkut., A. Fırat. 2003. Balık Besleme ve Yem Teknolojisi I, Balık Besleme Fizyolojisi ve Biyokimyası, 3. Baskı, Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Yayınları.
- Hsieh, S.L. and Kuo, C.M., 2005. Stearoyl-CoA desaturase expression and fatty acid composition between milkfish (*Chanos chanos*) and grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) during cold acclimation. *Comp. Biochem. Physiol. B* 141, 95–101.
- Hsieh, S.L., Chang, H.T., Wu, C.H., Kuo, C.M., 2004. Cloning, tissue distribution and hormonal regulation of stearyl-CoA desaturase in tilapia *Oreochromis mossambicus*. *Aquaculture* 230, 527–546.
- Hughes, S.G., 1989. Effect of dietary moisture level on response to diet by Atlantic salmon, *Progressive Fish Culturist*, 51: 20-23.
- Izquierdo, M. S., Robaina, L., Juarez-Carrillo, E., Oliva, V., Hernandez-Cruz, C.M., Afonso, J.M., 2008. Regulation of growth, fatty acid composition and delta 6 desaturase expression by dietary lipids in gilthead seabream larvae (*Sparus aurata*). *Fish Physiology And Biochemistry*, 34, 2, 117-127.
- Jobling, M., Knudsen, R., Pedersen, P.S., Dos Santos, J., 1991, Effects of dietary composition and energy content on the nutritional energetics of cod, *Gadus morhua*, *Aquaculture*, 92: 243-257.
- Jobling, M. 2003. The Thermal Growth Coefficient Model of Fish Growth: A Cautionary Note, *NFH University of Tromso, Norway, Aquaculture Research*, 581-584.
- Jordal, A.E.O., Torstensen, B.E., Tsoi, S., Tocher, D.R., Lall, S.P. and Douglas, S.E., 2005 Dietary rapeseed oil affects the expression of genes involved in hepatic lipid metabolism in Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.). *Journal of Nutrition*, 135: 2355-2361.
- Kalogeropoulos, N., Alexis, M.N., Henderson, R.J., 1992. Effects of dietary soybean and cod-liver oil levels on growth and body composition of gilthead bream (*Sparus aurata*) *Aquaculture*, 104, 3-4, 293-308.
- Karalazos, V., 2007. Sustainable Alternatives to Fish Meal and Fish Oil in Fish Nutrition: Effects on Growth, Tissue Fatty Acid Composition and Lipid Metabolism. Institute of Aquaculture, University of Stirling, Stirling, Scotland, Thesis submitted for the degree of Doctor.
- Keha, E.E. ve Küfrevioğlu, İ., 1997. *Biyokimya. Şafak Yayın Evi, Erzurum.*
- Kemp, P. and Smith, M. W. 1970. Effect of temperature acclimatization on the fatty acid composition of goldfish intestinal lipids. *Biochemical Journal*, 117:1, 9-15.
- Kennedy S.R., 2007. Bioactive fatty acids as dietary supplements for farmed fish: effects on growth performance, lipid metabolism, gene expression and immun

- parameters. University of Stirling Stirling, Scotland. Thesis submitted for the degree of Doctor.
- Kennedy, S.R., Bickerdike, R., Berge, R.K., Dick, J.R., Tocher, D.R., 2007. Influence of conjugated linoleic acid (CLA) or tetradecylthioacetic acid (TTA) on growth, lipid composition, fatty acid metabolism and lipid gene expression of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* L.). *Aquaculture*, 272, 489–501.
- Kennish, J.M., Sharp-Dahl. J.L., Chambers. K.A., Thrower. F., and Rice. S.D., 1992, The effect of herring diet on lipit composiyion, fatty acid composition, and cholesterol levels in the muscle tissue of pen reared chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). *Aquacult*, 108: 309-322.
- Kjorsvik, E., Pittman, K., & Pavlov, D. 2004. From fertilisation to the end of metamorphosis - functional development. In: Moksness, E., Kjorsvik, E., and Olsen, Y. (eds.). *Culture of Cold-water Marine Fish*. Blackwell Publishing, Oxford, UK. pp. 204-278.
- Klinger, R.C., Balzer, V.S., and Echevarria, C., 1996, Effects of dietary lipid on the hematology of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture*, 147: 225-233.
- Korkut, A.Y., Kop, A., Demirtaş, N., Cihaner , A., 2007. Balık Beslemede Gelişim Performansının İzlenme Yöntemleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 24: 1-2, 201-205.
- Küfrevioğlu, Ö.İ., 2008. cDNA Prob Üreimi İçin Primer Dizayni. Su Ürünlerinde Uygulamalı Moleküler Biyoloji Teknikleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları, No.237, 51-70.
- Leaver, M.J., Villeneuve,A.N.L., Obach, A., Jensen, L., Bron, J.E., Tocher, D.R and Taggart, J.B. 2008. Functional genomics reveals increases in cholesterol biosynthetic genes and highly unsaturated fatty acid biosynthesis after dietary substitution of fish oil with vegetable oils in Atlantic salmon (*Salmo salar*). *BMC Genomics*, 9:299.
- Lee, S. M., Hwang, U. I. and Cho, S. H., 2000. Effects of feeding frequency and dietary moisture content on growth, body composition and gastric evacuation of juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*), *Aquaculture*, 187: 399–409.
- Lee, S.M., Jeon, I.G., Kim, K.S., 1997. Effects of extruded-floating, slow-sinking, fast-sinking or moist pellet diets on the growth and body composition in Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*), *J. Aquacult.*, 10: 163–169.
- Legendre, M., Kerdchuen, N., Corraze, G., Bergot, P., 1995, Larval rearing of an African Catfish *Heterobranchus longifilis* (Teleostei, Clariidae): effect of dietary lipids on growth, survival and fatty acid composition of fry, *Aquatic Living Resources*, 8: 355-363.
- Leonard, A. E., Kelder, B., Bobik, E. G., Chuang, L. T., Lewis, C. J., Kopchick, J. J., Mukerji, P., and Huang, Y. S. 2002. Identification and expression of mammalian long-chain PUFA elongation enzymes. *Lipids*. 37: 733–740.
- Li, J., Ding, S.-F., Habbib, N.A., Fermor, B.F., Wood, C.B., Gilmour, R.S., 1994. Partial characterization of a cDNA for human stearyl CoA desaturase and changes in its mRNA expression in some normal and malignant tissues, *International Journal of Cancer* 57 348–352.
- Li, M. and Leatherland, J.2008. Temperature and ration effects on components of the IGF system and growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

- during the transition from late stage embryos to early stage juveniles. *General and Comparative Endocrinology*, 155, 668–679.
- Li, Y., Hu, C., Zheng, Y., Xia, X., Xu, W., Wang, S., Chen, W., Sun, Z. and Huang, J., 2008. The effects of dietary fatty acids on liver fatty acid composition and $\Delta 6$ -desaturase expression differ with ambient salinities in *Siganus canaliculatus*. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B* 151, 183–190.
- Lie, Ø., Sandvin, A., Waagbø, R., 1993. Influence of dietary fatty acids on the lipid composition of lipoproteins in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Fish Physiology and Biochemistry* 12: 249–260.
- Lindhors-Emme, W., 1990. *Forellenzucht*, Verlag Paul Parey, Hamburgund Berlin, 1575.
- Ling, S., Kuah, M.K., Muhammad, T.S.T., Kolkovski, S., Shu-Chien, S.A.C., 2006. Effect of dietary HUFA on reproductive performance, tissue fatty acid profile and desaturase and elongase mRNAs in female swordtail *Xiphophorus helleri*. *Aquaculture*, 261, 204–214.
- Los, D.A. and Murata, N., 1998. Structure and expression of fatty acid desaturases. *Biochimica et Biophysica Acta* 1394, 3-5.
- Lovell, T. 1998, *Nutrition and Feeding of Fish*. Second Edition, Auburn University, An Avi Book, Published by Van Nostrand Reinhold, New York, 260 p.
- Martins, D.A., Gomes, E., Rema, P., Dias, J., Ozorio, R.O.A., Valente, L.M.P., 2005, Growth, digestibility and nutrient utilization of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles fed different dietary soybean oil levels, *Aquaculture*, 14: 285-295.
- Masoro, E.J., 1962. Biochemical mechanisms related to the homeostatic regulation of lipogenesis in animals. *Journal of Lipid Research*, April, Volume 3, Number 2.
- Menoyo, D., Lopez-Bote, C.J., Obach, A., Bautista, J.M., 2005. Effect of dietary fish oil substitution with linseed oil on the performance, tissue fatty acid profile, metabolism, and oxidative stability of Atlantic salmon. *Journal of Animal Science*, 83, 12, 2853-2862.
- Messina, M., Tulli, F., Calligaris, M., Tibaldi, E. 2009. Effects of long term feeding diets differing in protein source and pre-slaughter starvation on biometry, qualitative traits and liver IGF-I expression in large rainbow trout. *Italian Journal of Animal Science*, 8:2, 866-868.
- Metailler, R. 1986. *Experimentation in Nutrition*. (FAO 1986), (Ed; Bruno, A., MEDRAP), *Nutrition in Marine Aquaculture*, Pg. 1- 11, Lisbon.
- Metcalf, L.D. and Schmitz, A.A., 1961. The rapid preparation of fatty acid esters for gas chromatographic analysis. *Anal. Chem.*, 33, 363-364.
- Meyers, S.P., 1994. Developments in world aquaculture, feed formulations, and role of carotenoids. *Pure and Applied Chemistry*, 66: 1069-1076.
- Miller, M.R., Bridle, A.R., Nichols, P.D. and Carter, C.G. 2008. Increased elongase and desaturase gene expression with stearidonic acid enriched diet does not enhance long-chain (n-3) content of seawater Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *The Journal of Nutrition*, 138, 2179-2185.
- Montgomery, R., Conway, T.W., Spector, A. A. and Chappell, D., 2000. *Biyokimya, Olgü Sunumlu Yaklaşım*. Çeviri Edt. Altan, N., Palme Yayıncılık, Ankara.

- Mourente, G. and Vazquez, R., 1996. Changes in the content of total lipid, lipid classes and their fatty acids of developing eggs and unfed larvae of the Senegal sole, *Solea senegalensis* Kaup. *Fish Physiology and Biochemistry*, 15, 221–235.
- Mourente, G., Dick, J.R., Bell, J.G. and Tocher, D.R., 2005. Effect of partial substitution of dietary fish oil by vegetable oils on desaturation and h-oxidation of [1-¹⁴C]18:3n-3 (LNA) and [1-¹⁴C]20:5n-3 (EPA) in hepatocytes and enterocytes of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture* 248; 173–186.
- Murray R.K., Mayes P.A., Granner D.K., and Rodwell V. W., 1993. *Harper's Biochemistry*.
- Nakamura, M. T. and Nara, T. Y., 2003. Essential fatty acid synthesis and its regulation in mammals. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids* 68: 145–150.
- Nakamura, M. T. and Nara, T. Y., 2004. Structure, function, and dietary regulation of delta 5, delta 6, and delta 9 desaturases. *Annual Review of Nutrition*. 24, 345–276.
- Nelson, D.L., Cox, M.M., 2008. *Lehninger Principles of Biochemistry*. W.H. Freeman & Company, New York.
- Nematipour, G.R., and Gatlin, D.M., 1993, Effects of different kinds of dietary lipid on growth and fatty acid composition of juvenile sunshine bass, *Morone chrysops* & female; *M. saxatilis* & male; *Aquacult*, 114 p 141-154.
- Ng, W.K., Campbell, J.P., Dick, R.J., Bell, J.G., 2003. Interactive effects of dietary palm oil concentration and water temperature on lipid digestibility in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Lipids* 38, 1031-1038.
- Ng, W.K., Sigholt, T., Bell, J.G., 2004. The influence of environmental temperature on the apparent nutrient and fatty acid digestibility in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed finishing diets containing different blends of fish oil, rapeseed oil and palm oil. *Aquacult. Res.* 35, 1228-1237.
- Ng, W.K., Codabaccus, B. M., Carter, C.G., Nichols, P.D. 2010. Replacing dietary fish oil with palm fatty acid distillate improves fatty acid digestibility in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, maintained at optimal or elevated water temperature. *Aquaculture*, 309: 165-172.
- NRC, 1993. *Nutrient requirements of fish*. National Academy Press, Washington D.C.
- Ntambi, J.M., 1999. Regulation of stearoyl-CoA desaturase by polyunsaturate fatty acids and cholesterol, *The Journal of Lipid Research*. 40: 1549–1558.
- O'Neal, C.C. 2005. Effect of dietary lipids on fatty acid composition and hematological parameters of channel catfish *ictalurus punctatus* exposed to different temperature challenges. Graduate School Southern Illinois University Carbondale, Doctor of Philosophy Degree.
- Okayasu, T., Nagao, M., Ishibashi, T., Imai, Y., 1981. Purification and partial characterization of linoleoyl-CoA desaturase from rat liver microsomes, *Arch. Biochem. Biophys.* 206:21–28.
- Olsen, R.E. and Henderson, R.J., 1997. Muscle fatty acid composition and oxidative stress indices of Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.), in relation to dietary polyunsaturated fatty acid levels and temperature. *Aquac Nutr* 3, 227–238.

- Olsen, R.E., Løvaas, E. and Lie, Ø., 1999. The influence of temperature, dietary polyunsaturated fatty acids, alfa-tocopherol and spermine on fatty acid composition and indices of oxidative stress in juvenile Arctic char, *Salvelinus alpinus* (L.). *Fish Physiol Biochem* 20, 13–29.
- Ota, T. and Yamada, M., 1971. Lipids of Masu salmon *Oncorhynchus masou*. I. Variations of the lipid content and fatty acid composition of juvenile Masu salmon during the period of smolt-transformation, and the influence of light upon those variations. *Bulletin of the Faculty of Fisheries Hokkaido University*, 22, 151–158.
- Özlüer- Hunt, A., 2003. İki Farklı Yağ kaynağının (Balık yağı ve Soya yağı) Deniz Lerveği (*Dicentrarchus labrax* L.)'nin Gelişme Performansı Vücut Yağ Asitleri Kompozisyonuna Etkiler. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi.
- Panserat, S., Ducasse-Cabanot, S., Plagnes-Juan, E., Srivastava, P.P., Kolditz, C., Piumi, F., Esquerré, D., Kaushik, S., 2008a. Dietary fat level modifies the expression of hepatic genes in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) as revealed by microarray analysis. *Aquaculture*, 275, 235–241.
- Panserat, S., Kolditz, C., Richard, N., Plagnes-Juan, E., Piumi, F., Esquerré, D., Médale, F., Corraze, R. and Kaushik, S., 2008b. Hepatic gene expression profiles in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed fishmeal or fish oil-free diets. *British Journal of Nutrition*, 100: 953–967.
- Panserat, S., Hortopan, G.A., Plagnes-Juan, E., Kolditz, C., Lansard, M., Skiba-Cassy, S., Esquerré, D., Geurden, I., Médale, F., Kaushik, S., Corraze, G., 2009. Differential gene expression after total replacement of dietary fish meal and fish oil by plant products in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) liver. *Aquaculture* 294,123–131.
- Pereira, S.L., Leonard, E.A., and Mukerji, P., 2003. Recent advances in the study of fatty acid desaturases from animals and lower eukaryotes. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids* 68 97–106.
- Person-Le Ruyeta, J., Skallib, A., Dulaua, B., Le Bayona, N., Le Dellioua, H., Robina, J.H., 1994. Does dietary n₃ highly unsaturated fatty acids level influence the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) capacity to adapt to a high temperature? *Aquaculture*, 242 571–588.
- Pettersson, A., Johnsson, L., Brännäs, E. and Pickova, J., 2009. Effects of rapeseed oil replacement in fish feed on lipid composition and self-selection by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*, 15, 4, 577–586.
- Pfaffl, M.W., 2001. A new mathematical model for relative quantification in real-time RT–PCR. *Nucleic Acids Res.* 29, 2003–2007.
- Pickova, J. and Mørkøre, T. 2007. Alternate oils in fish feeds. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109, 256–263.
- Piedecausa, M.A., Mazon, M.J., Garcia, B., Hernandez, M.D., 2007. Effects of total replacement of fish oil by vegetable oils in the diets of sharpnose seabream (*Diplodus puntazzo*), *Aquaculture*, 263: 211-219.
- Pillay, T.V.R., 1990. *Aquaculture Principles and Practices*. The University Press Cambridge, 563 .

- Pratoomyot, J., Bendiksen, E.Å., Bell, J.G., Tocher, D.R. 2008. Comparison of effects of vegetable oils blended with southern hemisphere fish oil and decontaminated northern hemisphere fish oil on growth performance, composition and gene expression in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 280:170–178.
- Pratoomyot, J., 2010. Investigating Alternative Raw Materials and Diet Formulations on Growth Performance, Lipid Metabolism and Gene Expression in Atlantic Salmon (*Salmosalar* L.). Institute of Aquaculture, University of Stirling, Thesis submitted for the degree of Doctor. Stirling, Scotland.
- Raz, A., Katmin-Belsky, N., Przeddecki, F., and Obukowicz, M. 1998. Dietary fish oil inhibits $\Delta 6$ -desaturase activity in vivo. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 75/2: 241-245.
- Regost, C., Arzel, J., Robin, J., Rosenlund, G., Kaushik, S. J., 2003. Total replacement of fish oil by soybean or linseed oil with a return to fish oil in turbot (*Psetta maxima*). 1. Growth performance, flesh fatty acid profile, and lipid metabolism. *Aquaculture*. 217, 465–482.
- Reinecke, M. 2010. Influences of the environment on the endocrine and paracrine fish growth hormone–insulin-like growth factor-I system. *Journal of Fish Biology*, 76, 1233–1254.
- Reinitz, G.L., and Yu T.C., 1981. Effects of Dietary Lipids on Growth and Fatty Acid Composition of Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*, 22, 359-366.
- Richard, N., Mourente, G., Kaushik, S., Corraze, G., 2006a. Replacement of a large portion of fish oil by vegetable oils does not affect lipogenesis, lipid transport and tissue lipid uptake in European seabass (*Dicentrarchus labrax* L.), *Aquaculture*, 261: 1077-1087.
- Richard, N., Kaushik, S., Larroquet, L., Panserat, S., Corraze, G., 2006b. Replacing dietary fish oil by vegetable oils has little effect on lipogenesis, lipid transport and tissue lipid uptake in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), *British Journal of Nutrition*, 96: 299-309.
- Rinchart, J., Czesny, S., Dabrowski, K., 2007. Influence of lipid class and fatty acid deficiency on survival, growth, and fatty acid composition in rainbow trout juveniles. *Aquaculture*, 264, 363-371.
- Rollin, X., Peng, J., Pham, D., Ackman, R.G., Larondelle, Y. 2003. The effects of dietary lipid and strain difference on polyunsaturated fatty acid composition and conversion in anadromous and landlocked salmon (*Salmo salar* L.) parr. *Comparative Biochemistry and Physiology B*, 134, 349–366.
- Rosenlund, G., A. Obach, M. G. Sandberg, H. Standal and K. Tveit. 2001. Effect of alternate lipid sources on long-term growth performance and quality of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquacult. Res.*, 32, 323-328.
- Rosenlund, G., Obach, A., Sandberg, M.G., Standal, H., Tveit, K., 2001. Effect of alternative lipid sources on longterm growth performance and quality of Atlantic Salmon (*Salmo salar*), *Aqua Research*, 32: 323-328.
- Sargent, J., 1995. Origins and functions of egg lipids: nutritional implications. In: *Broodstocks Management and Egg and Larval Quality* (Bromage, N.R and Roberts, R., eds.), 353-372, Oxford: Blackwell.

- Sargent, J., Mcevoy, L., Estevez, A., Bell, G., Bell, M., Henderson, J., Tocher, D., 1999a. Lipid nutrition of marine fish during early development: current status and future directions, *Aquaculture*, 179: 217-229.
- Sargent, J., Bell, G., Mcevoy, L., Tocher, D., Estevez, A., 1999b. Recent development in the essential fatty acid nutrition in fish, *Aquaculture*, 177 191–199.
- Sargent, J.R., Tocher, D.R., Bell, J.G., 2002. The lipids. In: Halver, J.E., Hardy, R.E. (Eds.), *Fish Nutrition*. Academic Press, Elsevier Science, San Diego, California, USA, 3rd ed., pp. 181-257.
- Saruhan, E., 1998. *Balıkçılık Biyolojisi*. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitabı. No:60, Adana, 120.
- Seilliez, I., Panserat, S., Kaushik, P., Bergot, P. 2001. 1. Cloning, tissue distribution and nutritional regulation of a $\Delta 6$ -desaturase-like enzyme in rainbow trout. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B* 130, 83-93.
- Senadheera, S.D., Turchini, G.M., Thanuthong, T. and Francis, D.S. 2011. Effects of dietary alpha-linolenic acid (18:3n-3), linoleic Acid (18:2n-6) ratio on fatty acid metabolism in murray cod (*Maccullochella peelii peelii*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(3), 1020-1030.
- Sirkecioğlu, A., Bayır, A., Haliloğlu, H., Bayır, M., Aras, M. 2010 "Bazı Bitkisel Yağların Yağ Asidi Kompozisyonu ve Balık Yemlerinde Kullanılabilirlikleri ". 2. Ulusal Alabalık Sempozyumu 6-8 Temmuz.
- Sprecher, H., Luthria, L.D., Mohammed D.S. and Baykousheva S.P. 1995. Reevaluation of the pathways for the biosynthesis of polyunsaturated fatty acids. *Journal of Lipid Research* 36:2471-2477.
- Sprecher, H., 2000. Metabolism of highly unsaturated n-3 and n-6 fatty acids. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1486: 219-231.
- Steffens, W., 1997. Effects of Variation in Essential Fatty Acids in Fish Feeds on Nutritive Value of Freshwater Fish for Humans, *Aquaculture*, 151: 97-119.
- Stickney, R.R., 2000. *Culture of Salmonid Fishes*. Boca Raton Ann Arbor; Boston London.
- Şener, E. and Yıldız, M., 2003, Effect of the Different Oil in Growth Performance and Body Composition of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* W., 1972) Juveniles, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 3: 111- 116.
- Tacon, A.G., 2005. State of information on salmon aquaculture feed and the environment. Report prepared for the WWF US Initiated Salmon Aquaculture Dialogue,. Retrieved from ,www.worldwildlife.org/cci/dialogues/salmon.cfm.
- Takeuchi, T. and Watanabe, T. 1977. Dietary levels of methyl laurate and essential fatty acid requirement of rainbow trout. *Bulletin of The Japanese Society of Scientific Fisheries*, 43/7, 893-898.
- Taylor a, J.F., Porter, M.J.R., Bromage, N.R., Migaud, H. 2008. Relationships between environmental changes, maturity, growth rate and plasma insulin-like growth factor-I (IGF-I) in female rainbow trout. *General and Comparative Endocrinology* 155, 257–270.
- Teoh, C.Y., Turchini, G.M., Ng, W.K., 2011. Genetically improved farmed Nile tilapia and red hybrid tilapia showed differences in fatty acid metabolism when fed diets with added fish oil or a vegetable oil blend. *Aquaculture*, 316 (1-4), 144-154.

- Thompson KD, Tatner MF, Henderson RJ (1996) Effects of dietary (n-3) and (n-6) polyunsaturated fatty acid ratio on the immune response of Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Aquaculture Nutrition* 2: 21–31.
- Tocher, D.R., Carr, J., Sargent, J.R., 1989. Polyunsaturated fatty acid metabolism in fish cells: differential metabolism of n-3 and n-6 series fatty acids by cultured cells originating from a freshwater teleost fish and from a marine teleost fish. *Comparative Biochemistry and Physiology – Part B* 94: 367–374.
- Tocher, D.R., Sargent, J.R., 1990. Effect of temperature on the incorporation into phospholipid classes and metabolism via desaturation and elongation of n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acids in fish cells in culture. *Lipids* 25: 435–442.
- Tocher, D.R., Bell, J.G, Dick, J.R., Sargent, J.R., 1997. Fatty acyl desaturation in isolated hepatocytes from Atlantic salmon (*Salmo salar*): stimulation by dietary borage oil containing gamma-linolenic acid. *Lipids* 32: 1237–1247.
- Tocher, D.R., Bell, J.G., Dick, J.R., Henderson, R.J., McGhee, F., Michell, D. 2000. Polyunsaturated fatty acid metabolism in Atlantic salmon (*Salmo salar*) undergoing parr–smolt transformation and the effects of dietary linseed and rapeseed oils. *Fish Physiology and Biochemistry*, 23, 59–73.
- Tocher, D.R., Bell, J.G., MacGlaughlin, P., McGhee, F., Dick, J.R. 2001. Hepatocyte fatty acid desaturation and polyunsaturated fatty acid composition of liver in salmonids: effects of dietary vegetable oil. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B*, 130, 257-270.
- Tocher, D.R., Agaba, M., Hastings, N., Bell, J.G., Dick, J.R., Teale, A.J., 2002. Nutritional regulation of hepatocyte fatty acid desaturation and polyunsaturated fatty acid composition in zebrafish (*Danio rerio*) and tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish Physiol. Biochem.* 24, 309–320.
- Tocher, D. R., 2003. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. *Reviews in Fisheries Science*, 11(2), 107–184.
- Tocher, D. R., Fonseca-Madrigala, J., Dicka, J.R., Ng, W-K., Bell, J.G., Campbell, P.J. 2004. Effects of water temperature and diets containing palm oil on fatty acid desaturation and oxidation in hepatocytes and intestinal enterocytes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B*, 137: 49–63.
- Tocher, D.R., Dick, J.R., MacGlaughlin, P., Bell, J.G. 2006. Effect of diets enriched in $\Delta 6$ desaturated fatty acids (18:3n-6 and 18:4n-3), on growth, fatty acid composition and highly unsaturated fatty acid synthesis in two populations of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.). *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B*, 144, 245–253.
- Torstensen, B.E., Lie, Ø., Frøyland, L., 2000a. Lipid metabolism and tissue composition in Atlantic salmon (*Salmosalar* L.) effects of capelin oil, palm oil, and oleic acid-enriched sunflower oil as dietary lipid sources. *Lipids* 35, 653-664.
- Torstensen, B.E., Li, Ø. and Frøyland, L. 2000b. Lipid metabolism and tissue composition in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). Effects of capelin-, palm- and oleic acid enriched sunflower oil as dietary lipid sources. *Lipids*. 35, 653-664.
- Torstensen, B.E., Froyland, L. & Lie, O. 2004a. Replacing dietary fish oil with increasing levels of rapeseed oil and olive oil effects on Atlantic salmon (*Salmo*

- salar* L.) tissue and lipoprotein lipid composition and lipogenic enzyme activities. *Aquacult. Nutr.*, 10, 175–192.
- Torstensen, B.E., Frøyland, L., Ornsrud, R. & Lie, O. 2004b. Tailoring of a cardioprotective muscle fatty acid composition of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed vegetable oils. *Food. Chem.*, 87, 567–580.
- Torstensen, B.E., Bell, J.G., Rosenlund, G., Henderson, R.J., Graff, I.E., Tocher, D.R., 2005. Tailoring of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) flesh lipid composition and sensory quality by replacing fish oil with a vegetable oil blend. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 53, 10 166–10 178.
- Torstensen, B.E., Lie, Ø., Frøyland, L., 2000. Lipid metabolism and tissue composition in Atlantic salmon (*Salmosalar* L.) effects of capelin oil, palm oil, and oleic acid-enriched sunflower oil as dietary lipid sources. *Lipids* 35, 653-664.
- TÜİK, 2011. Türkiye İstatistik Kurumu, 2011 yılı Su Ürünleri İstatistikleri. http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?tb_id=47&ust_id=13.
- Turchini, G.M., Francis, D.S. and De Silva, S.S. 2006. Fatty acid metabolism in the freshwater fish Murray cod (*Maccullochella peelii peelii*) deduced by the whole-body fatty acid balance method. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part B*, 144, 110–118.
- Turchini, G.M. and Francis, D.S., 2009a. Fatty acid metabolism (desaturation, elongation and *b*-oxidation) in rainbow trout fed fish oil- or linseed oil-based diets. *British Journal of Nutrition* , 102, 69–81.
- Turchini, G.M., Torstensen, B.E. and Ng, W.K. 2009b. Fish oil replacement in finfish nutrition. *Reviews in Aquaculture*, 1:1, 10-57.
- Vagner, M. and Santigosa, E. 2011.Characterization and modulation of gene expression and enzymatic activity of delta-6 desaturase in teleosts: A review. *Aquaculture*, 315: 1-2, 131-143.
- Valente, L.M.P., Bandarra, N.M., Ffigureudo-Silva, A.C., Rema, P., Vaz-Pires, P., Martines, S., Prates, J.A.M., Nunes, M.L., 2007, Conjugated linoleic acid in diets for large-size rainbow trout: effects on growth, chemical composition and sensory attributes, *British Journal of Nutrition*, 97: 289-297.
- Waagbø, R., Sandnes, K., Joergensen, J., Engstad, R., Glette, J., Lie, Ø.1993a. Health aspects of dietary lipid sources and vitamin E in Atlantic salmon (*Salmo salar*). 2. Spleen and erythrocyte phospholipid fatty acid composition, nonspecific immunity and disease resistance. *Fiskeridirektoratets Skrifter. Serie Ernaering* 6: 63–80.
- Waagbø, R., Sandnes, K., Lie, Ø., Nilsen, E.R., 1993b. Health aspects of dietary lipid sources and vitamin E in Atlantic salmon (*Salmo salar*). 1. Erythrocyte total lipid fatty acid composition, haematology and humoral immune response. *Fiskeridirektoratets Skrifter. Serie Ernaering* 6: 47–62.
- Warude, D., Joshi, K., and Harsulkar, A. 2006. Polyunsaturated Fatty Acids: Biotechnology. *Critical Reviews in Biotechnology*, 26:83–93.
- Watanabe, T.R., Ogino, C., Koshiish, Y., Matsunag, T., 1974. Requirement of rainbow trout for essential fatty acids. *Bulletin of The Japanese Society of Scientific Fisheries*, 40:5, 493-499.
- Watanabe, T.R., 1982. Lipid nutrition in fish. *Comp. Biochem. Physiol. B.*, 73, 3-15.

- Wiegand, M. D., 1996. Utilization of yolk fatty acids by goldfish embryos and larvae. *Fish Physiology and Biochemistry*, 15(1), 21–27.
- Zheng, X., Tocher, D.R., Dickson, C.A., Bell, J.G., Teale, A.J. 2004. Effects of diets containing vegetable oil on expression of genes involved in highly unsaturated fatty acid biosynthesis in liver of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 236, 467–483.
- Zheng, X., Torstensen, B.E., Tocher, D.R., Dick, J.R., Henderson, R.J. and Bell, J.G. 2005. Environmental and dietary influences on highly unsaturated fatty acid biosynthesis and expression of fatty acyl desaturase and elongase genes in liver of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Biochimica et Biophysica Acta*, 1734, 13–24.

ÖZGEÇMİŞ

1977 yılında Erzurum'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Erzurum'da tamamladı. 1996 yılında girdiği Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölümü'nden 2000 yılında mezun oldu. 2003–2007 yılları arasında, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimini tamamladı. 2007 yılından beri Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda Doktora öğrenimine devam etmektedir.

Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde 2001 yılından beri Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.