



**KETENCİK TOHUMU YAĞI (*Camelina sativa*)’NİN
GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss*)’NDA
YAĞ ASİDİ BAĞLAYICI (*fabp*) PROTEİN GENLERİNİN
BAZI DOKULARDAKİ SPEŞİFİK DAĞILIMI VE YAĞ
ASİDİ KOMPOZİSYONUNA ETKİLERİ**

Sinem KEŞAN

Yüksek Lisans Tezi

Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı

Enzim ve Mikrobiyal Biyoteknoloji Bilim Dalı

Yrd. Doç. Dr. Mehtap BAYIR

2017

Her hakkı saklıdır

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KETENCİK TOHUMU YAĞI (*Camelina sativa*)’NİN GÖKKUŞAĞI
ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss*)’NDA YAĞ ASİDİ BAĞLAYICI
(*fabp*) PROTEİN GENLERİNİN BAZI
DOKULARDAKİ SPESİFİK DAĞILIMI VE YAĞ ASİDİ
KOMPOZİSYONUNA ETKİLERİ**

Sinem KEŞAN

TARIMSAL BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI
Enzim ve Mikrobiyal Biyoteknoloji Bilim Dalı

ERZURUM
2017

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

**KETENCİK TOHUMU YAĞI (*Camelina sativa*)'NİN GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI
(*Oncorhynchus mykiss*)'NDA YAĞ ASİDİ BAĞLAYICI (*fabp*) PROTEİN
GENLERİNİN KAS VE KARACİĞER DOKU SPESİFİK DAĞILIMI VE YAĞ ASİDİ
KOMPOZİSYONUNA ETKİLERİ**

Yrd. Doç. Dr. Mehtap BAYIR danışmanlığında, Sinem KEŞAN tarafından hazırlanan bu çalışma, 10/07/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı - Enzim ve Mikrobiyal Biyoteknoloji Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği / oy çokluğu (.../...)** ile kabul edilmiştir.

Başkan : **Doç. Dr. Neslihan DİKBİŞ**

İmza :

Üye : **Yrd. Doç. Dr. Mehtap BAYIR**

İmza :

Üye : **Yrd. Doç. Dr. Serkan ÖZTÜRK**

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu **13.07.2017** tarih ve **28.36** nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Cavit KAZAZ
Enstitü Müdürü

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

Yüksek Lisans Tezi

KETENCİK TOHUMU YAĞI (*Camelina sativa*)’NİN GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss*)’NDA YAĞ ASİDİ BAĞLAYICI (*fabp*) PROTEİN GENLERİNİN BAZI DOKULARDAKİ SPESİFİK DAĞILIMI VE YAĞ ASİDİ KOMPOZİSYONUNA ETKİLERİ

Sinem KEŞAN

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı
Enzim ve Mikrobiyal Biyoteknoloji Bilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mehtap BAYIR

Bu çalışmada; yağ kaynağı olarak farklı oranlarda ketencik tohumu yağı ilave edilen yemlerle beslenen gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)’nda yağ asidi bağlayıcı protein genlerinin (*fabp3*, *fabp6*) kas ve karaciğer doku spesifik dağılımı ve yağ asidi kompozisyonu incelenmiştir.

Çalışma sonucunda karaciğer dokusunda, Σ SFA(doymuş yağ asidi) miktarı %100 balık yağı grubunda ($31,5 \pm 2$) ve Σ MUFA(tekli doymamış yağ asidi) miktarı ($37,2 \pm 0,2$) ise en yüksek %33 ketencik tohumu yağı ile beslenen grupta bulunurken, Σ n-6 PUFA(çoklu doymamış yağ asidi)’da en yüksek %100 ketencik tohumu yağı ($15,2 \pm 0,3$) ile beslenen grupta bulunmuştur. Σ n-3 PUFA ve EPA+DHA(eikosapentaenoik+dokosaheksaenoik) en yüksek %67 ketencik tohumu yağı ile beslenen grupta sırayla $38,9 \pm 0,3$ ve $33,3 \pm 0,3$; Σ n-3/n-6 ise en yüksek %33 ketencik tohumu yağı grubunda $3,8 \pm 0,2$ olarak bulunmuştur. Kas dokusunda ise sırasıyla Σ SFA ($31,5 \pm 0,2$), Σ n-3/n-6 PUFA ($2,7 \pm 0,1$) ve EPA+DHA ($23,1 \pm 0,4$) en yüksek %100 balık yağı ile beslenen grupta bulunurken, Σ MUFA ($32,8 \pm 0,8$), %33 ketencik tohumu yağı ile beslenen grupta, Σ n-6 PUFA ($17,3 \pm 0,1$) ve Σ n-3 PUFA ($30,8 \pm 0,4$) ise %100 ketencik tohumu yağı ile beslenen grupta bulunmuştur. Yağ asidi metabolizmasında önemli rolleri bulunan *fabp3* ve *fabp6*’nın kas ve karaciğer doku ekspresyonları incelendiğinde; *fabp6* hem %100 balık yağı grubunda ($25,07 \pm 0,52$) hem de %100 ketencik tohumu yağı grubunda ($25,15 \pm 0,46$) en yüksek karaciğer dokusunda belirlenirken, *fabp3* %100 balık yağı grubunda ($24,46 \pm 0,67$) karaciğer dokusunda, %100 ketencik tohumu yağı grubunda ise ($23,76 \pm 1,81$) kas dokusunda belirlenmiştir.

Sonuç olarak; gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) diyetlerinde, ihtiyaç duyduğu yağ asitleri bakımından ketencik tohumu yağının yeterli olduğu ve yine dokulardaki yağ asidi bağlayıcı protein genlerinin (*fabp3*, *fabp6*) ekspresyonları incelendiğinde de yemlerinde balık yağına alternatif olarak ketencik tohumu yağının kullanılabilceği görülmüştür.

2017, 70 sayfa

Anahtar Kelimeler: gen ekspresyonu, qPCR, lipid metabolizması, gökkuşağı alabalığı

ABSTRACT

Master Thesis

THE EFFECT OF FEEDING WITH CAMELINE SEED OIL (*Camelina sativa*) ON FATTY ACID COMPOSITION AND TISSUE-SPECIFIC DISTRIBUTION OF FATTY ACID BINDING PROTEIN (FABP) GENES IN RAINBOW TROUT (*Oncorhynchus mykiss*)

Sinem KEŞAN

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Agricultural Biotechnology
Department of Enzyme and microbial Biotechnology

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mehtap BAYIR

The aim of this thesis is to determine tissue-specific distribution of fatty acid binding protein 3 (fabp3) and fatty acid binding protein 6 (fabp6) genes and fatty acid composition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) liver and muscle fed with cameline seed oil and fish oil.

As a result of the study, the highest Σ SFA amount was found in the 100% fish oil group ($31,5 \pm 2\%$) the highest Σ MUFA amount was found in the 33% cameline seed oil ($37,2 \pm 0,2\%$), the highest Σ n-6 PUFA was found in the 100% cameline seed oil ($15,2 \pm 0,3\%$) and the highest Σ n-3 PUFA and EPA + DHA were in the 67% cameline seed oil, respectively, with $38,9 \pm 0,3\%$ and $33,3 \pm 0,3\%$, respectively. However the highest Σ n-3 / n-6 was found in the 33% cameline seed oil group ($3,8 \pm 0,2\%$) in liver. The highest Σ SFA ($31,5 \pm 0,2\%$), Σ n-3 / n-6 PUFA ($2,7 \pm 0,1\%$) and EPA+DHA ($23,1 \pm 0,4$) amounts were found in the 100% fish oil group, respectively. Σ MUFA ($32,8 \pm 0,8\%$); Σ n-6 PUFA ($17,3 \pm 0,1\%$) and Σ n-3 PUFA $30,8 \pm 0,4\%$ were found in the group fed with 100% cameline seed oil group.

When muscle and liver tissue expressions of fabp3 and fabp6 which have important roles in fatty acid metabolism are examined, the highest fabp6 was found in liver both fish oil ($25,07 \pm 0,52$) and cameline seed oil group ($25,15 \pm 0,46$). The highest fabp3 value was determined in liver with $24,46 \pm 0,67$ in the fish oil group and in the ketencik seed group ($23,76 \pm 1,81$), it was determined in the muscles. The highest fabp3 was determined in the liver of the fish oil group ($24,46 \pm 0,67$) and in the muscle of the cameline seed oil group ($23,76 \pm 1,81$).

Finally, when the expression of the fatty acid binding protein genes (Fabp3, Fabp6) and fatty acid metabolism were examined, it has been observed that cameline seed oil can be use as an alternative to fish oil in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets.

2017, 70 pages

Keywords: gene expression, qPCR, lipid metabolism, rainbow trout

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın başlangıcından itibaren her aşamasında tecrübelerini benim ile paylaşan ve her alanda bana destek çıkan özgür ve düzeyli bir çalışma imkânı sunan danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Mehtap BAYIR'a, çalışmalarımın en başından beri her türlü desteği sağlayan bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım Sayın Doç. Dr. Abdulkadir BAYIR'a teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarım da desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen her zaman yanımda olan değerli çalışma arkadaşım; Sayın Merve UZUN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu süreç boyunca maddi ve manevi desteklerini hep yanımda hissettiğim ailemin tüm bireylerine gönülden teşekkür ederim.

Sinem KEŞAN

Haziran, 2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	12
3. MATERYAL ve METOT	21
3.1. Materyal.....	21
3.1.1. Araştırma yeri ve süresi.....	21
3.2. Metot.....	22
3.2.1. Denemede kullanılan yemlerin hazırlanması	22
3.2.2. Balıklardan doku örneklerinin alınması ve muhafazası	23
3.2.3. RNA izolasyonu	23
3.2.3.a. RNA'nın kantitatif tayini	24
3.2.3.b. RNA'nın kalitatif tayini.....	24
3.2.3.c. DNase uygulaması	25
3.2.3.d. Reverse transkripsiyon (RT-PCR).....	26
3.2.3.e. PCR ürünlerinin büyüklüklerinin kontrol edilmesi ve DNA dizilim analizleri	26
3.2.3.f. Real time PCR için standart hazırlama	27
3.2.3.g. Primer etkinliği belirleme	28
3.2.3.h. Real time PCR uygulamaları	28
3.2.3.i. Gen ekspresyonu hesaplamaları	29
3.2.4. Genlere spesifik primer dizaynı.....	29
3.2.5. Gökkuşuğu alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)'nin EST'leri	30
3.2.6. Fabp genlerinin dizilim hizalaması ve filogenetik analizi.....	31
3.2.7. Örneklerden yağın ekstrakte edilmesi ve miktarının belirlenmesi	33

3.2.8. Yağ asidi metil esterlerinin (FAME) hazırlanması.....	33
3.2.9. Yağ asitlerinin tayini	34
3.2.10. Gaz kromatografisi koşulları	34
3.2.11. Deney sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi	35
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	36
4.1. Yağ Asidi Kompozisyonuna İlişkin Sonuçlar	36
4.1.1. Karaciğer dokusunda SFA profillerine ilişkin sonuçlar	43
4.1.2. Karaciğer dokusunda MUFA profillerine ilişkin sonuçlar	43
4.1.3. Karaciğer dokusunda n–3 çoklu doymamış yağ asidi profillerine ilişkin sonuçlar	44
4.1.4. Karaciğer dokusunda n–6 çoklu doymamış yağ asidi profillerine ilişkin sonuçlar	45
4.1.5. Karaciğer dokusunda n–3/n–6 PUFA ve EPA+DHA değerleri	45
4.1.6. Kas dokusunda SFA profillerine ilişkin sonuçlar	46
4.1.7. Kas dokusunda MUFA profillerine ilişkin sonuçlar	47
4.1.8. Kas dokusunda n–3 çoklu doymamış yağ asidi profillerine ilişkin sonuçlar ...	48
4.1.9. Kas dokusunda n–6 çoklu doymamış yağ asidi profillerine ilişkin sonuçlar ...	48
4.1.10. Kas dokusunda n–3/n–6 PUFA ve EPA+DHA değerleri	49
4.2. Kas ve Karaciğer Dokularında Fabp6 mRNA Seviyesi	50
4.3. Kas ve Karaciğer Dokularında Fabp3 mRNA Seviyesi	51
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	53
5.1. Yağ Asidi Profillerine İlişkin Tartışma	53
5.1.1. SFA profillerine ilişkin tartışma	55
5.1.2. MUFA profillerine ilişkin tartışma	56
5.1.3. n–3 çoklu doymamış yağ asidi profillerine ilişkin tartışma	57
5.1.4. n–6 çoklu doymamış yağ asidi profillerine ilişkin tartışma	58
5.1.5. n–3/n–6 PUFA ve EPA+DHA değerlerine ilişkin tartışma	59
5.1.6. Kas ve karaciğer dokularında Fabp3, Fabp6 mRNA seviyesine ilişkin tartışma	61
5.2. Genel Sonuçlar ve Öneriler	63
KAYNAKLAR	65
ÖZGEÇMİŞ	71

SİMGELER DİZİNİ

%	Yüzde
°C	Santigrat Derece
µg	Mikrogram
µL	Mikrolitre
µm	Mikrometre
µM	Mikromolar
♀	Erkek
♂	Dişi
A260	260 dalga boyu
A280	280 dalga boyu
bç	Baz Çifti
cDNA	Komplementer Deoksiribonükleik Asit
cm	Santimetre
Cu	Bakır
ddH ₂ O	Deiyonize Distile Su
DEPC	Dietil Pirokarbonat
DHA	Dokosaheksaenoik Asit
dk	Dakika
DNA	Deoksiribonükleik Asit
EDTA	Etilendiamintetraasetik Asit
EPA	Eikosapentaenoik Asit
Fabps	Yağ asidi bağlayıcı protein
Fe	Demir
GC	Gaz Kromatografisi
gr	Gram
HUFA	Yüksek Doymamış Yağ Asidi
K	Potasyum
kg	Kilogram
LA	Linoleik Asit

LCN1	Lipokalin1
lt	Litre
Mg	Magnezyum
mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
Mn	Mangan
mRNA	Mesajcı / Haberci Ribonükleik Asit
MUFA	Tekli Doymamış Yağ Asidi
ng	Nanogram
nm	Nanometre
NO	Nitrik oksit
O ₂	Oksijen
PCR	Polimeraz Zincir Reaksiyonu
PUFA	Çoklu Doymamış Yağ Asidi
RNA	Ribonükleik Asit
rpm	1 Dakikadaki Rotor Devir Sayısı
rRNA	Ribozomal Ribonükleik Asit
RT-PCR	Reverse Transkriptaz Polimeraz Zincir Reaksiyonu
SFA	Doymuş Yağ Asidi
UV	Ultraviyole
V	Volt

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Gökkuşığı alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).....	3
Şekil 1.2. Bir yağ asidinin genel formülü	7
Şekil 1.3. Linolenik ve linoleik yağ asidinin kimyasal formülü	8
Şekil 1.4. Fabp genlerinin 3 boyutlu yapısı	11
Şekil 4.1. Balık yağı ve ketencik tohumu yağı içeren yemlerle beslenen gökkuşığı alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)'nın kas ve karaciğer dokusunda fabp6 ve fabp3 mRNA seviyesi.....	52
Şekil 5.1. Doymuş ve doymamış yağ asitleri kompozisyonu bakımından ketencik ve diğer bazı yağ bitkilerinin karşılaştırılması	54

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Ketencik tohumu kimyasal kompozisyonu.....	4
Çizelge 1.2. Bazı önemli doymamış yağ asitleri.....	9
Çizelge 1.3. Bazı önemli doymuş yağ asitleri.....	9
Çizelge 3.1. Balık yağı ve ketencik tohumu yağı hazırlanan yemlerin yağ asidi kompozisyonu	21
Çizelge 3.2. Primerlerin 5' → 3' dizilimleri	30
Çizelge 3.3. Gökkuşaağı alabalığı EST'leri.	31
Çizelge 4.1. Kas dokusunda %100 balık yağı ve %100 ketencik tohumu yağı deneme sonu yağ asidi kompozisyonu.....	37
Çizelge 4.2. Karaciğer dokusunda %100 balık yağı ve %100 ketencik tohumu deneme sonu yağ asidi kompozisyonu.....	38
Çizelge 4.3. Kas dokusunda %67 balık yağı ve %67 ketencik tohumu yağı deneme sonu yağ asidi kompozisyonu	39
Çizelge 4.4. Karaciğer dokusunda %67 balık yağı ve %67 ketencik tohumu yağı deneme sonu yağ asidi kompozisyonu.....	40
Çizelge 4.5. Kas dokusunda %33 balık yağı ve %33 ketencik tohumu yağı deneme sonu yağ asidi kompozisyonu	41
Çizelge 4.6. Karaciğer dokusunda %33 balık yağı ve %33 ketencik tohumu yağı deneme sonu yağ asidi kompozisyonu.....	42

1. GİRİŞ

Son yıllarda moleküler genetik alanındaki gelişmeler doğrultusunda, besin öğelerine yönelik tanıma çalışmaları ve beslenme bilincinin gelişmesiyle nutrigenomik bilimi, tartışılmaya açık ve ilgi çeken bir bilim dalı haline gelmiştir. Beslenme ile genetik yapı arasındaki ilişkilerin anlaşılması hayvan yetiştiriciliğinde maliyetin önemli bir kısmını kapsayan yemlerin öneminin kavranmasını ve hayvan besleme konusunda yeni besleme alternatiflerinin oluşturulmasını teşvik etmiştir. Genomik, proteomik, transkriptomik ve biyoinformatik teknolojilerindeki gelişmeler hayvanların beslenmesinde bu ilişkilerin temelinde yatan mekanizmaların daha iyi anlaşılmasını sağlamıştır. Bu teknolojiler sayesinde, daha dengeli rasyonlar hazırlanarak, ileride daha sağlıklı, ekonomik hayvansal ürünler geliştirmek ve hastalık risklerini azaltmak mümkün olabilecektir (İpçak vd 2015).

Biyoinformatik, milyonlarca nükleotidin depolanması ve organizasyonu için veri tabanlarının oluşturulması, araştırmacıların bu bilgilere ulaşabilmeleri ve yeni veriler girebilmeleri için kullanılacak ilk aşamadır. Biyoinformatik programları; protein dizi çalışmaları, DNA dizileme çalışmaları, biyolojik bilginin paylaşımının kolaylaştırılması, makromoleküllerin yapılarının üç boyutlu dizilimleri, etkileşimde bulunan gen ürünleri için veritabanları oluşturulması, küçük moleküllerin ligandlarla ilişkilerinin araştırılması, bilgisayar ile otomize edilmiş veri analizi, biyolojik faaliyet süreçlerinin simülasyonu ve genom projeleri gibi önemli proje sonuçlarının değerlendirilmesinde, protein yapı ve fonksiyonunun belirlenmesi, karmaşık genetik fonksiyon veya regülasyonun tanımlanması, çeşitli biyolojik fonksiyonların teşvik edilmesinde veya baskılanmasında görevli moleküllerin üretilmesi veya tasarlanmasının yanı sıra genetik faktörlerin hastalık yatkınlığına etkilerini ortaya çıkarmak gibi biyolojik çalışmalarda kullanılmaktadır (Anonim 2007).

Gairdner tarafından *Salmo gairdneri* olarak isimlendirilen gökkuşağı alabalığı, “American Fisheries Society” tarafından 1989’da bir Pasifik salmon türü olan *Oncorhynchus mykiss* olarak isimlendirilmiştir (Akıncı ve Şanal 2009).

Gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) ilk kaynak alabalığı (*Salvelinus fontinalis Mitchill*) ile hemen hemen aynı yıllarda yaklaşık 120 yıl önce Kuzey Amerika'dan Avrupa'ya getirilmiş olup, kültür koşullarına uygunluğu gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yetiştiriciliği hızlı bir artış göstermiş ve günümüzde bir endüstri haline gelmiştir. Son on yılda, dünyada su ürünleri yetiştiriciliği en hızlı büyüyen gıda üreten sektördür. 2012 yılında dünya genelinde su ürünleri yetiştiriciliği, 2011 yılına göre (62,0 milyon ton) %6,5 artışla 66,6 milyon tona ulaşmıştır. Gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nın Türkiye'de yetiştiriciliği ise 1970'li yıllarda kamu ve özel girişimciler tarafından başlatılmıştır. Su Ürünleri İstatistiklerine göre ülkemizde, 2014 yılı gökkuşığı alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) üretim miktarı 107 533,0 ton olarak belirlenmiştir (FAO 2014). Gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nın yetiştiriciliğe uygun özellikleri arasında, çevre koşullarına adaptasyonunun çok iyi olması, özellikle yüksek sıcaklıklara oransal olarak dayanıklı olması, aktif yem almasında problem olmaması dolayısıyla yemlenmesinin kolay olması ve buna bağlı olarak hem yem değerlendirme oranının hem de büyüme oranının iyi olması, 1 yılda 250-300 gram ortalama ağırlığa ulaşabilmesi gibi özellikleri sayılabilir. Daha yüksek ilkbahar sıcaklığında dere alabalığı (*Salmo trutta f. fario Linnaeus*) ve kaynak alabalığı (*Salvelinus fontinalis Mitchill*) gibi diğer alabalık türlerine göre daha kısa süreli kuluçka dönemine sahip olması, kolay kültüre alınması, deney manipülasyonlarına uygun olması gibi nedenlerle gerek moleküler çalışmalarda gerekse akvakültür çalışmalarda en çok tercih edilen balıklar arasında yer almaktadır (Steffens 1981). Gökkuşığı alabalığı yetiştiriciliğinde optimum su sıcaklığı 12-18°C, optimum pH değeri ise 6,5-8,5 arasındadır (Akıncı ve Şanal 2009). Ülkemiz, gökkuşığı alabalığının yetiştiriciliği için önemli bir potansiyele sahiptir. Gökkuşığı alabalığı yetiştiriciliği çevre, üretim, işleme teknolojisi, pazarlama dörtgeni içinde birbirini takip edecek şekilde de ele alınmalı ve bu çerçevede yetiştiricilik teşvik edilmeli, üretilen balıkların işlenerek ürün yelpazesi arttırılmalı ve böylece tüketim açısından daha fazla kitleye hitap etmesi ve ulaşması sağlanmalıdır.



Şekil 1.1. Gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) (Akıncı 2009; Yıldız 2010)

Ketencik, Capparales (*Brassicales*) takımı, Brassicaceae (*Cruciferae*) familyası, *Camelina* cinsi içinde yer almaktadır. Ketencik tohumu, diğer kültür bitkilerinin birçoğunun yetiştirilemediği kuru alanlarda, yüksek rakımda ve zayıf topraklarda rahatlıkla yetiştirilebilmektedir. Nadas döneminin yarı kurak alanlarında başarı potansiyeli olduğundan, nadas alanlarını daraltmada kullanabileceğimiz alternatif bir yağ bitkisi olup minimum girdi ihtiyacına sahip olması ve potansiyel pazarının oldukça geniş olması nedeniyle ekonomik olarak çok önemli bir bitkisel yağ kaynağıdır. Ketencik tohumu, yapısında %38,9 yağ, %30 α -linolenik asit (18:3 n-3, omega-3 yağ kaynağı olarak), %25,8 ham protein bulunmaktadır. Ketencik tohumunun yağ oranı bitkinin yazlık çeşitlerinde %42, kışlık çeşitlerinde ise %45 civarındadır (Zubr 1997; Kurt ve Seyis 2008). Katar vd (2012), farklı ekim zamanlarının ketencik (*Camelina sativa*) bitkisinin yağ oranı ve bileşimi üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmalarında ekim zamanlarına bağlı olarak yağ veriminin %0,32-129,78 kg/da ve yağ oranının da %20,57-39,47 kg/da arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Protein ve selüloz, ketencik tohumunun en önemli besinsel parametrelerindendir. Yüksek yağ içeriği, omega-3 yağ asidi içermesi ve ham protein içeriğinden dolayı hayvan yemlerine de katıldığı bildirilmektedir (Cherian 2012). Güçlü bir antioksidan olan ketencik tohumu %25,83-28,21 mg/100 g vitamin E içermekte olup, ham selüloz içeriği ise %11,06-15,24 arasında değer almaktadır (Toncea *et al.* 2013; Ayaşan 2014). Ketencik üretimi ülkemizde yapılmamakla beraber

Almanya’da ekim alanı 1993 yılında 95 ha iken, 1994 yılında 138 ha, 1995 yılında 66 ha ve de 1996 yılında 17 ha olup yıllara göre inişli çıkışlı bir durum takip etmiştir. Ekim alanı ve üretim bakımından her ne kadar da dünya istatistiki verileri içerisinde yer bulamasa da 2013 yılı içerisinde Türk firmaları tarafından Rusya ve Ukrayna’dan çok miktarda ketencik ürünü ithal edilmiş ve işlenerek iç piyasaya sürülmüştür (Önder, 2013). Yazlık ve tek yıllık bir yağ bitkisi olan ketencik (*Camelina sativa* (L.) Crantz) bitkisi yazlık olmakla birlikte sert kışlara dayanıklı tipleri de olan bir kültür bitkisi olup; günümüzde özellikle de Romanya’da ekimi yapılmaktadır. M.S. 1000’li yıllarda Türk illerinde “Mayıh, Mayec” ismi ile anılan ketencik, günümüzde “Yalancı Keten”, “Alman Susamı”, “Sibiryaya Yağlı Tohumu” gibi değişik isimlerle de adlandırılmaktadır (Koç ve Önder, 2012). Ketencik bitkisinin, biodizel kaynağı olarak son yıllarda önemini artırmakta olup, mısır ve diğer yağlı bitkilere olan yüksek talep düşünüldüğünde, protein ve yüksek enerji içeren alternatif yem kaynağı olarak kullanılması, biodizel üretim maliyetini azaltmaktadır (Ayaşan 2014).

Çizelge 1.1.Ketencik tohumu kimyasal kompozisyonu (Toncea *et al.* 2013; Ayaşan 2014)

Kimyasal kompozisyon	%
Protein, %	18,87-21,97
Yağ, %	30,10-49,70
Ham selüloz, %	11,06-15,24
Kül, %	4,25-5,24
Kalsiyum, %	0,18
Fosfor, %	0,53
Bakır, %	0,49
Mangan, %	1,39
Demir, %	4,47
Çinko, %	2,56
Vitamin E, mg/100 mg	25,83-28,21
Vitamin B ₁ , mg/100 mg	0,20
Vitamin B ₂ , mg/100 mg	0,55

Diğer yağ bitkileriyle kıyaslandığında ketencik tohumu, balık yemlerinde yaygın olarak kullanılan aspir ve soya'dan daha yüksek oranda yağ ihtiva etmektedir (Kurt ve Seyis 2008).

Bitkisel yağlar EPA ve DHA gibi linolenik HUFA'lar bakımından fakir, ancak 18 karbonlu PUFA'lardan, özellikle linoleik asit, linolenik asit ve oleik asit bakımından zengindirler (Ganga *et al.* 2011). Bitkisel yağların balık yemleri üretiminde alternatif yağ kaynağı olarak ticari yemlerde kullanımı düşünülmektedir. Alabalıklarda çeşitli bitkisel yağların denendiği pek çok çalışma yapılmış ve bu yağların balıklarda iyi büyüme sağladığı ancak vücut yağ kompozisyonunda büyük değişiklikler meydana getirdiği tespit edilmiştir (Torstensen *et al.* 2000; Bell *et al.* 2001, 2003; Grisdale-Helland *et al.* 2002; Berge *et al.* 2009).

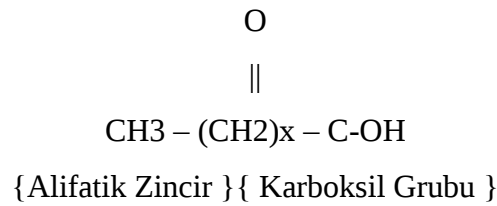
Günümüzde gerek doğal stokların tükenmesi gerekse aşırı avcılık nedeniyle su ürünleri yetiştiriciliğine olan talep gittikçe artmaktadır. Ülkemizde de 1970'li yıllarda başlayan kültür balıkçılığı uygulamalarında, hızlı bir gelişme kaydedilmiştir. Kültür balıkçılığı, sucul organizmaların insan gıda tüketiminde kullanılmasına yönelik yapılan çalışmaların başında gelmektedir. Buna rağmen henüz gelişmiş ülkelerdeki yetiştiricilik potansiyeline ulaşamamıştır. Dolayısıyla bu konuda yapılacak çalışmaların önemi ve gereği ciddi bir ihtiyaç olarak ortaya çıkmaktadır (Yavuzcan vd 2010; Vural 2015). Kültür balıkçılığının en yüksek girdisini %65-70 oranında balık yemi oluşturmaktadır. Balık unu yüksek düzeyde protein içermesi ve dengeli amino asit kompozisyonuna sahip olması nedeniyle balık yemleri için vazgeçilmez bir protein kaynağıdır. Balık yağı ise linolenik yağ asitleri bakımından balık yemleri için mükemmel bir yağ kaynağıdır ve yalnızca balık yemlerinde değil, insan tüketimi ve karasal hayvan yemlerinde de kullanılmasından dolayı, yem üretim maliyetlerinde önemli artışlara yol açıp, dünya genelinde avcılık baskısının da artışını birlikte getirmiştir. 2012 yılında balık yem sanayisinde kullanıldığı tahmin edilen balık yağının miktarı (340 bin ton) dünyadaki toplam balık yağı üretiminin %80-90'ını bulduğu tahmin edilmektedir (Seafish 2012). Dolayısıyla balık yetiştiriciliğinin hızla gelişmesi, balık çiftliklerinin yılda %10 civarında artması, su ürünleri yetiştiriciliğinde

yemlerin temel içeriği olan balık unu ve yağının yemler için yetersiz kalacağı düşünülmekte olup, alternatif yağ kaynakları arayışına olan talebin artmasına neden olmaktadır (Olsen *et al.* 2003). Yapılan çalışmalar genellikle balık yemi endüstrisinde balık yağı ve ununa ikame olarak kullanılabilecek; balık yağı üretimi bakımından dengeli ve daha ucuz bitkisel yağ kaynakları kullanılmakta olup farklı yağ ve protein kaynaklarının araştırılması yapılmıştır. Bitkisel kaynaklı yağlarla yapılan çalışmalar, kısmen veya tamamen balık yağının yerine balıkların büyüme performansını olumsuz yönde etkilemeden, yetiştiriciliği yapılacak türün yağ asidi ihtiyacını karşılayabilecek alternatif yağ kaynaklarının kullanılabileceğini göstermektedir (Dernekbaşı ve Karayücel 2010).

Bu yağ kaynakları balık yağı ile karşılaştırıldığında, son yıllarda dünya genelinde üretim hacmi olarak balık yağı üretiminden daha fazla, temini kolay ve fiyat bakımından daha ekonomik durumdadır (Izquierdo *et al.* 2003; Turchini *et al.* 2009).

Karbonhidrat, protein ve yağlar yaşayan organizmanın varlığını sürdürebilmesi için en önemli yapı taşı ve enerji kaynaklarıdır. Yağlar, insan ve hayvan diyetlerinde önemli yer tutan temel bileşendir; birim ağırlıkta en yüksek enerjiyi verir ve enerji depolamak için çok uygundur. Genel olarak suda çözünmeyen ancak eter, benzen, kloroform gibi organik çözücülerde çözünebilir değişik yapıları bileşikler yağ veya lipit adı altında toplanmaktadır (Özdemir ve Denktaş 2003; Bayır 2011). Yağda eriyen vitaminlerin kaynağı ve taşıyıcısıdır. Özellikle fosfolipitler ve sterin esterleri biyolojik membranların yapı taşlarıdır. Balık rasyonlarına iyi bir tat ve tekstür katarlar. Hormon tabiatlı yağlar fizyolojik olayların düzenlenmesinde önemli rol üstlenirler. Depo yağlar destek görevi yapar, koruyucudur ve izolasyon özelliği vardır (Çetinkaya 1995 ve Bayır 2011). Doğada yaklaşık olarak 100 den daha fazla yağ asidinin bulunduğu bilinmektedir. Yağ asitlerinin fiziksel, kimyasal ve beslenme özellikleri; molekülündeki karbon atomu sayısı, karbon atomlarının arasındaki çift bağ sayısı ve karbon atomlarının pozisyonu ile belirlenmektedir (Mengi 1991; Güler 2008). Yağ asitleri; hidrokarbon zincirinde karbon sayısı, karbon atomları arasında çift bağ bulunup bulunmaması, çift bağ varsa yeri ve sayısı gibi özellikler bakımından

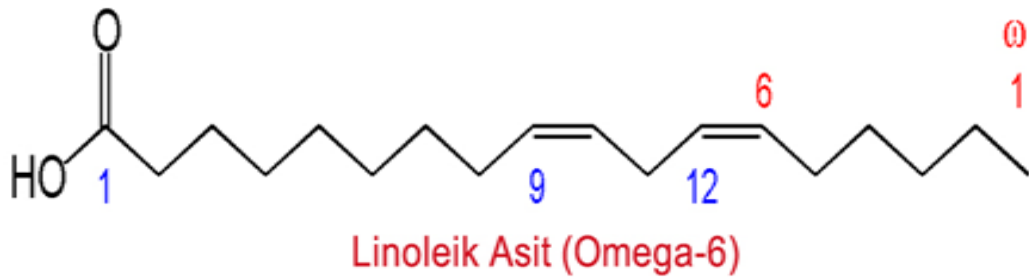
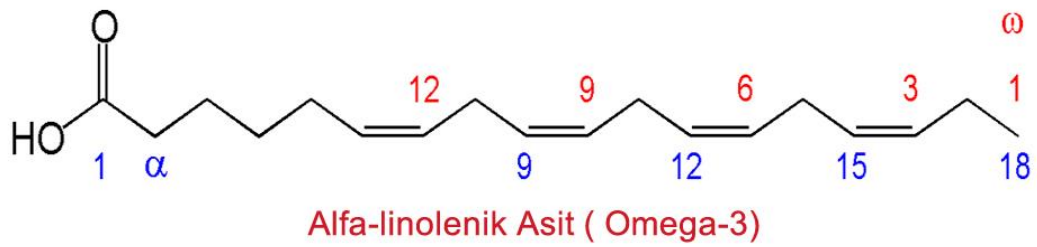
birbirinden ayrılırlar (Baydar 2000; Bayır 2011). Önemli olan çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) dir. Kimyasal yapılarına göre linolenik yağ asitleri, linoleik yağ asitleri, oleik yağ asitleri olarak sınıflandırılırlar. Bunlar ayrıca omega yağ asitleri olarak da adlandırılırlar. Gösterimde rakam C- atomunun ilk çift bağa göre pozisyonunu belirler (n-3;3.C- atomu ilk çift bağa sahiptir demektir.) (Korkut vd 2007). İhtiyaç duyulan ve vücutta sentezleyemeyen yağ asitlerine esansiyel yağ asitleri (EFA- Essential Fatty Acids) adı verilmektedir. Yapılan çalışmalarda linolenik, linoleik ve araşidonik yağ asitlerinin balıklar için esansiyel olduğu anlaşılrken, sonraki yıllarda bütün doymamış yağ asitlerinin esansiyel olduğu iddia edilmiştir (Halver and Hardy 2002). Balıklar özellikle linoleik ve linolenik grubu yağ asitlerini sentezleme yetenekleri olmadığından bu yağ asitlerinin balıklar için esansiyel yağ asitleri olduğu ve yemlerle birlikte alınması gerektiği görüşüne varılmıştır. Genelde soğuk su balıkları çoklu doymamış yağ asitlerinden linoleik yağ asidi serisine, ılık su balıkları ise hem linoleik hem de linolenik serisine ihtiyaç duymaktadırlar. Esansiyel yağ asitlerini yeterince ihtiva eden balık yemleri özellikle dişi balıkların üreme öncesi gelişiminde, yumurta üretiminde ve balık gelişiminin erken safhalarında kullanılmaları büyük önem teşkil etmekle beraber eksikliklerinde embriyoda bozukluklara, yumurtadan çıkış oranının düşmesine sebep olabilmektedir (Çetinkaya 1995; Bayır 2011).



Şekil 1.2. Bir yağ asidinin genel formülü

Doymamış yağ asitlerindeki çift bağlar tıpkı hidrojen gibi halojenlerle de doyurulabilir. Bu şekilde harcanan halojenlerden o yağın bünyesindeki doymamış yağ asitlerinin sayıları da bulunabilmektedir (Çetinkaya 1995). Tekli, çiftli ve çoklu doymamış yağ asitleri bulunmaktadır. Linolenik (18:3n-3) çoklu doymamış yağ asidi, linoleik (18:2n-6) ikili doymamış yağ asidi, oleik (18:1n-9) tekli doymamış yağ

asidine örneklerindendir. Molekül dizilişlerinde karbon atomları arasında çeşitli sayılarda çift bağ içermektedirler. Yağ asitlerinin sahip olduğu karbon zincirleri farklı uzunluk, sayı ve bağ ihtiva ederler. Bunlardan bir çift bağı bulunanlar tekli doymamış yağ asitleri olarak adlandırılırlar. Molekül dizilişinde karbon atomu sayısı 18-20 arasında ve 2-4 adet çift bağa sahip olan yağ asitlerine çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA), 20'den fazla karbon atomuna sahip olan yağ asitlerine ise aşırı doymamış yağ asitleri (HUFA) adı verilmektedir. Çift bağın pozisyonu, zincir uzunluğu, sayısı ve yağın biyolojik özelliklerini belirlemektedir (Halver 1972; Mengi 1991; Gözükara 1997). Çoklu doymamış yağ asitlerinden linoleik (n-6) ve linolenik (n-3) yağ asitleri esansiyel yağ asitleridir. Linoleikler birçok linoleik serisindeki yağ asitlerini üretme fonksiyonuna sahiptir. Linolenikler eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosahekzaenoik asit (DHA)'lerin sentezlenmesinde görev alırlar (Sargent *et al.* 1999; Menoyo *et al.* 2007; Güler 2008; Bayır 2011).



Şekil 1.3. Linolenik ve linoleik yağ asidinin kimyasal formülü

Çizelge 1.2. Bazı önemli doymamış yağ asitleri (Christie 1989 ve Bayır 2011)

Karbon No	Yağ Asitleri	Yaygın İsimleri
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-9)	<i>cis</i> -11-eicosenoic	Gondoik asit
22:1(n-9)	<i>cis</i> -13-docosenoic	Erucic
18:2(n-6)	9,12-octadecadienoic	Linoleik asit
18:3(n-3)	6,9,12-octadecatrienoic	Linolenik asit
20:4(n-6)	5,8,11,14-eicosatetraenoic arachidonic	Araşidonik asit
20:5(n-3)	5,8,11,14,17- eicosapentaenoic	EPA
22:5(n-3)	7,10,13,16,19-docosapentaenoic	-
22:6(n-3)	4,7,10,13,16,19-docosahexaenoic	DHA

Doymuş yağ asitleri $C_nH_{2n}O_2$ formülü ile gösterilebilirler ve doymuş yağ asitlerince zengin yağlar yüksek erime sıcaklığına sahiptirler (Aksoy 2000).

Çizelge 1.3. Bazı önemli doymuş yağ asitleri (Aksoy 2000; Bayır 2011)

Karbon No	Yağ Asitleri	Yaygın İsimleri
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

Hücrelere yağ asidi taşınımı kompleks ve dinamik bir işlemdir ve hücrel fonksiyonlar üzerinde etkilidir. Yağ asitleri, enerji kaynağı ve metabolik düzenlemeler için sinyal niteliğindedir ve "Yağ asidi bağlayıcı proteinler" (FABP) denen bir aracı vasıtasıyla taşınırlar (Hotamisligil 2006). Yağ asidi bağlayıcı protein (FABP)'ler

hemen hemen bütün memeli hücrelerinde çok miktarda eksprese edilen 14-15 kilodaltonluk sitoplazmik proteinlerdir ve tersinir olarak hidrofobik ligand'lara bağlanıp, doymuş ve doymamış uzun-zincir yağ asitleri, eikazonoidlere ve diğer lipitlere yüksek afinite ile bağlanırlar (Saltiel 2001). FABP'ler hücrelerde lipit cevabını düzenler, metabolik ve enflamatuar yollarla ilişkilidir. Eikazonoidler, doymuş ve doymamış uzun zincirli yağ asitleri gibi hidrofobik ligandlara yüksek afinite ile bağlanırlar. Hücrede spesifik kompartmanlara lipit transportunda rol oynarlar. Bazı fabp transkriptleri birçok dokuda yaygın olarak bulunurken, diğerleri bir veya birkaç dokuyla sınırlıdır. Bitkisel yağın yüksek besin lipit yükleri ile birlikte bir diyet takviyesi olarak artan kullanımı, ekonomik açıdan önemli su ürünleri yetiştiriciliğinde lipit taşınımı, metabolizması ve depolama mekanizmalarını zorlamaktadır. Yağ asidi metabolizmasında son derecede aktif olan dokularda bulunan yağ asidi-bağlayıcı proteinler (FABP), lipit alımı ve taşınması ile genel lipit homeostazına katılırlar. Yağ asidi bağlayan proteinler (FABP) hücre içi lipit bağlayıcı proteinlerin (iLBP'ler) geniş multigen ailesine aittir. Bu korunmuş multigen ailedeki diğer üyeler, hücrel retinol asidi-bağlayıcı proteinler ve hücrel retinoik asit-bağlayıcı proteinlerdir. FABP elemanları diğerlerinden farklı olarak ligandlarını difüzyon aracılı transfer mekanizmasıyla alır (Storch 2008). L-FABP'in düşük ve yüksek afiniteli iki bağlanma bölgesiyle aynı anda iki ligand bağlayabilmesidir. Başlangıçtaki FABP'ler, başlangıç doku izolasyonuna, örneğin kalp tipi yağ asidi bağlayıcı protein (H-FABP), beyin tipi yağ asidi-bağlayıcı proteini (B-FABP) gibi her bir FABP tek bir doku için spesifik olmadığından ve bir çok FABP, örtüşen doku dağılımı modellerini gösterdiğinden dolayı bu isimlendirmenin karışık olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle, burada her Fabp geninin, keşfedildikleri sıraya yaklaşık olarak bir Arap numarası verildiği, örneğin FABP3 (kalp tipi), FABP7 (beyin türü) gibi adlandırılması kullanılmaktadır. Çok odaklı FABP ailesi, yaklaşık 230-400 milyon yıl önce teleost balık soyunun başında bütün genom duplikasyonu (WGD) teleost balıklarında zenginleştirilmiştir. Teleosta özgü bütün genom duplikasyonu vasıtasıyla ortaya çıkan çoğaltılmış fabp genlerine "a" ve "b" son ekleri, örneğin fabp7a ve fabp7b verilir (Bayır *et al.* 2015).

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Koncius and Karcauskiene (2010), ketencik tohumu yağı üzerine yaptıkları araştırmada bitkinin yağ oranının %25-48 arasında değiştiğini, ancak bu bitkinin yüksek adaptasyon yeteneğinin iyi olması nedeniyle farklı çevrelerde ve hem yazlık hemde kışlık olarak yetiştirilebildiğini, dolayısıyla içerdiği yağ oranının bu sebeplerden ötürü değişiklikler gösterdiğini bildirmişlerdir.

Ketencik (*camelina*) tohumu yağının en önemli özelliği omega-3 (linolenik) yağ asitleri yönünden zengin oluşudur. Ketencik bitkisinin yağ asidi kompozisyonu üzerinde yapılan araştırmalarda, %18,0-25,0 linoleik asit, %15,0-20,0 oleik asit, %12,0-15,0 ekosenoik asit, %0,0-4,0 erusik asit ve %27,0-35,0 linolenik asit bulunduğu bildirilmiştir (Budin *et al.* 1995).

Ketencik bitkisi, tanelerindeki yağda %12 civarında doymuş yağ asidi mevcut iken, %88 civarında da doymamış yağ asidi olan bir bitkidir. Diğer omega-3 kaynaklarına (örneğin keten yağı) göre avantajı ısıya ve ışığa karşı çok daha dayanıklı olması ve nakliye-depolamada soğuk zincir gerektirmemesidir. Bu da, antioksidan işlevi gören alfa ve gama tokoferollerin (E vitamini kaynakları) yüksek oranda bulunmasına bağlanır. Dumanlaşma derecesi de yüksek bulunmuştur. Ketencik tohumu yağı balık yağı üretimi bakımından daha ucuz ve daha dengeli bir alternatif olarak kullanılmıştır. Kültür balıkçılığının temel hedefi ucuz maliyetle dengeli verim artışı olması dolayısıyla yemlerdeki esansiyel yağ asitleriyle bu dengeyi elde etmeleri mümkün kılınmıştır (Angelini *et al.* 1997).

Diyet protein kaynağı ve beslenme rejiminin yağ asidi profili ve gökkuşağı alabalıklarındaki fileto kalite özellikleri üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada deneme diyetleri olarak sırasıyla bakteriyel protein, bezelye protein konsantresi, bunların karışımı ve balık unu ile hazırlanmış izoproteik ve izoenerjetik olarak formüle edilmiştir. Çalışma sonucunda dorsal kas yağ asidi profilleri arasında istatistiksel

olarak farklılıkların olduğu ve oleik asit, linoleik asit, alfa-linolenik ve dokosaheksaenoik asit içeriğinin diyetten olumlu yönde etkilendiği tespit edilmiştir (Gai *et al.* 2016).

Spirulina platensis içeren diyetlerle beslenen gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nın besin madde kompozisyonu, yağ asidi profili ve lipit peroksidasyonu üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmada; *S. platensis* ilavesinin, kas nem oranı ve protein içeriğini değiştirmediği tespit edilirken, diyetlerinde 50 ve 100 g kg⁻¹ *S. platensis* bulunan yemlerle beslenen balıkların kas lipit içeriğinin önemli derecede düştüğü (P <0,05) belirlenmiştir. 100 g kg⁻¹ *S. platensis* ile beslenen balıklar, daha düşük oranda doymuş ve tekli doymamış yağ asidi içerirken çoklu doymamış yağ asidi yüzdelерinin kontrol diyetine göre daha yüksek seviyede olduğu belirlenmiştir (Teimouri *et al.* 2015).

Aksakal *et al.* (2011), gökkuşağı alabalığı (*Onchorhynchus mykiss*) ile yaptıkları stok yoğunluğu çalışmasında 15, 20, 25, 30 kg/m³ stoklarını denemişler ve çalışma sonunda stok yoğunluklarının stres geni (HSP 70) üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda optimum değerin üzerinde balık stoklanması durumunda balıkların strese girdiğini ve stres geninin mRNA ekspresyonunda artışa neden olduğunu bildirmişlerdir.

Henderson *et al.* (1992), n-3 PUFA yağ asitlerinin balıklarda bazı hastalıklara karşı mukavemeti artırması dolayısıyla n-3 PUFA içeriği yüksek olan yemlerle beslenen salmonların bağışıklık sistemlerinin daha güçlü olduğunu bildirmiştir.

Luo *et al.* (2009), özellikle amino asit ve yağ asidi değişikliği üzerine çalışılan yavru kanal yayın balığının (*Ictalurus punctatus*) vücut ağırlığı ve vücut kompozisyonundaki yağ asidini incelemişlerdir. Büyüme ile kas dokusundaki Σ MUFA ve n-6 PUFA azalmış fakat Σ SFA, n-3 PUFA ve de n-3/n-6 PUFA oranı artmıştır. Bunun aksine karaciğerde Σ MUFA nispeten artarken n-3 yağ asitleri içeriği ve n-3/n-6 yağ asitleri

oranı azalmıştır. Bu verilere dayanarak yağlar ve glikojenin karaciğerde enerji kaynağı olarak çok önemli seviyelerde katabolize edildikleri sonucuna varılmıştır.

Jezierska *et al.* (2006), gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)’nda yağ asidi değerlerini incelemiştir. Araştırmada karaciğerde MUFA miktarı azalmış, PUFA miktarı ise sabit kalmıştır. Bu değişimlerin bir sonucu olan nispi yağ asidi bileşimi U/S (doymamış yağ asitlerinin doymuş yağ asitlerine oranı) oranı karaciğerde yükselirken kaslarda azalmıştır.

Dave *et al.* (1976), Avrupa yılan balıklarının (*Anguilliformes*) kas ve karaciğerdeki yağ asidi miktarlarındaki değişimleri incelemiştir. Miristik asit (14:0) karaciğerde ve kasta azalırken palmitoleik asit (16:1 n-7), oleik asit (18:1 n-9), gondoik asit (20:1 n-9), araşidonik asit (20:4 n-6), EPA ve dokosapentaenoik asit (DPA 22:5 n3) karaciğerde arttığını bildirmişlerdir.

Tek başına EPA ve DHA içeren genetik olarak modifiye edilmiş ketencik tohumundan elde edilen iki n-3 çoklu doymamış yağ asitleri kaynağı, yavru çipura (*Sparus aurata*) cinsi balık yağı ve ketencik tohumu yağı ile karşılaştırılmıştır. EPA ile beslenen balıkların nihai ağırlığı (117g) balık yağı, EPA ve DHA ile beslenen balıkların (sırasıyla 130 ve 127g) nispeten daha düşük olmasına rağmen, ne EPA ne de DHA’nın balık performansı üzerinde herhangi bir zararının olmadığı tespit edilmiştir. Genetik modifiye türevi yağların diyetle dahil edilmesi, diyet yağ asitlerinin birikimine işaret eden sınırlı biyosentez gözlemlenmesine neden olurken, balık dokularında n-3 çoklu doymamış yağ asidi içeriğini ketencik tohumu yağına kıyasla arttığı belirlenmiştir. Karaciğer ve anterior bağırsakta çeşitli lipid metabolik süreçlerinin yanı sıra balık sağlığı ve bağışıklık tepkisi ile ilgili genlerin ifadesi, genetik modifiye türevi yağlarla beslenen balıklarda değiştirilmiştir. Genel olarak veriler, genetik modifiye kaynaklı yağların çipura diyetindeki balık yağına uygun alternatifler olabileceğini göstermiştir (Betancor *et al.* 2016).

Betancor *et al.* (2016), Atlantik somon (*Salmo salar*); balık yağı, ketencik tohumu yağı veya transgenik ketencik tohumu yağı içeren diyetlerle 11 haftalık bir süreyle beslenmiş ve çalışma sonucunda balık performansı, besin sindirimi, doku n-3 çoklu doymamış yağ asidi kompozisyonunu belirlemişlerdir. Σ n-3 çoklu doymamış yağ asidi seviyesinin, ketencik tohumu yağı ile beslenen balıkların tüm dokularında, transgenik ketencik tohumu yağı ile beslenen balıklardan daha yüksek bulunduğuna tespit etmişlerdir. Ayrıca n-3 çoklu doymamış yağ asidi içeriklerindeki farka rağmen, ketencik tohumu yağı ve transgenik ketencik tohumu yağı ile beslenen balıklarda, fosfolipit ve triaçilgliserol metabolizmasına katılan genlerin ifadesinin izlendiğini bildirmişlerdir.

Sarma *et al.* (2015), Hint Himalaya bölgesinde yaşayan gökkuşaağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nın yağ asit profili, amino asit ve mineral içeriği belirlenmiştir. Protein, yüksek miktarda prolin ile dengeli bir amino asit bileşimine sahiptir. En yüksek amino asit skoru, triptofana ve ardından izolösin için gözlemlenmiştir. Tekli doymamış yağ asitleri yüksek bulunup, bunu doymuş yağ asitleri ve çoklu doymamış yağ asitleri izlemiştir. Oleik asit baskın, ardından palmitik asit ve linoleik asit. N-3 PUFA'lar arasında en baskın olan DHA, ardından linolenik asit olmuştur. Mineraller arasında K, Ca, Na, Fe, Zn, Se ve Mn izlenmiştir. Bu çalışmadan gökkuşaağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nın dengeli temel amino asitler, PUFA'lar ve mineraller içeren zengin bir miktarda kaliteli proteine sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Akpınar vd (2015), Tohma Nehri'ndeki (Sivas, Türkiye) gökkuşaağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) kasındaki yağ asidi kompozisyonu ve omega3/omega6 oranlarını belirlemek için yaptıkları çalışmada yabani ve kültür balıklarının kaslarında en fazla bulunan yağ asitlerinin, palmitik asit (16: 0), stearik asit (18: 0), oleik asit (18: 1 omega 9) ve dokosaheksaenoik asit (22: 6 omega 3) olduğunu tespit etmişlerdir. Yabani ve gökkuşaağı alabalığı kaslarında bazı yağ asitleri arasında nicel farklılıklar gözlenmiştir. Yabani balık kaslarındaki omega3 ve omega6 serisi yağ asitlerinin seviyeleri, kültür balıklarınınkinden daha yüksek görülmüştür. Kas içindeki omega3/

omega6 oranlarının kültür balığında 1,92 ve yabani balıkta ise 2,28 olduğu sonucunu paylaşmışlardır. Yabani balıklardaki yüksek omega3/omega6 oranının, mevsim ve doğal koşullar altında nehirdeki daha zengin beslenme koşullarının bir sonucu olduğunu bildirmişlerdir.

Bu çalışmada, cDNA ve medaka balıkları için fabp7 genini içeren genomik fragmanı izole ettik ve merkezi sinir sisteminin (MSS) gelişimiyle medaka fabp7 geninin ekspresyonu incelendi. Medaka fabp7 geni, genomik bölgenin yaklaşık 1 kb'inde dört ekzondan oluşmuştur. Tahmini amino asit dizisi, diğer yüksek omurgalılarınkı ile %80'in üzerinde benzerlik sergilemektedir. İnsitu hibridizasyon analizi, fabp7-pozitif hücrelerin ilk olarak evre 22'de retina, dorsal diensefalon ve rhombencephalon'un küçük bir sırt bölgesinde görüldüğünü ve daha sonra retina ve omurilik de dahil olmak üzere tüm MSS'ye genişlediğini göstermiştir (Maruyama *et al.* 2008).

Balık yemlerinde protein kaynağı olarak kullanılan balık ununun önemli içeriği olan EPA (20 : 5n-3) ve DHA (22 : 6n-3) yönünden dengeli rasyonların oluşturulabilmesi amacıyla gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) diyetlerinde bitkisel yağların kullanımı ile ilgili yapılan araştırmalardan biri olan Gregory *et al.* (2016) eğer bir diyetle EPA ve DHA, α -linolenik asit (ALA, 18 : 3n-3)'ten sentezleniyorsa, bitkisel yağların içerdiği α -linolenik asit, dokudaki EPA ve DHA'nın korunması için harcandığını bildirmiştir. Yapılan bu çalışmada FADS2a(Δ 6), ELOVL5 ve ELOVL2 ekspresyon seviyelerinin EPA ve DHA ilavesi yapılmayan, α -linolenik asit bakımından zengin diyetle en yüksek değeri gösterdiği bildirilmiştir. α -linolenik asit dokuda DHA'ya dönüştürülmüştür. ELOVL5 çalışılan genler arasında yemlerdeki n-3 PUFA miktarının değişimi ile ekspresyonu en az etkilenen gen olarak tespit edilmiş olup, bu bulgulara dayanılarak, maksimum DHA sentezini elde etmek için bitkisel yağlar ve / veya balık yağı veya balık unu içeren akuakültür yemlerini optimize ederken dikkate alınması gerektiği vurgusu yapılmıştır.

Üç bitkisel yağın faydalı etkilerini değerlendirmek için yapılan bir besleme çalışmasında büyüme performansı, hayatta kalma, yağ asidi kompozisyonu ve

gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nın karaciğer ve böbrek histolojisi üzerine sırasıyla 74 kg-1 pulegone, 77 kg-1 carvacrol ve 76 kg-11,8-cineole ihtiva eden nane, kekik ve adaçayı yağları kullanılmıştır. Bitki yağları, %0,5; %1,0 ve %1,5 konsantrasyonlarda balık unu tabanlı kontrol diyetine ilave edilmiş ve 60 gün süre ile beslenilmiştir. Toplam doymuş yağ asitleri haricindeki tüm vücut yağ asidi profilleri, beslenme bitkisel yağ idarelerinden yakından etkilenmiştir. Çoklu doymamış n-6 yağ asidi, %1 kekik yağı ve tüm adaçayı yemi beslenen gruplarda en düşük bulunmuştur ($P<0.05$). Toplam çoklu doymamış n-3 yağ asidi, kontrol ve adaçayı yağı ile desteklenmiş gruplar arasında benzer görülmüş, ancak diğer gruplarda anlamlı olarak azalmıştır ($P<0.05$). EPA/DHA oranı, %1,5 kekik yağı ve tüm adaçayı yağı ile beslenen balıklarda önemli ölçüde düşük görülmüştür. Kontrol ile beslenen balıkların karaciğer veya böbreklerinde, %0,5 ve %1 kekik ve adaçayı yağı ile desteklenmiş diyetlerde histolojik farklılıklar gözlenmemiştir. Sonuçlarda, kekik ve adaçayı bitkisel esansiyel yağ katkılı diyetlerin büyüme performansı ve yağ asidi kullanımı üzerine pozitif etkileri olduğunu göstermiş ve bu yağlar gökkuşığı alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) üretiminde yararlı besin takviyeleri olmuştur (Sönmez vd 2015).

Bu deney, susam (SO), ayçiçeği (SFO) ve keten tohumu yağlarının büyüme performansı, fileto ve karaciğer yağ asidi bileşimi veya gövde alabalığının et kalitesi özelliklerine etkisini değerlendirmeyi amaçlayan çalışmada, farklı dört adet izo-azotlu ve izo-lipitik deneysel besleme yapan balıklar kullanılarak yapılan bir çalışmada, fileto eikosapentaenoik asit ve dokosaheksaenoik asit seviyeleri, balık yemi kontrol yeminde en yüksek seviyede bulunmuştur. Aksine, karaciğer eikosapentaenoik asit seviyesi LO beslemeli balıklarda en yüksek seviyede görülmüştür. SO beslemeli balıklar, fileto ve karaciğerde en yüksek seviyede 18:1 n-9 yağlı asit içerip, 12 günlük buzdolabında 1°C'de saklama periyodu boyunca tiobarbitürik asit (TBA) ve pH değerleri tüm diyet gruplarında giderek artmıştır. Bununla birlikte, trimetilamin azotu (TMA-N) değerleri depolama süresince 0 ve 9 günler arasında tüm diyet gruplarında artmıştır. Bununla birlikte, bozulma, TBA, TMA-N ve pH değerlerinin kimyasal göstergeleri, insan tüketimi için kabul edilebilirlik sınırda görülmüştür (Yıldız vd 2015).

Gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) için ilave diyet lipid kaynağı olarak kanola yağı uygunluğu değerlendirilip, sekiz hafta boyunca günde iki kez izo-azotlu, izo-kalorifik ve izo-lipitik diyetlerle beslenmiştir. Deneysel diyetler, balık yağından, kanola yağı ve iki yağın 1:1 karışımından %30,3 protein, 18,7 kJg (-1) enerji ve %16,7 lipidten oluşmaktadır. Nem, kül, protein, lipid, nihai vücut ağırlığı, durum faktörü, yem dönüşüm oranı, yaşama oranı ve hepatosomatik indeksler, diyetlerden etkilenmemiştir. Balık yağı diyeti ve kanola yağı diyetleri ile beslenen balıkların spesifik büyüme oranı ve canlı ağırlık artışı, balık yağı ve kanola yağı diyeti ile beslenenlerden belirgin olarak daha yüksek olarak görüldüğünü tespit etmiştir. Tüm vücut yağ asidi kompozisyonları diyetlerin özelliklerini yansıtmıştır. Tüm diyetlerde PUFA/SFA ve n-6/n-3 oranları sırasıyla %0,45'den yüksek ve %4'den düşük bulunmuştur. Sonuçlar, balık yetiştirme performansı üzerinde önemli bir etkisi olmayan balık yağının, kanola yağı ile değiştirildiği diyetlerde yetiştirilebileceğini göstermiştir (Masiha *et al.* 2015).

Çalışmanın amacı, çok az olan VLC PUFA diyetinde n-3 çok uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitlerinin alabalık yapılı triaçilgliserollerini besleyerek ve yağ birikimini azaltmak için nispeten birleşmesini arttırmanın mümkün olup olmadığını araştırmıştır. Gökkuşığı alabalıkları (*Oncorhynchus mykiss*)'nın gruplarına 61 gün boyunca, balık yağı ve kolza yağı diyeti, spesifik yapılandırılmış lipid ve kolza yağı diyeti, rastgele yapılandırılmış lipidler ve kolza yağı diyeti, 4 Orta zincir trigliserit ve balık yağı diyeti, Diasilgliserol ve balık yağı diyeti, balık yağı diyeti ile beslenilmiştir. Diyetlerin beşinde, aynı miktarda EPA ve DHA içeren harmanlanmış yağlar bulunmuştur. Diyet 6, saf balık yağı içeren bir referans diyet olup, beslenme periyodundan sonra balık yağı, kolza yağı diyeti ve balık yağı diyeti ile beslenen balıklar, spesifik yapılandırılmış lipid ve kolza yağı ile beslenen balıklardan belirgin olarak daha büyük yetişmiştir. Fileto, karaciğer, karkas ve iç organın toplam yağlı asit kompozisyonları benzerdi ve aynı zamanda sn-2 pozisyonunda da diyetin yağlı asit kompozisyonlarını yakından izlemiştir. Sonuç olarak, diyet için 4 Orta zincir trigliserit ve balık yağı ilavesi, balıkların protein içeriğini arttırmıştır. Orta zincirli yağlı asitleri belirli pozisyonlara dahil etmenin ilave bir etkisi olmamıştır ve diyetlere diasilgliserol eklenmesiyle ağırlık azaltma etkisi görülmemiştir (Nielsen *et al.* 2005).

Yağ asitleri, metil esterlerinin gaz kromatografisiyle elde edilen gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nin birkaç dokusunda belirlenmiştir. Bu dokulardaki yağ asidi bileşiminde, zamanla diyetle ilgili olarak üretilen niceliksel ve kantitatif değişiklikler de araştırılmıştır. Balık ve dokular, balık kuluçka ve yağlı asit kompozisyonu açısından kategorize edilen dokulara göre sınıflandırılmıştır. Bulgular, yağ asidi kompozisyonundaki farklılıkların diyet yemindeki yağ içeriğiyle ilişkili olduğunu göstermiştir. İyi diferansiye edilmiş üç örnek grubu, başlangıçtaki kuluçkaya göre diyetleri tanımlanmıştır (Barrado *et al.* 2003).

In vitro balıklarda bağırsak yağ asidi emilimini incelemek için enterositler gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nin bağırsağından izole edilmiş ve yedi yağ asidi [16: 0, 18: 1n-9, 18: 2n-6, 18: 3n-3, 20: 4n-6, 20: 5n-3 ve 22: 6n-3] bir radyoaktif etiketli bileşeni değiştirmiştir. Kontrol çalışmaları, kuluçka ortamında sodyum taurokolat varlığının, hücrelerin ölüm oranının derhal %23 oranında artmasına neden olduğunu, ancak kalan hücrelerin canlı olduğunu göstermiştir. Safra tuzunun hücresel geçirgenlik üzerindeki etkisi, daha uzun maruz kalma sürelerinde belirgin olduğu görülmüştür. Mikelüler çözeltilerde monomerik yağ asitleri olarak bulunan C-14 etiketli 20: 5n-3 ve 22: 6n-3 oranları, 16: 0, 18: 1n-9, 18: 2n-6, 18'inkinden daha yüksek olduğu görülmüştür: 3n-3 ve 20: 4n-6. Enterositlerle C-14 etiketli 20: 4n-6, 20: 5n-3 ve 22: 6n-3 alım hızları, inkübasyonun ilk dakikası boyunca diğer yağ asidi substratlarninkinden belirgin olarak daha düşük olduğu, ancak anlamlı farklılıklar olmadığı tespit edilmiştir. Enterosit lipid sınıflarındaki dağılım modelinde substratlar arasında dikkate değer farklılıklar gözlemlenmiştir. Radyoaktif olarak işaretlenmiş tüm substratlardan gelen radyoaktivitenin çoğu triaçilgliserollerde geri kazanılmış olsa da, polar lipid fraksiyonunda geri kazanılan C-14 etiketli 16: 0, 20: 4n-6, 20: 5n-3 ve 22: 6n-3 miktarları özellikle 15 dakika sonra C-14 etiketli C18 substratlarıninkinden daha yüksek görülmüştür. Tersine, 18: 1n-9, 18: 2n-6 ve 18: 3n-3'ün triaçilgliserollere başlangıç esterifikasyon oranları 20: 4n-6, 20: 5n-3 ve 22: 6n-3'ünkinden anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. İzole enterositlerin balıklarda bağırsak yağ asidi emilimi mekanizması çalışması için kullanılabileceği sonucuna varılmıştır (Perez *et al.* 1999).

Camelina yağı (CO), çiftlik gökkuşuğu alabalığı (*Onchorhynchus mykiss*) (başlangıç ağırlığı 44 ± 3 g balık (-1)) için diyetlerde %50 ve %100 balık yağı (FO) almıştır. Yağlı tohum, yüksek lipit içeriği (%40) ve yüksek miktarda 18:3n-3 (α -linolenik asit, ALA) (%30) nedeniyle özellikle benzersiz olduğu bulunmuştur. Balık yağının %100'ünü camelina yağı ile değiştirmek, 12 haftalık bir beslenme denemesinden (FO= 168 ± 32 g balık (-1); CO= 184 ± 35 g balık (-1)) gökkuşuğu alabalığının büyümesini olumsuz etkilememiştir. Kas, iç organ, deri lipit ve yağ asidi profilleri 12 hafta sonra CO eklenmesinden önemli derecede etkilenmiştir. Bununla birlikte, 75 g fileto (1 porsiyon) içinde nihai 22: 6n-3 DHA ve 20: 5n-3 EPA (563 mg), günlük DHA ve EPA'yi karşılamak için yeterli görülmüştür. sağlık için faydaları, CO'ya karşı FO'ya karşı beslenen filetolarda düşük SFA ve daha yüksek MUFA içermektedir. Bu sonuçlar, DHA'nın ~%27'sinin CO diyetinde balık unundan DHA'nın dahil edilmesinden ziyade CO diyetinde karasal ve izotopik olarak hafif ALA'dan sentezlendiğini göstermiştir (Hixson *et al.* 2014).

3. MATERİYAL ve METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma yeri ve süresi

Çalışma, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü Zebra Balığı Yetiştiriciliği Ünitesi ve Tarımsal Biyoteknoloji Laboratuvarlarında yürütülmüştür. Çalışma 45 gün sürmüştür.

3.1.2. Balık materyali

Çalışmada, $97,45 \pm 15,05$ gr kadar ağırlığındaki toplam 45 adet (♂:♀) gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) kullanılmıştır.

3.1.3. Yem materyali

Çalışmada, %100, %67 ve %33 oranlarında ketencik tohumu yağı (*Camelina sativa*) kullanılmıştır. Kontrol grubu olarak %100 oranında balık yağı kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. Balık yağı ve ketencik tohumu yağı hazırlanan yemlerin yağ asidi kompozisyonu

yağ asidi	balık yağı (%100)	ketencik tohumu yağı (%100)	ketencik tohumu yağı (%67)	ketencik tohumu yağı (%33)
14:0	6,6	1,6	3,0	4,7
15:0	0,2	0,3	0,5	0,8
16:0	23,7	11,7	14,3	17,6
17:0	1,3	0,4	0,6	0,9
18:0	4,8	6,2	3,5	4,5
20:0	1,6	0,3	0,8	1,2
22:0	0,9	1,4	1,5	1,5
24:0	0,2	0,1	0,2	0,2

Çizelge 3.1. (devam)

ΣSFA	40,3	22,0	24,8	31,4
14:1	0,3	0,1	0,2	0,2
15:1	0,3	0,2	0,5	0,3
16:1	6,5	1,6	3,1	4,6
17:1	0,7	0,2	0,4	0,5
18:1n-9	16,7	14,8	17,1	17,0
20:1n-9	—	—	—	—
22:1	0,5	0,2	0,4	0,5
24:1n-9	0,2	0,1	0,1	0,2
ΣMUFA	25,3	17,2	21,7	23,3
18:2n-6	6,5	18,5	14,5	11,4
18:3n-6	0,2	0,1	0,2	0,3
20:2n-6	1,5	8,6	6,2	4,1
20:3n-6	0,1	0,1	—	0,1
20:4n-6	0,8	0,7	0,6	0,6
22:2n-6	0,2	0,1	0,1	0,2
22:4n-6	0,1	0,2	0,1	0,1
Σn-6 PUFA	9,3	28,2	21,7	16,8
18:3n-3	2,0	24,2	17,3	10,0
18:4n-3	0,1	0,1	0,1	0,1
20:3n-3	0,3	1,1	0,9	0,6
20:4n-3	0,1	0,3	0,5	0,2
22:5n-3	0,3	0,2	0,4	0,5
20:5n-3	8,4	2,3	4,5	6,2
22:6n-3	13,8	4,5	8,3	11,0
Σn-3 PUFA	25,1	32,6	31,8	28,6
EPA+DHA	22,2	6,7	12,7	17,2
Σn-3/Σn-6 PUFA	2,7	1,2	1,5	1,7

3.2. Metot

3.2.1. Denemede kullanılan yemlerin hazırlanması

Yemler hazırlanırken yem katkı maddeleri hassas terazide tartılıp 5 farklı kaplara aktarılmıştır. Her grup için tüm yem katkı maddeleri homojen karıştırıcıda 30 dakika karıştırıldıktan sonra kolin klorür ve ketencik tohumu yağı saf su içerisinde yavaş

yavaş çözüldürülerek karışım üzerine dikkatli bir şekilde ilave edilmiş ve hamur kıvamına gelinceye kadar karıştırılmıştır. Kıyma makinesinden geçirilen yem pelet haline getirilerek -20°C’de 2 gün boyunca depolanmıştır. Pelet haline gelen yemler petri kaplarına ve 250 ml’lik balon jojelere koyularak liyofilizatörde 20 saat ana kurutma ve 3 saat son kurutma olacak şekilde kurutulmuştur. Son olarak yemler 1400µ, 1000µ ve 800µ’luk eleklerden geçirilerek 1000 µ’luk boyut uygun görülmüştür. Hazırlanan yemler -20°C’de muhafaza edilmiştir (Vural 2015).

3.2.2. Balıklardan doku örneklerinin alınması ve muhafazası

Besleme çalışması sonunda balık yağı grubu ve ketencik tohumu yağı grubundan rastgele balıklar seçilmiş ve balıklar karanfil yağı ile öldürülmüştür. Doku alımının her aşamasında tamamen steril malzemeler (makas, bisturi, pens, alüminyum folyo) kullanılmıştır. Kas ve karaciğerden alınan doku örnekleri steril 2 ml’lik eppendorf tüplere konulmuş, üzerine 1ml RNA Later (QIAGEN, Katalog No: 76106) solüsyonu ilave edilerek çalışılacak güne kadar -80°C’de muhafaza edilmiştir.

3.2.3. RNA izolasyonu

İzolasyona başlamadan önce çalışılacak ortam RNase Zap® (RNase Decontamination Solution Cat No:AM9780) ile temizlenerek ortamda olabilecek RNA’ların uzaklaştırılması sağlanmıştır. -80°C’de tutulan doku örnekleri alınarak karda çözülmeleri sağlanmıştır. RNA free eppendorf tüpler hassas terazide tartılıp not edilerek üzerlerine örnek numaraları yazılmıştır. Çözünmüş olan dokulardan 50-100 mg alınarak tartılarak not edilen, içlerine streil çelik bilye (Qiagen Cat No:69989) atılmış steril eppendorf tüplerine konulmuştur. Üzerine 1 ml Ribozol (RiboZol TM RNA Extraction Reagents Code:N580) eklenmiştir. Tissuelyser LT’de (Qiagen Cat No:85600) 40 Hz’de 3+3 dakika süreyle parçalanmıştır. İyice parçalanana doku örnekleri 15- 30°C’de inkübasyona bırakılmıştır. Üzerine 200 µL kloroform eklenip 15 sn elimizde ters düz çevirerek iyice karışması sağlanmıştır. 2-3 dk inkübasyona bırakılıp 12500 rpm’de 4°C’de 15 dk santrifüj edilmiştir. Yeni steril eppendorf

tüplerinin her birine 0,5 ml izopropanol konulmuş, santrifüjden alınan örneklerin en üstteki şeffaf kısmı izopropanol içeren tüplere aktarılıp, 15-30°C'de 10 dk inkübasyona bırakılmıştır. 12500 rpm'de 4°C'de 10 dk santrifüj edilmiştir. Santrifüjde çöktürülen RNA ların süpernatantlarını döküldükten sonra, 1 ml %75 ice-cold etanol ile yıkanmıştır. RNA yıkamasının gerçekleşmesi için 9500 rpm'de 4°C'de 5 dk santrifüj yapılmıştır. Santrifüjden aldıktan sonra 5-10 dk 37°C'de etüvde kurutma işlemi yapılmıştır. 40 µL RNase-free-water ekleyip ısı bloğunda 57°C'de 10 dk inkübe edilmiştir. RNAlar çalışılacak güne kadar -80°C'de muhafaza edilmiştir (Hirotsune *et al.* 2003).

3.2.3.a. RNA'nın kantitatif tayini

RNA'nın yapısında yer alarak hücrelerdeki genetik bilginin kodlanmasında önemli bir rol oynayan pürin ve pirimidin bazları (A₂₆₀/A₂₈₀) dalga boyunda absorbans verdiği için bu dalga boylarında ölçüm yapılmıştır. Örneklerin konsantrasyon ve saflık dereceleri µDrop™ Plate (Thermo Scientific, Cat No:12391)'te 2 µL numune yüklemesi yapılarak okunmuştur. Q PCR çalışmaları için en iyi RNA konsantrasyonu 800- 1000 ng/ µL'dir.

3.2.3.b. RNA'nın kalitatif tayini

%1'lik agaroz jel elektroforezinde total RNA'nın kalitatif tayini yapılırken aşağıdaki sıra izlenmiştir. 70 ml'lik elektroforez küveti kullanılarak %1'lik agaroz jel hazırlanmıştır. Bu işlem için 0,7 gr agaroz (Cat No: Sigma A 9539) tartılarak bir erlenmayere aktarılmıştır. Üzerine 66,5ml ddH₂O ve 4,38 ml 20 MOPS solüsyonu eklenmiştir. Bileşenler tamamen çözünene kadar mikrodalga fırında yaklaşık 3 dakika bekletildikten sonra hafif çalkalama işlemi yapılarak soğutulup, üzerine 15,6 µL formamid (Cat No: Simga F 9037) ve 12,8 µL etidyum bromür (10µg/µl) (Cat No: Sigma E8751) ilave edilmiştir. Jel tankına tarak yerleştirildikten sonra hazırlanan jel tankın içerisine boşaltılmıştır. Jelin katılaşması için 30 dakika bekletildi. Steril 0,2 ml'lik ependorf tüp içine 5 µL formamid, 0,5 µL 20 MOPS solüsyonu, 3,5 µL ddH₂O

ve 1 µL izole edilen RNA örneklerinden konulmuştur. 65°C’de 15 dakika etüvde inkübe edilip, jel katılaştıktan sonra üzerine jeli kaplayacak kadar 1 MOPS solüsyonu dökülmüştür. Ardından örnekler jel yükleme tamponu (Brom Fenol Blue (Cat No: İnvitrogen 10816-015)) ile boyanarak kuyucuklara yükleme işlemi yapılmıştır. 90V’ta 30 dakika yürütüldükten sonra görüntüleme cihazında UV ışık altında bant oluşumu gözlenmiştir (Hirotsune *et al.* 2003).

500 ml DEPC hazırlanışı;

500 ml saf su ve 500 µL DEPC (Cat No: Sigma D-5758) 2 saat manyetik karıştırıcıda karıştırılıp ardından otoklavlanmıştır.

20xMOPS solüsyonunun hazırlanışı:

(500 ml) 41,9 gr MOPS (Cat No: Sigma M-1254), 6,8 gr sodyum asetat (Cat No: Sigma S 2889), 2,6 gr EDTA (Cat No: Sigma 93283), 400 ml DEPC H₂O verilen miktarlarda homojen bir şekilde karıştırıldıktan sonra pH=7 olacak şekilde ayarlanmıştır. Son olarak da DEPC’li su ile hacim 500 ml’ye tamamlanmıştır.

1xMOPS solüsyonunun hazırlanışı;

%5 oranında sulandırma yapılarak, 19 birim saf su ve 1 birim 20 MOPS solüsyonu karıştırılarak hazırlanmıştır.

3.2.3.c. DNase uygulaması

cDNA hazırlamadan önce genomik DNA’nın uzaklaştırılması için DNase kiti (DNase I Deoxiribonuclease I, Amplification Grade Cat No: 18068-015) kullanılarak bu işlem yapılmıştır. 0,5 ml mikrosantrifüj tüpleri kullanılarak; 1,5 µL RNA, 1,5 µL 10X DNase I Reaction Buffer, 1,5 µL DNase I Amplification Grade, 10,5 µL DEPC-

treated water DNase ile muamelesinden sonrada RNA konsantrasyonunu ölçmek istediğimiz için toplam hacmi 15 µL olacak şekilde hazırlanmıştır. 15 dk oda sıcaklığında inkübasyon gerçekleşmiştir. DNase I inaktivasyonu için 1 µL 25 mM EDTA solüsyonu eklendi. 10 dk 65°C’de pcr’da inkübasyona bırakılmıştır. PCR’den aldığımız örneklerimiz µDrop™ Plate nanodrop spektrofotometre’de konsantrasyonları standardizasyonu yapılmıştır. cDNA hazırlanacak güne kadar -20°C’de tutulmuştur (Hirotsune *et al.* 2003).

3.2.3.d. Reverse transkripsiyon (RT-PCR)

Balıkların kas ve karaciğer dokularından elde edilen tüm RNA’lardan cDNA elde etmek için Omniscript Reverse Transcription Kiti (Qiagen, Valencia, CA, USA) kullanıldı. Bunun için mRNA örnekleri buz üzerinde 5 dakika tutularak çözündürülüp, 0,2 ml’lik PCR tüplerine 2 µL 10X Reverse Transkripsiyon (RT) tamponu, 2 µL Omniscript Reverse Transkripsiyon kiti, 2 µL Oligo dT, 2 µl dNTP (pH=7,0 olan dATP, dGTP, dCTP ve dTTP’nin her birinden 10 mM), 12 µL ddH₂O ve 1 µL template RNA konularak vorteks yapmadan sadece kısa santrifüj yapıldıktan sonra RT-PCR yapılmıştır. RT-PCR prosedürü şu şekilde gerçekleştirilmiştir:

Başlangıç inkübasyonu (RT): 37°C’de 60 dakika, başlangıç denaturasyonu: 95°C’de 2 dakika, denaturasyon 95°C’de 20 saniye (35 döngü) tavlama: 62°C’de 30 saniye (35 döngü),uzama: 72°C’de 30 saniye (35 döngü), son uzama: 72°C’de 5 dakika. cDNA sentezi gerçekleştikten sonra örnekler QPCR çalışması yapılınca kadar -20°C’de muhafaza edilmiştir (Hirotsune *et al.* 2003).

3.2.3.e. PCR ürünlerinin büyüklüklerinin kontrol edilmesi ve DNA dizilim analizleri

PCR işleminin ardından elde edilecek ürün agaroz jelde 50 bp aralığa sahip standarda (DNA Ladder) karşı yürütülerek primerlerin beklenen bölgelere bağlanıp bağlanmadıkları kontrol edilmiştir. İstenilen bölgeleri çoğaltan ve cDNA’yı elde

etmek için tasarlanan primerlerden elde edilecek PCR ürünleri dizilim analizi için profesyonel bir şirkete gönderilmiştir (Macrogen corp., Rockville, MD, USA). Bu amaçla her bir örnek için 30 µL PCR ürünü, 30 µL Forward Primer ve 30 µL Reverse Primer içeren 3 adet steril DNase/RNase free tüpe konularak kargo ile analizin yapılacağı şirkete ulaştırılmıştır.

3.2.3.f. Real time PCR için standart hazırlama

Standart hazırlamak için öncelikle tüm örneklerden "RT-PCR" ile cDNA elde edildi. QPCR standartları için gerekli Template DNA (PCR product) oluşturulmuştur. 22 µL Platinum Süpermix, 1 µL Forward Primer, 1 µL Reverse Primer, 1 µL Template cDNA kullanılarak toplam hacim 50 µL olacak şekilde hepsinden x2 alınıp bir tüpe konulmuştur. Ardından bu tüpten 25 µL alınarak iki tüpe aktarılmıştır. Böylece iki tüp PCR'a konuldu. PCR sıcaklığı daha önce optimization bulduğumuz primerlerin optimum sıcaklığına ayarlanmıştır. PCR sonunda elde edilen PCR product ile standartlar hazırlanmıştır.

11 steril eppendorf tüp alınıp;

1. tüpe 270 µL DW +30 µL PCR product konulup iyice vortexlenmiştir. (10^{11})
2. tüpe 270 µL DW +30 µL 1.tüpten konur iyice vortexlenmiştir. (10^{10})
3. tüpe 270 µL DW +30 µL 2.tüpten konur iyice vortexlenmiştir. (10^9)
4. tüpe 270 µL DW +30 µL 3.tüpten konur iyice vortexlenmiştir. (10^8)
5. tüpe 270 µL DW +30 µL 4.tüpten konur iyice vortexlenmiştir. (10^7)
6. tüpe 270 µL DW +30 µL 5.tüpten konur iyice vortexlenmiştir. (10^6)
7. tüpe 270 µL DW +30 µL 6.tüpten konur iyice vortexlenmiştir. (10^5)
8. tüpe 270 µL DW +30 µL 7.tüpten konur iyice vortexlenmiştir. (10^4)
9. tüpe 270 µL DW +30 µL 8.tüpten konur iyice vortexlenmiştir. (10^3)
10. tüpe 270 µL DW +30 µL 9.tüpten konur iyice vortexlenmiştir. (10^2)
11. tüpe 270 µL DW +30 µL 10.tüpten konur iyice vortexlenmiştir. (10^1)

Bu şekilde 11. tüpe kadar devam edilmiştir. Böylece $10^{11} > 10^1$ yoğunluğunda standartlar elde edilmiştir (Hirotsune *et al.* 2003).

3.2.3.g. Primer etkinliği belirleme

Primer etkinliğini belirlemek amacıyla standart eğri çizilmiştir. Standart eğriyi real time PCR'da görmek amacıyla, 1, 1/2, 1/4, 1/16, 1/32 oranları kullanılmış ve cDNA olarakta hazırlanan örneklerden 1'er μL alınarak oluşturulmuş olan cDNA havuzu kullanılmıştır. 1 gen için; 7,5 μL Sybr Green, 1,9 μL RNase Free Water, 5 μL cDNA, 0,6 μL Forward+Reverse Primer tekerrür sayısına göre dilüe olarak numaralandırdığımız tüplere 5 μL olarak dağıtılıp vortexlenmiştir. Negatif kontrol grubunda kullanılmıştır. cDNA yerine 5 μL RNase Free Water kullanılmıştır (Hirotsune *et al.* 2003). Böylece çalışacağımız tüm genlerin etkinlikleri Qiagen Rotor GeneQ kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.3.h. Real time PCR uygulamaları

Elde edilen cDNA'lar üzerinde ilgili genlere ait bölgelerin amplifikasyonu Real-time PCR'da yapılmıştır. Her bir AE gen transkriptinin miktarı (kopya sayısı/ μL) SYBR Green PCR Kit metodu ile qPCR cihazında yapılmıştır (Bustin *et al.* 2005).

QPCR prosedürü şu şekilde gerçekleştirilmiştir: Başlangıç denaturasyonu: 95°C 'de 15 dakika, denaturasyon 95°C 'de 20 sn, optimum annealing sıcaklığında (her bir gen için farklı sıcaklıklar) 30sn ve elongasyon: 72°C 'de 30sn, toplam döngü sayısı: 40. AE gen transkriptinin miktarının hesaplanması için, gökkuşağı AE gen transkriptlerinin kopya sayısını ayrı ayrı bu iki referans genin kopya sayılarına bölmek suretiyle normalizasyon yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir.

3.2.3.1. Gen ekspresyonu hesaplamaları

qPCR gen transkriptlerinin μL 'deki kopya sayılarını hesaplayabilmektedir. Bu sonuçlar daha sonra iki referans gen sonuçlarına bölünerek normalize edilmiştir. Sonuçlar ortalama $\pm$ Standart sapma ($n=3$) olarak verilmiştir. İstatistik analizler için SPSS İstatistik Programı (Versiyon 10,0) kullanılmıştır. ANOVA testi sonucu gruplar arasında önemli bulunan farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuştur (SPSS, 1996).

$$\text{Hedef Gen Oranı} = \frac{\text{Ehedef gen CT hedef (kontrol örnek)}}{\text{Ereferans gen CT referans (kontrol örnek)}}$$

3.2.4. Genlere spesifik primer dizaynı

Ensembl genom veri tabanından her bir genin cDNA dizilimi elde edildikten sonra NCBI genom veri tabanında (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) PCR ürününe heterojenik RNA (hnRNA) veya genomik DNA (gDNA) karışmasını engellemek amacıyla “Exon-Exon Junction” modeline göre primerler tasarlanmıştır. Her bir transkript için tasarlanacak primerler bir asıl [Forward 1 (F1) ve Reverse 1 (R1)] ve bir yedek takım (F2-R2) olmak üzere 2 takım halinde hazırlanmıştır. Asıl primerlerde problem çıkması durumunda yedek primerler devreye sokulacak onlarda da problem çıkması halinde primerler F1-R2 veya F2-R1 şeklinde kombine edilmiştir. NCBI veri tabanında EST'leri bulunamayan genler için gDNA'yı belirlemek amacıyla tüm cDNA'yı kapsayacak şekilde yeni primerler tasarlanmıştır.

Çizelge 3.2. Primerlerin 5' → 3' dizilimleri (Bayır *et al.* 2015)

Rainbow trout genes	Forward primer (5' → 3')	Reverse primer (5' → 3')	Tm (°C)	qPCR efficiency
fabp3	ATGAAGGCTCTGGGTGTGG	TCCTTGCCATCCCACCTTCTG	54.8	1.04
fabp6	GGGAAAAAGTTCAAGGCCAC	GCTGGTTCTTTTCAGCACGA	57.4	0.94
β-actin	CTTCTACAACGAGCTGAGGGT	GGTCTCAAACATGATCTGGGT	57.0	0.93

3.2.5. Gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nin EST'leri

National Center'ın BLAST araştırmasında Biyoteknoloji Bilgisi (NCBI) (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov>) veritabanında 14 farklı gökkuşığı alabalığı fabp geni tarafından kodlanan Expressed Sequence Tags (EST'ler) tanımlamak için Ensembl genom veritabanından (<http://useast.ensembl.org/index.html>) elde edilen zebrabalığı Fabp dizileri kullanılmıştır. Gökkuşığı alabalığı BAC klonlarında 14 fabp genlerinin her biri için en uzun sekans, National Animal Genome Research Program (NAGRP) genom veritabanının (<http://www.animalgenome.org/blast/blast.php>) BLAST araştırmasını gerçekleştirmek üzere seçilmiş ve genomik sekansları belirlenmiştir. Gökkuşığı alabalık fabp genleri için BAC klonlarındaki genomik diziler, intron/ekson eklem kavşaklarının yerini tanımlamak için en uzun mRNA transkript dizileri ile alınıp hizalanmıştır. NAGRP genom veritabanında üç fabp gen transkriptine dizi kimliği gösteren genomik sekanslar içeren BAC klonları, daha sonra fabp2b, fabp3 ve fabp11a olarak gösterilen BAC klonu bulunamamıştır. Üç intron tarafından ayrılan dört ekzondan oluşan omurgalı fabp genlerinin genomik organizasyonu, her bir eksonun, farklı omurgalı türleri arasındaki çok benzer kodlama kapasitesini (yani, amino asit sayısını) sergilediğinden, şifreleme dizisindeki intronların konumu Fabp2b, fabp3 ve fabp11a için en uzun EST'lerin, zebrabalığın'dan (*Danio rerio*) iyi tanımlanıp fabp genlerinin genomik dizileri ile hizalanmasıyla belirlenmiştir (Bayır *et al.* 2015).

14 gökkuşığı alabalığı fabp genlerinin en uzun mRNA dizisini teyit etmek için, her bir fabp transkripti RT-PCR ile amplifiye edilmiş, elde edilen ürünün boyutu jel elektroforeziyle değerlendirilmiştir ve daha sonra MacroGen Corp., Amsterdam, Hollanda tarafından dizilmiştir. Her fabp transkriptinin çok uçlarını hedefleyen RT-

PCR primerleri, NCBI Primer-BLAST (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/primerblast/>) kullanılarak tasarlanmıştır. RT-PCR için aşağıdaki koşullar kullanılmıştır: İlk inkübasyon 37.0°C'de 60 dakika, ilk denatürasyon 95.0°C'de 2 dakika (35 döngü), 95.0°C'de 20 saniye süreyle denatürasyon, optimum tavlama sıcaklığı 30 saniye, 72.0°C'de 1 dakika (uzatma) ve 72.0°C'de 5 dakika son uzatma (Bayır *et al.* 2015).

Çizelge 3.3. Gökkuşağı alabalığı EST'leri (Bayır *et al.* 2015).

Gökkuşağı alabalığı Gen	Gökkuşağı alabalığı EST
fabp3	CA381377.1
fabp6	CR942998.1
β-actin	AJ438158.1

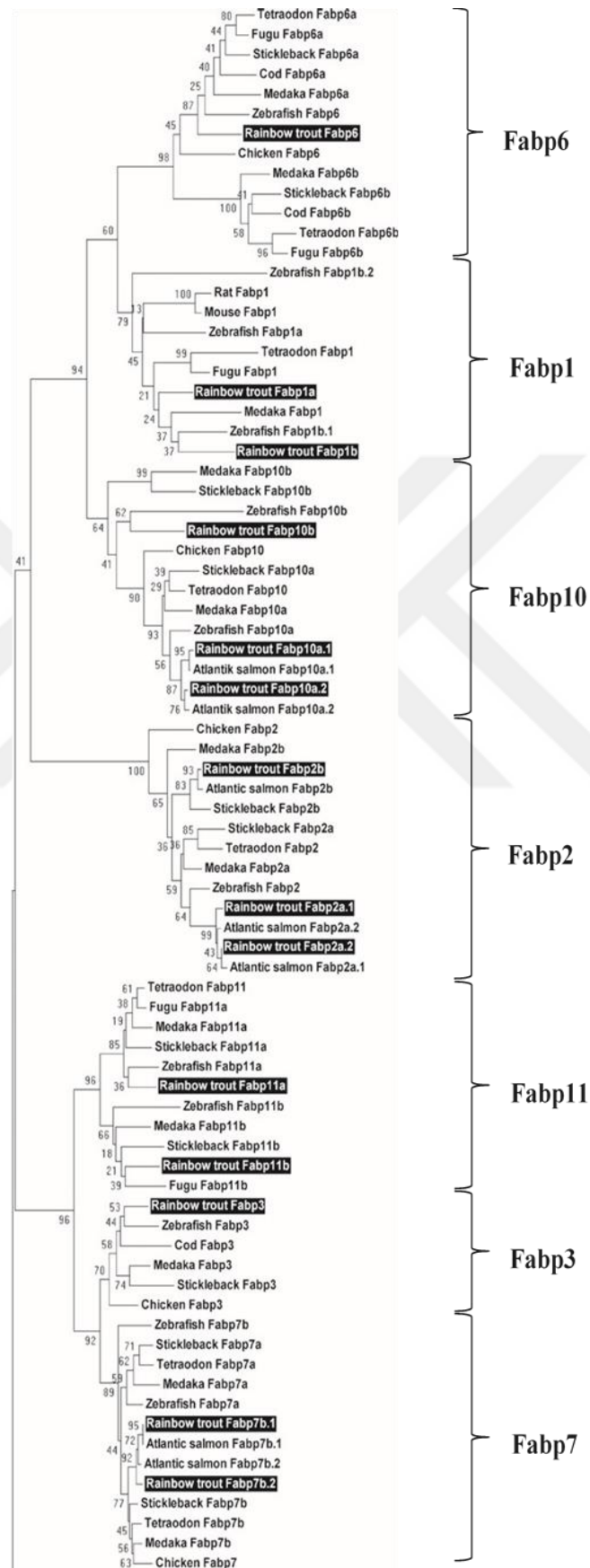
3.2.6. Fabp genlerinin dizilim hizalaması ve filogenetik analizi

Gökkuşağı alabalığı fabp genleri tarafından kodlanan amino asit sekansları, Atlantik somon, zebra balığı, medaka, fugu ve yeşil benekli balon balığıda dahil olmak üzere çeşitli omurgalı türlerinden Fabp / FABP dizileri ile CLUSTAL W çoklu hizalama aracıyla hizalanmıştır (Thompson *et al.* 1994; Bayır *et al.* 2015).

Sekans kimliği ve benzerliğini belirlemek için BLOSUM62 matris algoritması kullanılmıştır (Gromiha 2010; Bayır 2015).

Poisson düzeltme mesafe modelini uygulayarak gökkuşağı alabalığı Fabp genleri ile diğer teleost balıkları ve tetrapodlardan gelen Fabp / FABP'lerin filogenetik ilişkisini ortaya çıkarmak için MEGA5 yazılımı kullanılarak (1000 önyükleme çoğaltılır) bir köprü oluşturup filogenetik ağacı oluşturan bir önyükleme kompleksi oluşturulmuştur (Tamura *et al.* 2011; Bayır 2015).

İnsan Von Ebner bez proteini, lipokalin 1 (LCN1), dizi, dış grup olarak kullanılmıştır.



3.2.7. Örneklerden yağın ekstrakte edilmesi ve miktarının belirlenmesi

Alınan örneklerden toplam yağ elde etmek için tüm balıklar tamamen homojen bir şekilde parçalandıktan sonra tartılarak alınan 1 gr ağırlığındaki numuneler 50 ml'lik tüplere aktarılıp, üzerlerine %0,01 (w/v) BHT içeren kloroform/methanol (2:1 v/v) karışımından 20 ml ilave edilmiştir. Daha sonra örnekler 1 dk ultraturaks ile parçalanmış ve parçalama işleminden hemen sonra vakum altında Whatman No:1 filtre kâğıdı kullanılarak süzölmüştür. Süzme işleminden sonra numuneler temiz ve kuru tüplere aktarılarak 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 tutulacak ve bir süre evapore edildikten sonra tüplerin daraları alınıp, küçük tüplere aktararak mini evaporatörde evaporasyon işlemine devam edilerek belli aralıklarla tartımlar yapılmıştır. Tartımlar ağırlıklar sabitleninceye kadar devam edilmiştir. Yağ miktarları tüplerin ağırlıklarının sabitlenmesi ile birlikte gravimetrik metotla hesaplanmıştır. Ağırlıkları sabitlenen örnekler üzerine kloroform ilave edilerek depolanmıştır (Folch *et al.* 1957; Bayır 2011).

3.2.8. Yağ asidi metil esterlerinin (FAME) hazırlanması

Örneklerden saf olarak elde edilen yağlar tartılarak temiz tüplere aktarılmış ve üzerine 1,5 ml 2 M NaOH ilave edilecek, sonra tüplere nitrojen gazı doldurularak 1 saat süreyle 80°C sıcaklığa tabi tutularak sabunlaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemi takiben soğumaya bırakılan örnekler üzerine 2 ml BF_3 (Brontrifluoride methanol %25'lik) ilave edilerek tüplere tekrar nitrojen doldurulup, 80°C'de yarım saat daha bekletilmiştir. İnkübasyon süresinin bitmesinden sonra örnekler tekrar

soğumaya bırakılmıştır. Soğuyan örneklerin üzerine 1 ml hekzan ilave edilip vortekslendikten sonra 1 ml ultra saf su ilave edilerek tekrar vortekslenerek; daha sonra tüp içerisindeki hekzan tabakası alınarak sodyum sülfat içeren yeni tüplere aktarılıp, 1 ml hekzan daha ilave edilerek tekrar vortekslendikten sonra üstte kalan hekzan tabakası 2 ml'lik GC viallerine aktarılıp, viallere nitrojen gazı doldurulmuştur (Metcalf and Schmitz 1961). Bütün bu işlemler tamamlandıktan sonra vialler gaz kromatografisi (GC)'ne analizler için yerleştirilmiştir (Bayır 2011).

3.2.9. Yağ asitlerinin tayini

Enjeksiyon için hazırlanan örnekler 100'lü otomatik örnek tablasına yerleştirilerek gaz kromatografisi (GC/MS)'ne verilmiştir. Supelco Component FAME Mix standartının yürütüldüğü sistem piklerin çıkış zamanlarına göre yağ asitlerine kalibre edilmiş ve kromatogramlarda % alan olarak ifade edilen değerler sonuç olarak verilmiştir (David *et al.* 2003).

3.2.10. Gaz kromatografisi koşulları

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

Dedektör: FID Kolon: DB-23 (60mx0,25mmx0,25 µm)

Dedektör Sıcaklığı: 200°C

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

Taşıyıcı Gaz: Hidrojen (5psi)

Zaman Sabiti: 200

Akış Hızı: 1/50 (azot/kuru hava)

Hava Basıncı: 350 ml/dk

Taşıyıcı Gaz Basıncı: 35 ml/dk

3.2.11. Deney sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Sonuçlar ortalama $\pm$ Standart sapma (n=3) olarak verilmiştir. İstatistik analizler için SPSS İstatistik Programı (Versiyon 10,0) kullanılmıştır. ANOVA testi sonucu gruplar arasında önemli bulunan farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuştur (SPSS1996).



4. ARAşTIRMA BULGULARI

4.1. Yağ Asidi Kompozisyonuna İlişkin Sonuçlar

Balıkların yağ asidi kompozisyonları kas ve karaciğer dokularında 3 grup olarak (%33, %67, %100) değerlendirilip ve her grup içerisinde de 3'er örnekleme olacak şekilde değerlendirilmiştir. Sonuçlar izelge 4.1, izelge 4.2, izelge 4.3, izelge 4.4, izelge 4.5, izelge 4.6'da verilmiştir.



Çizelge 4.1. Kas dokusunda %100 balık yağı ve %100 ketencik tohumu yağı deneme sonu yağ asidi kompozisyonu

Yağ asidi	Başlangıç kas	%100 balık yağı			%100 ketencik tohumu yağı		
		1.örnekleme	2.örnekleme	3.örnekleme	1.örnekleme	2.örnekleme	3.örnekleme
14:0	2,0±0,2	3,0±0,1 ^a	2,8±0,0 ^a	3,0±0,2 ^a	2,0±0,0 ^b	1,9±0,0 ^b	1,7±0,0 ^b
15:0	0,3±0,0	0,4±0,0 ^a	0,5±0,0 ^a	0,5±0,0 ^a	0,2±0,0 ^b	0,4±0,0 ^b	0,3±0,0 ^b
16:0	15,6±0,3	17,6±0,2 ^a	21,0±0,3 ^a	21,4±0,1 ^a	16,7±0,1 ^a	17,9±0,5 ^b	19,1±0,1 ^b
17:0	0,5±0,0	0,4±0,0 ^a	0,5±0,0 ^a	0,5±0,0 ^a	0,4±0,0 ^a	0,5±0,0 ^a	0,4±0,0 ^b
18:0	4,7±0,3	4,7±0,1 ^a	5,0±0,1 ^a	4,8±0,3 ^a	4,5±0,0 ^a	5,2±0,1 ^a	4,9±0,1 ^a
20:0	0,6±0,1	0,5±0,0 ^b	0,5±0,1 ^b	0,6±0,0 ^b	0,8±0,0 ^a	0,7±0,0 ^a	0,7±0,0 ^a
22:0	1,0±0,0	0,9±0,1 ^b	0,6±0,1 ^a	0,5±0,0 ^b	1,0±0,0 ^a	0,6±0,1 ^a	0,7±0,1 ^a
24:0	0,4±0,1	0,7±0,0 ^a	0,4±0,0 ^b	0,3±0,0 ^b	0,3±0,0 ^b	0,5±0,1 ^a	0,4±0,2 ^a
ΣSFA	25,0±0,5	28,3±0,2^a	31,4±0,2^a	31,5±0,2^a	25,9±0,2^b	27,7±0,6^b	28,2±0,3^b
14:1	0,1±0,0	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,2±0,1 ^a	0,1±0,0 ^a
15:1	0,3±0,1	0,3±0,0 ^a	0,2±0,1 ^b	0,2±0,0 ^b	0,3±0,1 ^a	0,3±0,1 ^a	0,3±0,1 ^a
16:1	2,9±0,3	3,9±0,1 ^a	5,9±0,3 ^a	5,3±0,2 ^a	3,2±0,1 ^b	3,3±0,2 ^b	3,1±0,1 ^b
17:1	0,3±0,0	0,4±0,0 ^a	0,4±0,0 ^a	0,4±0,0 ^a	0,3±0,0 ^b	0,3±0,0 ^b	0,3±0,0 ^b
18:1n-9	26,2±0,2	22,7±0,1 ^b	24,0±0,1 ^a	20,7±0,5 ^a	24,8±0,2 ^a	20,6±0,4 ^b	19,9±0,3 ^a
20:1n-9	0,4±0,0	0,2±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a	—
22:1	0,4±0,0	0,6±0,0 ^a	0,5±0,0 ^a	0,5±0,0 ^a	0,4±0,0 ^b	0,2±0,0 ^b	0,5±0,0 ^a
24:1n-9	0,4±0,1	0,6±0,1 ^a	0,5±0,1 ^b	0,1±0,0 ^a	0,3±0,0 ^b	1,1±0,2 ^a	0,2±0,0 ^a
ΣMUFA	30,9±0,4	28,8±0,1^b	31,8±0,3^a	27,5±0,4^a	29,5±0,2^a	26,2±0,4^b	24,4±0,3^b
18:2n-6	12,9±0,4	10,6±0,1 ^b	8,0±0,1 ^b	8,1±0,2 ^b	12,4±0,1 ^a	11,1±0,4 ^a	11,4±0,1 ^a
18:3n-6	0,2±0,0	0,3±0,1 ^a	0,2±0,0 ^a	0,1±0,0 ^b	0,2±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a	0,3±0,1 ^a
20:2n-6	2,0±0,2	1,7±0,0 ^b	1,8±0,0 ^b	1,5±0,1 ^b	3,3±0,1 ^a	2,8±0,2 ^a	3,5±0,1 ^a
20:3n-6	0,2±0,1	0,3±0,0 ^a	0,3±0,0 ^a	0,2±0,0 ^b	0,1±0,0 ^b	0,1±0,0 ^b	0,3±0,0 ^a
20:4n-6	1,1±0,0	1,1±0,0 ^a	1,1±0,0 ^a	1,0±0,0 ^a	0,9±0,0 ^a	1,0±0,0 ^a	1,0±0,0 ^a
22:2n-6	0,2±0,0	0,3±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,2±0,0 ^b	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a
22:4n-6	0,1±0,0	0,2±0,0 ^a	0,1±0,0 ^b	0,1±0,0 ^b	0,1±0,0 ^b	0,4±0,1 ^a	0,1±0,0 ^b
Σn-6 PUFA	16,7±0,4	14,4±0,1^b	11,6±0,2^b	11,0±0,1^b	17,3±0,1^a	15,8±0,6^a	16,5±0,1^a
18:3n-3	2,9±0,3	2,4±0,0 ^b	2,4±0,0 ^b	3,1±0,1 ^b	6,0±0,1 ^a	7,3±0,1 ^a	7,4±0,3 ^a
18:4n-3	0,3±0,0	0,2±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a	0,1±0,0 ^b	0,2±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a
20:3n-3	0,8±0,1	0,9±0,0 ^b	0,7±0,0 ^b	0,6±0,0 ^b	1,1±0,0 ^a	1,0±0,0 ^a	1,2±0,0 ^a
20:4n-3	0,6±0,0	0,6±0,0 ^a	0,5±0,0 ^b	0,4±0,0 ^b	0,6±0,0 ^a	0,6±0,0 ^a	0,6±0,0 ^a
20:5n-3	4,3±0,2	1,4±0,0 ^a	3,7±0,0 ^a	4,3±0,1 ^a	0,9±0,0 ^b	3,6±0,1 ^a	3,3±0,0 ^b
22:5n-3	1,1±0,1	4,4±0,2 ^a	0,9±0,1 ^a	1,0±0,0 ^a	3,4±0,1 ^b	0,8±0,1 ^a	0,8±0,0 ^a
22:6n-3	17,8±0,3	18,7±0,3 ^a	16,7±0,1 ^a	20,3±0,2 ^a	15,3±0,2 ^b	16,7±0,7 ^a	17,4±0,5 ^b
Σn-3 PUFA	27,7±0,4	28,6±0,4^a	25,2±0,2^b	29,8±0,4^b	27,4±0,2^b	30,3±0,7^a	30,8±0,4^a
EPA+DHA	22,0±0,3	23,1±0,4^a	20,5±0,1^a	24,6±0,3^a	18,7±0,2^b	20,3±0,8^a	20,7±0,5^b
Σn-3/Σn-6 PUFA	1,7±0,0	2,0±0,0^a	2,2±0,0^a	2,7±0,1^a	1,6±0,0^b	1,9±0,1^b	1,9±0,0^b

X ±S x =Ortalama±Ortalamının Standart Sapması, n=3. Farklı harfler birbirinden farklı olan grupları göstermektedir, p<0,05.

Çizelge 4.2. Karaciğer dokusunda %100 balık yağı ve %100 ketencik tohumu deneme sonu yağ asidi kompozisyonu

Yağ asidi	Başlangıç karaciğer	%100 balık yağı			%100 ketencik tohumu yağı		
		1.örnekleme	2.örnekleme	3.örnekleme	1.örnekleme	2.örnekleme	3.örnekleme
14:0	1,0±0,0	2,8±0,2 ^a	2,8±0,0 ^a	3,0±0,2 ^a	1,1±0,0 ^b	1,0±0,0 ^b	1,0±0,0 ^b
15:0	0,2±0,0	0,4±0,0 ^a	0,5±0,0 ^a	0,5±0,0 ^a	0,2±0,0 ^{ab}	0,2±0,0 ^b	0,2±0,0 ^b
16:0	16,8±0,1	17,7±0,1 ^a	21,0±0,3 ^a	21,4±0,1 ^a	15,4±0,2 ^c	16,4±0,4 ^a	14,1±0,4 ^a
17:0	0,4±0,0	0,4±0,0 ^a	0,5±0,0 ^a	0,5±0,0 ^a	0,3±0,0 ^a	0,5±0,0 ^a	0,3±0,0 ^b
18:0	7,2±0,2	4,7±0,1 ^a	5,0±0,1 ^b	4,8±0,3 ^b	5,6±0,3 ^{ab}	7,8±0,1 ^a	6,0±0,0 ^a
20:0	0,2±0,0	0,5±0,0 ^a	0,5±0,0 ^a	0,6±0,0 ^a	0,4±0,0 ^a	0,3±0,0 ^a	0,3±0,0 ^a
22:0	0,3±0,0	0,9±0,1 ^a	0,6±0,1 ^a	0,5±0,0 ^a	0,5±0,0 ^a	0,3±0,0 ^a	0,3±0,0 ^a
24:0	0,4±0,1	0,6±0,0 ^a	0,4±0,0 ^b	0,3±0,0 ^b	0,5±0,1 ^b	0,3±0,0 ^d	0,5±0,1 ^a
ΣSFA	26,5±0,2	28,2±0,2^a	31,4±0,2^a	31,5±0,2^a	24,0±0,3^b	26,8±0,5^b	22,7±0,5^b
14:1	0,1±0,0	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	—	0,1±0,0 ^a
15:1	0,2±0,0	0,3±0,0 ^a	0,2±0,1 ^a	0,2±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^b
16:1	2,5±0,1	3,9±0,1 ^b	5,9±0,3 ^a	5,3±0,2 ^b	3,4±0,1 ^d	2,4±0,4 ^b	3,0±0,2 ^c
17:1	0,2±0,0	0,4±0,0 ^a	0,4±0,0 ^a	0,4±0,0 ^b	0,3±0,0 ^{ab}	0,4±0,0 ^a	0,3±0,0 ^c
18:1n-9	21,2±0,3	22,8±0,0 ^b	24,0±0,1 ^a	20,7±0,5 ^b	21,6±0,1 ^d	17,2±0,1 ^c	19,9±1,1 ^d
20:1n-9	0,1±0,0	0,2±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,2±0,1 ^a	0,1±0,0 ^a	—
22:1	0,5±0,0	0,6±0,0 ^b	0,5±0,0 ^b	0,5±0,0 ^b	0,6±0,0 ^c	0,7±0,0 ^b	0,7±0,0 ^{ab}
24:1n-9	0,2±0,1	0,6±0,1 ^a	0,5±0,1 ^a	0,3±0,3 ^a	0,2±0,0 ^{bc}	0,2±0,1 ^b	0,5±0,1 ^a
ΣMUFA	25,0±0,4	28,9±0,2^a	31,8±0,3^a	27,5±0,4^a	26,7±0,2^b	21,2±0,5^b	24,7±1,1^b
18:2n-6	9,2±0,2	10,6±0,1 ^a	8,0±0,1 ^a	8,1±0,2 ^a	8,1±0,3 ^a	6,8±0,1 ^c	6,2±0,5 ^b
18:3n-6	0,2±0,0	0,3±0,1 ^a	0,2±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,2±0,0 ^c	0,1±0,0 ^b	0,1±0,0 ^b
20:2n-6	1,6±0,1	1,6±0,1 ^b	1,8±0,0 ^b	1,5±0,1 ^b	4,3±0,1 ^a	1,8±0,1 ^b	2,8±0,2 ^a
20:3n-6	0,1±0,1	0,3±0,0 ^a	0,3±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a	0,2±0,0 ^c	0,1±0,0 ^c	0,2±0,0 ^c
20:4n-6	2,9±0,1	1,1±0,0 ^b	1,1±0,0 ^b	1,0±0,0 ^b	2,0±0,1 ^b	4,1±0,1 ^a	3,8±0,1 ^a
22:2n-6	0,5±0,1	0,3±0,0 ^b	0,1±0,0 ^b	0,1±0,0 ^b	0,3±0,0 ^b	0,9±0,0 ^a	0,8±0,0 ^a
22:4n-6	0,2±0,1	0,2±0,0 ^b	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^b	0,1±0,0 ^c	0,1±0,0 ^a
Σn-6 PUFA	14,7±0,2	14,4±0,1^b	11,6±0,2^a	11,0±0,1^b	15,2±0,3^a	14,1±0,0^b	14,0±0,3^a
18:3n-3	1,2±0,2	2,4±0,0 ^a	2,4±0,0 ^a	3,1±0,1 ^a	4,0±0,0 ^a	2,2±0,1 ^a	3,3±0,2 ^a
18:4n-3	0,2±0,0	0,2±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a	0,1±0,0 ^b	0,1±0,0 ^a	0,2±0,0 ^b	0,2±0,0 ^a
20:3n-3	1,4±0,0	0,6±0,0 ^a	0,7±0,0 ^b	0,6±0,0 ^b	1,9±0,0 ^a	1,4±0,0 ^b	1,8±0,1 ^a
20:4n-3	1,0±0,0	0,8±0,4 ^a	0,5±0,0 ^b	0,4±0,0 ^b	1,4±0,0 ^b	1,4±0,1 ^b	1,1±0,0 ^b
20:5n-3	3,6±0,1	1,4±0,1 ^a	3,7±0,0 ^b	4,3±0,1 ^a	0,8±0,0 ^b	5,5±0,1 ^a	4,8±0,2 ^a
22:5n-3	1,1±0,1	4,4±0,2 ^a	0,9±0,1 ^a	1,0±0,0 ^b	3,1±0,1 ^a	1,1±0,0 ^b	1,1±0,0 ^b
22:6n-3	25,3±0,2	18,7±0,3 ^b	16,7±0,1 ^b	20,3±0,2 ^b	22,8±0,2 ^b	26,0±0,5 ^{bc}	26,5±0,6 ^a
Σn-3 PUFA	33,9±0,4	28,5±0,3^b	25,2±0,2^b	29,8±0,4^b	34,2±0,2^a	37,8±0,7^a	38,7±0,7^a
EPA+DH A	28,9±0,3	23,1±0,4^b	20,5±0,1^b	24,6±0,3^b	25,9±0,2^a	31,5±0,7^a	31,4±0,5^a
Σn-3/Σn-6 PUFA	2,3±0,1	2,0±0,0^b	2,2±0,0^b	2,7±0,1^a	2,2±0,1^a	2,7±0,0^a	2,8±0,1^a

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

Çizelge 4.3. Kas dokusunda %67 balık yağı ve %67 ketencik tohumu yağı deneme sonu yağ asidi kompozisyonu

Yağ asidi	Başlangıç kas	%67 balık yağı			%67 ketencik tohumu yağı		
		1.örnekleme	2.örnekleme	3.örnekleme	1.örnekleme	2.örnekleme	3.örnekleme
14:0	2,0±0,2	2,7±0,1 ^b	2,6±0,0 ^b	2,6±0,1 ^b	2,4±0,1 ^b	2,2±0,1 ^b	2,3±0,2 ^b
15:0	0,3±0,0	0,4±0,0 ^a	0,4±0,0 ^b	0,4±0,0 ^b	0,4±0,0 ^a	0,4±0,0 ^b	0,4±0,0 ^b
16:0	15,6±0,3	16,5±0,1 ^b	19,2±0,1 ^b	20,7±0,1 ^b	16,1±0,1 ^b	19,3±0,4 ^b	18,9±0,4 ^b
17:0	0,5±0,0	0,5±0,1 ^a	0,5±0,0 ^a	0,5±0,0 ^a	0,5±0,0 ^a	0,5±0,0 ^a	0,4±0,0 ^b
18:0	4,7±0,3	4,4±0,2 ^c	5,0±0,1 ^b	5,0±0,1 ^a	4,6±0,0 ^a	5,3±0,2 ^a	4,4±1,0 ^a
20:0	0,6±0,1	0,7±0,1 ^b	0,6±0,0 ^b	0,5±0,0 ^b	0,9±0,0 ^a	0,7±0,0 ^a	0,6±0,0 ^a
22:0	1,0±0,0	1,2±0,0 ^{ab}	0,7±0,1 ^a	0,6±0,0 ^b	1,3±0,2 ^a	0,7±0,1 ^a	0,7 ±0,0 ^a
24:0	0,4±0,1	0,3±0,0 ^c	0,2±0,0 ^c	0,4±0,1 ^a	0,4±0,1 ^b	0,3±0,1 ^b	0,4±0,2 ^a
ΣSFA	25,0±0,5	26,7±0,2^b	29,2±0,1^b	30,7±0,1^a	26,5±0,5^b	29,4±0,9^b	27,9±1,0^b
14:1	0,1±0,0	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a
15:1	0,3±0,1	0,3±0,0 ^a	0,1±0,0 ^b	0,5±0,1 ^a	0,3±0,0 ^a	0,1±0,0 ^b	0,3±0,1 ^a
16:1	2,9±0,3	4,0±0,5 ^a	4,6±0,1 ^b	4,0±0,1 ^c	3,3±0,2 ^a	3,9±0,2 ^b	4,5±1,0 ^b
17:1	0,3±0,0	0,4±0,0 ^a	0,4±0,0 ^a	0,4±0,0 ^a	0,4±0,0 ^a	0,4±0,0 ^a	0,4±0,1 ^a
18:1n-9	26,2±0,2	27,1±0,3 ^a	23,5±0,3 ^b	20,8±0,1 ^b	25,0±0,4 ^a	22,2±0,6 ^b	23,2±0,5 ^a
20:1n-9	0,4±0,0	0,2±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a	0,1±0,0 ^b	0,1±0,0 ^a
22:1	0,4±0,0	0,4±0,0 ^b	0,5±0,0 ^a	0,5±0,0 ^a	0,4±0,0 ^b	0,5±0,0 ^a	0,4±0,0 ^b
24:1n-9	0,4±0,1	0,3±0,0 ^c	0,2±0,1 ^c	0,4±0,1 ^b	0,4±0,2 ^b	0,4±0,0 ^b	0,6±0,5 ^a
ΣMUFA	30,9±0,4	32,8±0,8^a	29,8±0,3^b	26,8±0,2^c	30,2±0,4^a	27,7±0,8^b	29,3±0,6^a
18:2n-6	12,9±0,4	12,4±0,1 ^a	9,5±0,1 ^b	10,6±0,1 ^b	11,6±0,3 ^a	10,9±0,1 ^a	12,9±0,8 ^a
18:3n-6	0,2±0,0	0,1±0,0 ^c	0,2±0,0 ^a	0,1±0,0 ^b	0,2±0,0 ^b	0,2±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a
20:2n-6	2,0±0,2	2,8±0,1 ^b	2,3±0,0 ^b	2,0±0,1 ^b	3,5±0,3 ^a	2,7±0,0 ^a	2,6±0,0 ^a
20:3n-6	0,2±0,1	0,3±0,1 ^a	0,3±0,1 ^a	0,2±0,0 ^a	0,2±0,0 ^b	0,2±0,0 ^b	0,1±0,0 ^a
20:4n-6	1,1±0,0	0,8±0,0 ^c	1,1±0,0 ^a	1,0±0,0 ^a	0,9±0,0 ^b	1,0±0,1 ^a	0,8±0,1 ^b
22:2n-6	0,2±0,0	0,2±0,0 ^b	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,2±0,0 ^b	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a
22:4n-6	0,1±0,0	0,1±0,0 ^b	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^b	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a
Σn-6 PUFA	16,7±0,4	16,8±0,2^a	13,5±0,1^c	14,0±0,1^b	16,6±0,1^a	15,2±0,1^a	16,9±0,8^a
18:3n-3	2,9±0,3	4,1±0,1 ^b	4,0±0,0 ^b	4,4±0,1 ^b	5,7±0,3 ^a	5,4±0,2 ^a	5,6±0,4 ^a
18:4n-3	0,3±0,0	0,2±0,0 ^b	0,2±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,3±0,0 ^a	0,1±0,0 ^b	0,1±0,0 ^a
20:3n-3	0,8±0,1	1,0±0,0 ^a	0,8±0,0 ^a	0,9±0,0 ^b	1,0±0,0 ^b	1,0±0,0 ^b	1,0±0,1 ^b
20:4n-3	0,6±0,0	0,4 ±0,0 ^c	0,5±0,0 ^b	0,5±0,0 ^a	0,5±0,0 ^b	0,7±0,0 ^a	0,5±0,0 ^a
20:5n-3	4,3±0,2	0,8±0,0 ^c	4,0±0,1 ^a	3,8±0,1 ^b	1,0±0,1 ^b	3,4±0,0 ^a	3,2±0,2 ^b
22:5n-3	1,1±0,1	3,4±0,2 ^c	1,0±0,1 ^a	0,9±0,1 ^b	3,8±0,2 ^b	0,9±0,0 ^a	0,9±0,2 ^a
22:6n-3	17,8±0,3	13,7±0,7 ^c	16,7±0,3 ^a	18,0±0,3 ^b	14,6±0,3 ^b	16,0±0,3 ^a	14,5±0,3 ^b
Σn-3 PUFA	27,7±0,4	23,6±0,8^c	27,4±0,5^a	28,6±0,3^a	26,7±0,4^b	27,6±0,2^a	25,8±0,4^b
EPA+DHA	22,0±0,3	17,0±0,9^b	20,7±0,4^a	21,8±0,3^b	18,4±0,2^b	19,4±0,3^b	17,6±0,2^b
Σn-3/Σn-6 PUFA	1,7±0,0	1,4±0,1^c	2,0±0,0^a	2,0±0,0^b	1,6±0,0^b	1,8±0,0^b	1,5±0,1^b

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

Çizelge 4.4. Karaciğer dokusunda %67 balık yağı ve %67 ketencik tohumu yağı deneme sonu yağ asidi kompozisyonu

Yağ asidi	Başlangıç karaciğer	%67 balık yağı			%67 ketencik tohumu yağı		
		1.örnekleme	2.örnekleme	3.örnekleme	1.örnekleme	2.örnekleme	3.örnekleme
14:0	1,0±0,0	1,4±0,0 ^a	1,1±0,1 ^a	1,4±0,1 ^a	2,4±0,1 ^{ab}	2,2±0,1 ^c	2,3±0,2 ^c
15:0	0,2±0,0	0,2±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a	0,4±0,0 ^a	0,4±0,0 ^b	0,4±0,0 ^b
16:0	16,8±0,1	16,8±0,2 ^b	14,4±0,3 ^a	12,8±0,4 ^b	16,1±0,1 ^b	19,3±0,4 ^b	18,9±0,4 ^c
17:0	0,4±0,0	0,3±0,0 ^b	0,4±0,0 ^a	0,4±0,0 ^a	0,5±0,0 ^a	0,5±0,0 ^a	0,4±0,0 ^b
18:0	7,2±0,2	5,8±0,1 ^a	7,0±0,2 ^a	5,6±0,3 ^b	4,6±0,0 ^{ab}	5,3±0,2 ^a	4,4±1,0 ^c
20:0	0,2±0,0	0,2±0,0 ^b	0,2±0,0 ^b	0,2±0,0 ^b	0,9±0,0 ^a	0,7±0,0 ^a	0,6±0,0 ^a
22:0	0,3±0,0	0,5±0,0 ^a	0,3±0,0 ^a	0,3±0,0 ^a	1,3±0,2 ^a	0,7±0,1 ^a	0,7 ±0,0 ^a
24:0	0,4±0,1	0,4±0,0 ^b	0,5±0,0 ^a	0,4±0,1 ^b	0,4±0,1 ^b	0,3±0,1 ^b	0,4±0,2 ^a
ΣSFA	26,5±0,2	25,6±0,4^b	24,1±0,4^a	21,2±0,7^b	26,5±0,5^b	29,4±0,9^b	27,9±1,0^b
14:1	0,1±0,0	0,1±0,0 ^a	—	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a
15:1	0,2±0,0	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a	0,3±0,0 ^a	0,1±0,0 ^b	0,3±0,1 ^b
16:1	2,5±0,1	6,8±0,0 ^a	3,6±0,2 ^b	6,2±0,3 ^a	3,3±0,2 ^b	3,9±0,2 ^c	4,5±1,0 ^b
17:1	0,2±0,0	0,4±0,1 ^a	0,4±0,0 ^a	0,5±0,0 ^a	0,4±0,0 ^a	0,4±0,0 ^a	0,4±0,1 ^a
18:1n-9	21,2±0,3	28,6±0,1 ^a	21,5±0,6 ^b	30,4±0,2 ^a	25,0±0,4 ^b	22,2±0,6 ^c	23,2±0,5 ^a
20:1n-9	0,1±0,0	0,2±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a	0,1±0,0 ^b	0,1±0,0 ^a
22:1	0,5±0,0	0,8±0,1 ^a	0,7±0,0 ^a	0,6±0,1 ^a	0,4±0,0 ^b	0,5±0,0 ^a	0,4±0,0 ^b
24:1n-9	0,2±0,1	0,2±0,0 ^b	0,2±0,0 ^b	0,2±0,2 ^b	0,4±0,2 ^b	0,4±0,0 ^b	0,6±0,5 ^a
ΣMUFA	25,0±0,4	37,2±0,2^a	26,6±0,8^b	38,3±0,1^a	30,2±0,4^b	27,7±0,8^c	29,3±0,6^a
18:2n-6	9,2±0,2	3,3±0,1 ^b	4,8±0,1 ^b	5,1±0,6 ^b	11,6±0,3 ^b	10,9±0,1 ^a	12,9±0,8 ^a
18:3n-6	0,2±0,0	0,1±0,0 ^b	0,1±0,0 ^b	0,1±0,0 ^a	0,2±0,0 ^b	0,2±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a
20:2n-6	1,6±0,1	1,7±0,1 ^a	2,6±0,1 ^a	2,0±0,1 ^b	3,5±0,3 ^a	2,7±0,0 ^a	2,6±0,0 ^a
20:3n-6	0,1±0,1	0,3±0,0 ^a	0,3±0,1 ^a	0,2±0,0 ^b	0,2±0,0 ^b	0,2±0,0 ^b	0,1±0,0 ^b
20:4n-6	2,9±0,1	1,4±0,1 ^b	3,5±0,1 ^a	2,7±0,4 ^b	0,9±0,0 ^b	1,0±0,1 ^{ab}	0,8±0,1 ^b
22:2n-6	0,5±0,1	0,6±0,1 ^a	0,7±0,1 ^a	0,4±0,1 ^b	0,2±0,0 ^b	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a
22:4n-6	0,2±0,1	0,3±0,1 ^a	0,1±0,0 ^b	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^b	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a
Σn-6 PUFA	14,7±0,2	7,8±0,3^b	11,9±0,1^b	10,5±0,2^b	16,6±0,1^a	15,2±0,1^a	16,9±0,8^a
18:3n-3	1,2±0,2	0,5±0,0 ^a	1,5±0,1 ^b	1,6±0,3 ^b	5,7±0,3 ^a	5,4±0,2 ^a	5,6±0,4 ^a
18:4n-3	0,2±0,0	0,1±0,0 ^b	0,2±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a	0,3±0,0 ^a	0,1±0,0 ^b	0,1±0,0 ^a
20:3n-3	1,4±0,0	0,5±0,0 ^a	1,3±0,0 ^a	1,1±0,0 ^b	1,0±0,0 ^a	1,0±0,0 ^c	1,0±0,1 ^a
20:4n-3	1,0±0,0	0,6±0,0 ^b	0,7±0,0 ^b	0,5±0,1 ^b	0,5±0,0 ^b	0,7±0,0 ^a	0,5±0,0 ^a
20:5n-3	3,6±0,1	1,5±0,4 ^a	4,7±0,2 ^a	3,9±0,3 ^a	1,0±0,1 ^b	3,4±0,0 ^c	3,2±0,2 ^c
22:5n-3	1,1±0,1	3,1±0,2 ^b	1,3±0,1 ^a	1,2±0,0 ^a	3,8±0,2 ^b	0,9±0,0 ^b	0,9±0,2 ^b
22:6n-3	25,3±0,2	22,9±0,2 ^b	27,6±0,8 ^a	21,4±0,6 ^b	14,6±0,3 ^b	16,0±0,3 ^b	14,5±0,3 ^c
Σn-3 PUFA	33,9±0,4	29,4±0,4^b	37,3±0,7^a	30,0±0,6^b	26,7±0,4^b	27,6±0,2^a	25,8±0,4^b
EPA+DHA	28,9±0,3	26,1±0,3^b	32,3±0,7^a	25,3±0,3^b	18,4±0,2^b	19,4±0,3^{ab}	17,6±0,2^c
Σn-3/Σn-6 PUFA	2,3±0,1	3,8±0,2^a	3,1±0,0^a	2,9±0,0^a	1,6±0,0^b	1,8±0,0^c	1,5±0,1^c

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

Çizelge 4.5. Kas dokusunda %33 balık yağı ve %33 ketencik tohumu yağı deneme sonu yağ asidi kompozisyonu

Yağ asidi	Başlangıç kas	%33 balık yağı			%33 ketencik tohumu yağı		
		1.örnekleme	2.örnekleme	3.örnekleme	1.örnekleme	2.örnekleme	3.örnekleme
14:0	2,0±0,2	2,4±0,1 ^b	2,2±0,1 ^b	2,3±0,2 ^b	2,7±0,1 ^b	2,6±0,0 ^b	2,6±0,1 ^b
15:0	0,3±0,0	0,4±0,0 ^a	0,4±0,0 ^b	0,4±0,0 ^b	0,4±0,0 ^a	0,4±0,0 ^b	0,4±0,0 ^b
16:0	15,6±0,3	16,1±0,1 ^b	19,3±0,4 ^b	18,9±0,4 ^b	16,5±0,1 ^b	19,2±0,1 ^b	20,7±0,1 ^b
17:0	0,5±0,0	0,5±0,0 ^a	0,5±0,0 ^a	0,4±0,0 ^b	0,5±0,1 ^a	0,5±0,0 ^a	0,5±0,0 ^a
18:0	4,7±0,3	4,6±0,0 ^a	5,3±0,2 ^a	4,4±1,0 ^a	4,4±0,2 ^c	5,0±0,1 ^b	5,0±0,1 ^a
20:0	0,6±0,1	0,9±0,0 ^a	0,7±0,0 ^a	0,6±0,0 ^a	0,7±0,1 ^b	0,6±0,0 ^b	0,5±0,0 ^b
22:0	1,0±0,0	1,3±0,2 ^a	0,7±0,1 ^a	0,7 ±0,0 ^a	1,2±0,0 ^{ab}	0,7±0,1 ^a	0,6±0,0 ^b
24:0	0,4±0,1	0,4±0,1 ^b	0,3±0,1 ^b	0,4±0,2 ^a	0,3±0,0 ^c	0,2±0,0 ^c	0,4±0,1 ^a
ΣSFA	25,0±0,5	26,5±0,5^b	29,4±0,9^b	27,9±1,0^b	26,7±0,2^b	29,2±0,1^b	30,7±0,1^a
14:1	0,1±0,0	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a
15:1	0,3±0,1	0,3±0,0 ^a	0,1±0,0 ^b	0,3±0,1 ^a	0,3±0,0 ^a	0,1±0,0 ^b	0,5±0,1 ^a
16:1	2,9±0,3	3,3±0,2 ^b	3,9±0,2 ^b	4,5±1,0 ^b	4,0±0,5 ^a	4,6±0,1 ^b	4,0±0,1 ^c
17:1	0,3±0,0	0,4±0,0 ^a	0,4±0,0 ^a	0,4±0,1 ^a	0,4±0,0 ^a	0,4±0,0 ^a	0,4±0,0 ^a
18:1n-9	26,2±0,2	25,0±0,4 ^a	22,2±0,6 ^b	23,2±0,5 ^a	27,1±0,3 ^a	23,5±0,3 ^b	20,8±0,1 ^b
20:1n-9	0,4±0,0	0,2±0,0 ^a	0,1±0,0 ^b	0,1±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a
22:1	0,4±0,0	0,4±0,0 ^b	0,5±0,0 ^a	0,4±0,0 ^b	0,4±0,0 ^b	0,5±0,0 ^a	0,5±0,0 ^a
24:1n-9	0,4±0,1	0,4±0,2 ^b	0,4±0,0 ^b	0,6±0,5 ^a	0,3±0,0 ^c	0,2±0,1 ^c	0,4±0,1 ^b
ΣMUFA	30,9±0,4	30,2±0,4^a	27,7±0,8^b	29,3±0,6^a	32,8±0,8^a	29,8±0,3^b	26,8±0,2^c
18:2n-6	12,9±0,4	11,6±0,3 ^a	10,9±0,1 ^a	12,9±0,8 ^a	12,4±0,1 ^a	9,5±0,1 ^b	10,6±0,1 ^b
18:3n-6	0,2±0,0	0,2±0,0 ^b	0,2±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a	0,1±0,0 ^c	0,2±0,0 ^a	0,1±0,0 ^b
20:2n-6	2,0±0,2	3,5±0,3 ^a	2,7±0,0 ^a	2,6±0,0 ^a	2,8±0,1 ^b	2,3±0,0 ^b	2,0±0,1 ^b
20:3n-6	0,2±0,1	0,2±0,0 ^b	0,2±0,0 ^b	0,1±0,0 ^b	0,3±0,1 ^a	0,3±0,1 ^a	0,2±0,0 ^a
20:4n-6	1,1±0,0	0,9±0,0 ^b	1,0±0,1 ^a	0,8±0,1 ^b	0,8±0,0 ^c	1,1±0,0 ^a	1,0±0,0 ^a
22:2n-6	0,2±0,0	0,2±0,0 ^b	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,2±0,0 ^b	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a
22:4n-6	0,1±0,0	0,1±0,0 ^b	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^b	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a
Σn-6 PUFA	16,7±0,4	16,6±0,1^a	15,2±0,1^a	16,9±0,8^a	16,8±0,2^a	13,5±0,1^c	14,0±0,1^b
18:3n-3	2,9±0,3	5,7±0,3 ^a	5,4±0,2 ^a	5,6±0,4 ^a	4,1±0,1 ^b	4,0±0,0 ^b	4,4±0,1 ^b
18:4n-3	0,3±0,0	0,3±0,0 ^a	0,1±0,0 ^b	0,1±0,0 ^a	0,2±0,0 ^b	0,2±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a
20:3n-3	0,8±0,1	1,0±0,0 ^b	1,0±0,0 ^b	1,0±0,1 ^b	1,0±0,0 ^a	0,8±0,0 ^a	0,9±0,0 ^b
20:4n-3	0,6±0,0	0,5±0,0 ^b	0,7±0,0 ^a	0,5±0,0 ^a	0,4 ±0,0 ^c	0,5±0,0 ^b	0,5±0,0 ^a
20:5n-3	4,3±0,2	1,0±0,1 ^b	3,4±0,0 ^a	3,2±0,2 ^b	0,8±0,0 ^c	4,0±0,1 ^a	3,8±0,1 ^b
22:5n-3	1,1±0,1	3,8±0,2 ^b	0,9±0,0 ^a	0,9±0,2 ^a	3,4±0,2 ^c	1,0±0,1 ^a	0,9±0,1 ^b
22:6n-3	17,8±0,3	14,6±0,3 ^b	16,0±0,3 ^a	14,5±0,3 ^b	13,7±0,7 ^c	16,7±0,3 ^a	18,0±0,3 ^b
Σn-3 PUFA	27,7±0,4	26,7±0,4^b	27,6±0,2^a	25,8±0,4^b	23,6±0,8^c	27,4±0,5^a	28,6±0,3^a
EPA+DHA	22,0±0,3	18,4±0,2^b	19,4±0,3^b	17,6±0,2^b	17,0±0,9^b	20,7±0,4^a	21,8±0,3^b
Σn-3/Σn-6 PUFA	1,7±0,0	1,6±0,0^b	1,8±0,0^b	1,5±0,1^b	1,4±0,1^c	2,0±0,0^a	2,0±0,0^b

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

Çizelge 4.6. Karaciğer dokusunda %33 balık yağı ve %33 ketencik tohumu yağı deneme sonu yağ asidi kompozisyonu

Yağ asidi	Başlangıç karaciğer	%33 balık yağı			%33 ketencik tohumu yağı		
		1.örnekleme	2.örnekleme	3.örnekleme	1.örnekleme	2.örnekleme	3.örnekleme
14:0	1,0±0,0	1,2±0,1 ^b	1,1±0,1 ^a	1,1±0,0 ^b	1,4±0,0 ^a	1,1±0,1 ^a	1,4±0,1 ^a
15:0	0,2±0,0	0,2±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a
16:0	16,8±0,1	18,1±0,1 ^a	13,9±0,3 ^b	13,6±0,1 ^a	16,8±0,2 ^b	14,4±0,3 ^a	12,8±0,4 ^b
17:0	0,4±0,0	0,4±0,0 ^a	0,3±0,0 ^b	0,3±0,0 ^b	0,3±0,0 ^b	0,4±0,0 ^a	0,4±0,0 ^a
18:0	7,2±0,2	5,4±0,2 ^b	6,3±0,1 ^b	6,0±0,1 ^a	5,8±0,1 ^a	7,0±0,2 ^a	5,6±0,3 ^b
20:0	0,2±0,0	0,5±0,0 ^a	0,3±0,0 ^a	0,3±0,0 ^a	0,2±0,0 ^b	0,2±0,0 ^b	0,2±0,0 ^b
22:0	0,3±0,0	0,4±0,0 ^b	0,3±0,0 ^a	0,3±0,0 ^a	0,5±0,0 ^a	0,3±0,0 ^a	0,3±0,0 ^a
24:0	0,4±0,1	0,6±0,0 ^a	0,5±0,0 ^a	0,5±0,1 ^a	0,4±0,0 ^b	0,5±0,0 ^a	0,4±0,1 ^b
ΣSFA	26,5±0,2	26,8±0,2^a	22,9±0,5^b	22,3±0,2^a	25,6±0,4^b	24,1±0,4^a	21,2±0,7^b
14:1	0,1±0,0	—	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	—	0,1±0,0 ^a
15:1	0,2±0,0	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^b	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a
16:1	2,5±0,1	2,3±0,1 ^b	4,2±0,1 ^a	4,3±0,5 ^b	6,8±0,0 ^a	3,6±0,2 ^b	6,2±0,3 ^a
17:1	0,2±0,0	0,3±0,0 ^b	0,3±0,0 ^b	0,3±0,0 ^b	0,4±0,1 ^a	0,4±0,0 ^a	0,5±0,0 ^a
18:1n-9	21,2±0,3	17,4±0,1 ^b	23,6±0,7 ^a	25,5±0,0 ^b	28,6±0,1 ^a	21,5±0,6 ^b	30,4±0,2 ^a
20:1n-9	0,1±0,0	0,2±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a
22:1	0,5±0,0	0,5±0,0 ^b	0,6±0,0 ^b	0,6±0,0 ^a	0,8±0,1 ^a	0,7±0,0 ^a	0,6±0,1 ^a
24:1n-9	0,2±0,1	0,4±0,1 ^a	0,3±0,1 ^a	0,3±0,1 ^a	0,2±0,0 ^b	0,2±0,0 ^b	0,2±0,2 ^b
ΣMUFA	25,0±0,4	21,5±0,7^b	29,2±0,7^a	31,4±0,4^b	37,2±0,2^a	26,6±0,8^b	38,3±0,1^a
18:2n-6	9,2±0,2	7,8±0,2 ^a	7,7±0,2 ^a	5,9±0,2 ^a	3,3±0,1 ^b	4,8±0,1 ^b	5,1±0,6 ^b
18:3n-6	0,2±0,0	0,2±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^b	0,1±0,0 ^b	0,1±0,0 ^a
20:2n-6	1,6±0,1	1,4±0,1 ^b	1,8±0,1 ^b	2,6±0,1 ^a	1,7±0,1 ^a	2,6±0,1 ^a	2,0±0,1 ^b
20:3n-6	0,1±0,1	0,1±0,0 ^b	0,2±0,0 ^b	0,3±0,0 ^a	0,3±0,0 ^a	0,3±0,1 ^a	0,2±0,0 ^b
20:4n-6	2,9±0,1	3,5±0,1 ^a	3,3±0,2 ^b	2,9±0,1 ^a	1,4±0,1 ^b	3,5±0,1 ^a	2,7±0,4 ^b
22:2n-6	0,5±0,1	0,1±0,0 ^b	0,7±0,1 ^a	0,6±0,0 ^a	0,6±0,1 ^a	0,7±0,1 ^a	0,4±0,1 ^b
22:4n-6	0,2±0,1	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a	0,3±0,1 ^a	0,1±0,0 ^a	0,1±0,0 ^a
Σn-6 PUFA	14,7±0,2	13,1±0,2^a	14,1±0,2^a	12,6±0,1^a	7,8±0,3^b	11,9±0,1^b	10,5±0,2^b
18:3n-3	1,2±0,2	2,3±0,1 ^a	2,0±0,1 ^a	2,3±0,1 ^a	0,5±0,0 ^b	1,5±0,1 ^b	1,6±0,3 ^b
18:4n-3	0,2±0,0	0,2±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a	0,1±0,0 ^b	0,2±0,0 ^a	0,2±0,0 ^a
20:3n-3	1,4±0,0	0,8±0,0 ^a	1,5±0,0 ^a	1,4±0,0 ^a	0,5±0,0 ^b	1,3±0,0 ^b	1,1±0,0 ^b
20:4n-3	1,0±0,0	0,7±0,0 ^a	1,3±0,1 ^a	0,9±0,0 ^a	0,6±0,0 ^b	0,7±0,0 ^b	0,5±0,1 ^b
20:5n-3	3,6±0,1	1,5±0,0 ^a	4,1±0,2 ^a	4,0±0,1 ^a	1,5±0,4 ^a	4,7±0,2 ^a	3,9±0,3 ^a
22:5n-3	1,1±0,1	6,1±0,1 ^a	0,9±0,0 ^b	1,1±0,0 ^a	3,1±0,2 ^b	1,3±0,1 ^a	1,2±0,0 ^a
22:6n-3	25,3±0,2	27,3±0,3 ^a	23,8±1,0 ^b	23,9±0,2 ^a	22,9±0,2 ^b	27,6±0,8 ^a	21,4±0,6 ^b
Σn-3 PUFA	33,9±0,4	38,9±0,3^a	33,8±1,1^b	33,8±0,2^a	29,4±0,4^b	37,3±0,7^a	30,0±0,6^b
EPA+DHA	28,9±0,3	33,3±0,3^a	27,9±1,2^b	27,9±0,2^a	26,1±0,3^b	32,3±0,7^a	25,3±0,3^b
Σn-3/Σn-6 PUFA	2,3±0,1	3,0±0,1^b	2,4±0,1^b	2,7±0,0^a	3,8±0,2^a	3,1±0,0^a	2,9±0,0^a

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

4.1.1. Karaciğer dokusunda SFA profillerine ilişkin sonuçlar

Balık yağı ve ketencik tohumu yağı gruplarının yağ asidi değerleri Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Çizelge 4.4, Çizelge 4.5, Çizelge 4.6'da verilmiştir. 1. örneklemede üç grup arasında en yüksek Σ SFA değerleri %100 balık yağı grubunda ($28,2 \pm 0,2$), en düşük değer ise %100 ketencik tohumu yağı grubunda ($24,0 \pm 0,3$) olduğu belirlenip, %67 ketencik tohumu yağı ($26,8 \pm 0,2$) grubu ve %33 ketencik tohumu yağı grubunun ($25,6 \pm 0,4$) ise bu iki değer arasında yer aldığı tespit edilmiştir. İstatistiksel olarak %100 ve %33'lük balık yağı grubu, %100 ve %33'lük ketencik tohumu yağı grubundan önemli derecede yüksek olduğu tespit edilirken, diğer %67'lik grup arasında ise ketencik tohumu yağı grubunun önemli derecede yüksek olduğu belirlenmiştir. 2. örneklemede en yüksek %100 balık yağı grubu ($31,4 \pm 0,2$) en düşük değer ise %67 ketencik tohumu yağı grubu ($22,9 \pm 0,5$) bulunmuştur. %33 ketencik tohumu yağı grubu ($24,1 \pm 0,4$) ise bu iki değer arasında bulunup, istatistiksel olarak gruplar arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir. 3. örneklemelerinin karşılaştırılması sonrasında ise üç grup arasında en yüksek Σ SFA değeri %100 balık yağı grubunda ($31,5 \pm 0,2$), en düşük ise %33 ketencik tohumu yağı grubunda ($21,2 \pm 0,7$) görülmektedir. %100 ve %67 ketencik tohumu yağı grubu ($22,7 \pm 0,5$, $22,3 \pm 0,2$) ise bu ikisi arasında bir değer göstermiştir. İstatistiksel analizler neticesinde %67 ketencik tohumu yağı grubu ile %33 ketencik tohumu yağı grubu arasındaki farkın önemli olmadığı, ancak %100 balık yağı grubunun bu iki gruptan önemli derecede yüksek olduğu belirlenmiştir.

4.1.2. Karaciğer dokusunda MUFA profillerine ilişkin sonuçlar

Tekli doymamış yağ asitleri bakımından 1. örneklemelerin karşılaştırılmasında en yüksek Σ MUFA değeri $37,2 \pm 0,2$ ile %33 ketencik tohumu yağı grubunda görülürken, en düşük değer ise %67 ketencik tohumu yağı grubunda $21,5 \pm 0,7$ olarak belirlenmiştir. %100 balık yağı grubu ise ($28,9 \pm 0,2$) iki değer arasında bulunmuş olup gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. 2. örneklemelerinin karşılaştırılmasında en yüksek değer %100 balık yağı grubunda

(%31,8±0,3), en düşük değer %100 ketencik tohumu yağı grubunda (%21,2±0,5) bulunmuştur. İkisi arasındaki değer ise %67 ketencik tohumu yağı grubunda (%29,2±0,7) görülmüş olup gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. 3. örneklemelerinin karşılaştırılması sonrasında %100 balık yağı grubu (%27,5±0,4), %100 ketencik tohumu yağı grubu (24,7±1,1), %67 ketencik tohumu yağı grubu (%31,4±0,4) ve %33 ketencik tohumu yağı grubu (%38,3±0,1) değerleri arasında değişmiştir. İstatistiksel analizler neticesinde gruplar arasındaki farkların önemli ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir.

4.1.3. Karaciğer dokusunda n-3 çoklu doymamış yağ asidi profillerine ilişkin sonuçlar

Σ n-3 PUFA miktarı incelendiğinde grupların 1. örneklemeleri arasında en yüksek değer %67 ketencik tohumu yağı grubunda (%38,9±0,3), olduğu ve diğer grupların ise sırayla %33 ketencik tohumu (%29,4±0,4), %100 balık yağı (%28,5±0,3) ve %100 ketencik tohumu yağı (%34,2±0,2) değerlerini aldığı görülmüştür. İstatistiksel analizler neticesinde gruplar arasındaki farkların önemli ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir. 2. örneklemede %100 ketencik tohumu yağı grubu (%37,8±0,7) en yüksek değere sahip olup, %33 ketencik tohumu yağı grubu (37,3±0,7) ile arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. En düşük değer ise %100 balık yağı grubunda (%25,2±0,2) görülmektedir. İki değer arasında ise %67 ketencik tohumu yağı grubu (%33,8±1,1) bulunmuş olup, aradaki farkların istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir. 3. örneklemede %100 ketencik tohumu yağı grubu ile (%38,7±0,7) en yüksek değere sahip olup, %100 balık yağı grubu ise en düşük değere (%29,8±0,4) sahip olmaktadır. %67 ketencik tohumu yağı (%33,8±1,1) ile %33 ketencik tohumu yağı (%30,0±0,6) grubu iki değer arasında bulunmuştur. İstatistiksel analizler neticesinde gruplar arasındaki farkların önemli ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir.

4.1.4. Karaciğer dokusunda n-6 çoklu doymamış yağ asidi profillerine ilişkin sonuçlar

Σ n-6 PUFA miktarı incelendiğinde grupların 1.örneklemeleri en yüksek değerini %100 ketencik tohumu yağı (%15,2±0,3) ve sonra sırasıyla %33 ketencik tohumu yağı, %100 balık yağı ve %67 ketencik tohumu yağı (%7,8±0,3, %14,4±0,1, %13,1±0,2) olduğu belirlenmiştir. İstatistiksel analizler neticesinde gruplar arasındaki farkların önemli ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir. 2. örneklemeler arasında en yüksek değer %67 ketencik tohumu yağı grubunda (%14,1±0,2), görülüp, diğer grupların ise sırayla %33 ketencik tohumu (%11,9±0,1), %100 balık yağı (%11,6±0,2) ve %100 ketencik tohumu yağı (%14,1±0,0) grubu değerlerini aldığı görülmüştür. İstatistiksel analizler neticesinde %100 balık yağı grubu ve %33 ketencik tohumu yağı grubunun önemli derecede ($p<0,05$) farklı olduğu, ancak %100 ketencik tohumu yağı grubu ve %67 ketencik tohumu yağı grupları arasındaki farkın önemsiz olduğu tespit edilmiştir. 3. örneklemelerin karşılaştırılmasında %100 ketencik tohumu yağı (%14,0±0,3) değerle yüksek bulunup, %33 ketencik tohumu yağı grubu en düşük değere (%10,5±0,2) sahip olmaktadır. %67 ketencik tohumu yağı grubu (%12,6±0,1) ve %100 balık yağı grubu (11,0±0,1) ise bu iki değer arasında olduğu belirlenmiştir. İstatistiksel analizler neticesinde gruplar arasındaki farkların önemli ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir.

4.1.5. Karaciğer dokusunda n-3/n-6 PUFA ve EPA+DHA değerleri

Σ n-3/n-6 PUFA oranı 1. örneklemelerin en yüksek değeri %33 ketencik tohumu yağı grubunda (%3,8±0,2) bulunmuştur. En düşük değer ise %100 balık yağı grubunda (%2,0±0,0) bulunup, %67 ketencik tohumu yağı grubu (%3,0±0,1) ve %100 ketencik tohumu yağı (%2,2±0,2) grubu ise bu iki değer arasında olduğu belirlenmiştir. İstatistiksel analizler neticesinde gruplar arasındaki farkların önemli ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir. 2. örneklemelerinde %33 ketencik tohumu yağı grubu (%3,1±0,0) ile en yüksek değer bulunup, en düşük değer ise (%2,2±0,0) ile %100 balık yağı grubu görülüp, %67 ketencik tohumu yağı grubu (%2,4±0,1) ve %100 ketencik tohumu yağı (%2,7±0,0) ise bu iki değer arasında bulunmuştur. İstatistiksel analizler neticesinde

gruplar arasındaki farkların önemli ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir. 3. örneklemelerin karşılaştırılmasında %100 balık yağı grubu ($2,7\pm0,1$), %67 ketencik tohumu yağı grubu ($2,7\pm0,0$), %33 ketencik tohumu yağı grubu ($2,9\pm0,0$) ve %100 ketencik tohumu yağı ($2,8\pm0,1$) değerleri arasında değişip, istatistiksel analizler neticesinde %100 balık yağı grubu ile %67 ketencik tohumu yağı grubu arasında fark görülmeyp, %33 ketencik tohumu yağı grubu ve %100 ketencik tohumu yağı grupları arasındaki farkların önemli ($p<0,05$) olduğu belirlenmiştir.

Çalışmada son olarak EPA+DHA değerinin gruplarda nasıl bir değişim gösterdiği test edilmiştir. Buna göre 1. örneklemede sırasıyla %100 balık yağı grubu ($23,1\pm0,4$), %67 ketencik tohumu yağı grubu ($33,3\pm0,3$), %33 ketencik tohumu yağı grubu ($26,1\pm0,3$) ve %100 ketencik tohumu yağı grubu ($25,9\pm0,2$) değerleri görülmüştür. En yüksek değer %67 ketencik tohumu yağı grubunda görülüp, en düşük değer ise %100 balık yağı grubunda görülmektedir. İstatistiksel analizler neticesinde gruplar arasındaki farkların önemli ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir. 2. örneklemede en yüksek %33 ketencik tohumu yağı grubu ($32,3\pm0,7$) görülüp, en düşük değer ise %100 balık yağı ($20,5\pm0,1$) grubunda görülmüştür. %100 ketencik tohumu yağı grubu ($31,5\pm0,7$) ve %67 ketencik tohumu yağı grubu ($27,9\pm1,2$) bu iki değer arasında görülmektedir. İstatistiksel analizler neticesinde gruplar arasındaki farkların önemli ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir. 3. örneklemede en yüksek değer %100 ketencik tohumu yağı grubunda ($31,5\pm0,7$) görülüp, en düşük değer ise %100 balık yağı ($24,6\pm0,3$) grubunda tespit edilmiştir. %67 ketencik tohumu yağı grubu ($27,9\pm0,2$) ve %33 ketencik tohumu yağı grubu ($25,3\pm0,3$) ise bu iki değer arasında görülmektedir. İstatistiksel analizler neticesinde gruplar arasındaki farkların önemli ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir.

4.1.6. Kas dokusunda SFA profillerine ilişkin sonuçlar

1. örneklemede en yüksek Σ SFA değerleri %100 balık yağı grubunda ($28,3\pm0,2$) belirlenmiştir. En düşük Σ SFA değeri ise, %100 ketencik tohumu yağı grubunda ($25,9\pm0,2$) görülüp, %33 ketencik tohumu yağı grubu ise ($26,7\pm0,2$) bu iki değer

arasında olduğu belirlenmiştir. İstatistiksel olarak %100'lük balık yağı grubunun %33 ketencik tohumu yağı grubu ve %67 ketencik tohumu yağı grubundan önemli derecede yüksek olduğu tespit edilirken diğer iki grup arasındaki farkın önemli olmadığı belirlenmiştir. 2. örneklemelerinin karşılaştırılması sırasında %100 balık yağı grubu (%31,4±0,2), %67 ketencik tohumu yağı grubu (%29,4±0,9), %33 ketencik tohumu yağı grubu (%29,2±0,1) ve %100 ketencik tohumu yağı grubu (%27,7±0,6) belirlenmiştir. İstatistiksel olarak %100'lük balık yağı grubunun %33 ketencik tohumu yağı grubu, %100 ketencik tohumu yağı grubu ve %67 ketencik tohumu yağı grubundan önemli derecede yüksek olduğu tespit edilirken diğer iki grup arasındaki farkın önemli olmadığı belirlenmiştir. 3. örneklemelerinin karşılaştırılması sonrasında ise %100 balık yağı grubunda (%31,5±0,2), %67 ketencik tohumu yağı grubunda (%27,9±1,0), %100 ketencik tohumu yağı grubunda (%28,2±0,3) ve %33 ketencik tohumu yağı (%30,7±0,1) değerleri arasında değişmiştir. İstatistiksel analizler neticesinde gruplar birbirleriyle karşılaştırıldığında %100 balık yağı grubunun %67 ketencik tohumu yağı grubu ve %33 ketencik tohumu yağı grubunun önemli derecede ($p<0,05$) farklı olduğu tespit edilmiştir. %67 ketencik tohumu yağı grubu, %33 ketencik tohumu yağı grubu ve %100 ketencik tohumu yağı grupları arasındaki fark ise istatistiksel olarak önem arz etmemektedir.

4.1.7. Kas dokusunda MUFA profillerine ilişkin sonuçlar

Tekli doymamış yağ asitleri bakımından 1. örneklemelerin karşılaştırılması incelendiğinde en yüksek Σ MUFA miktarının %33 ketencik tohumu yağı (%32,8±0,8) grubunda görülürken, en düşük Σ MUFA değeri %100 balık yağı (%28,8±0,1) olarak saptanmıştır. %67 ketencik tohumu yağı grubu (%30,2±0,4) ve %100 ketencik tohumu yağı grubu (%29,5±0,2) ise iki değer arasında bulunup, istatistiksel analizler neticesinde gruplar arasındaki farkların önemli ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir. 2.örneklemelerinin karşılaştırılması sonrasında %100 balık yağı grubu (%31,8±0,3), %67 ketencik tohumu yağı grubu (%27,7±0,8), %100 ketencik tohumu yağı grubu (%26,2±0,4) ve %33 ketencik tohumu yağı grubu (%29,8±0,3) sonuçları görülmüştür. İstatistiksel analizler neticesinde gruplar arasındaki farkların önemli ($p<0,05$) olduğu

tespit edilmiştir. 3. örneklemelerinin karşılaştırılması sonrasında %100 balık yağı grubu ($27,5 \pm 0,4$), %100 ketencik tohumu yağı grubu ($24,4 \pm 0,3$), %67 ketencik tohumu yağı grubu ($29,3 \pm 0,6$) ve %33 ketencik tohumu yağı grubu $26,8 \pm 0,2$ değerleri arasında değişmiş ve istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

4.1.8. Kas dokusunda n-3 çoklu doymamış yağ asidi profillerine ilişkin sonuçlar

$\Sigma n-3$ çoklu doymamış yağ asitleri miktarı incelendiğinde grupların 1. örneklemeleri arasında en yüksek değer %100 balık yağı grubunda ($28,6 \pm 0,4$), olduğu ve en düşük değer ise %33 ketencik tohumu yağı grubu ($23,6 \pm 0,8$) olduğu görülüp, %67 ketencik tohumu yağı grubunun ($26,7 \pm 0,4$) ve %100 ketencik tohumu yağı grubunun ($27,4 \pm 0,2$) ise iki değer arasında olduğu tespit edilmiştir. İstatistiksel analizler neticesinde gruplar arasındaki farkların önemli ($p < 0,05$) olduğu belirlenmiştir. 2. örneklemede %67 ketencik tohumu yağı grubu ($27,6 \pm 0,2$) ve %33 ketencik tohumu yağı grubu ($27,4 \pm 0,5$) arasındaki farkın istatistiksel olarak önemsiz olduğu belirlenip, ancak %100 balık yağı grubu ($25,2 \pm 0,2$) ve %100 ketencik tohumu yağı grubu ($30,3 \pm 0,7$) ile önemli derecede farkın olduğu tespit edilmiştir. 3. örneklemede en yüksek değer %100 ketencik tohumu yağı grubunda ($30,8 \pm 0,4$) görülüp, en düşük değer ise %67 ketencik tohumu yağı ($25,8 \pm 0,4$) grubunda belirlenmiştir. %33 ketencik tohumu yağı ($28,6 \pm 0,3$) ve %100 balık yağı grubu ($29,8 \pm 0,4$) ise iki değer arasında görülmüştür. İstatistik analizler neticesinde %100 balık yağı grubu ile %33 ketencik tohumu yağı grubu arasında fark görülmezken %67 ketencik tohumu yağı grubu ve %67 ketencik tohumu yağı grubunun önemli derecede farklı olduğu tespit edilmiştir ($p > 0,05$).

4.1.9. Kas dokusunda n-6 çoklu doymamış yağ asidi profillerine ilişkin sonuçlar

$\Sigma n-6$ çoklu doymamış yağ asitleri bakımından gruplar incelendiğinde 1. örneklemede en yüksek değer %100 ketencik tohumu yağı ($17,3 \pm 0,1$) ve sonra sırasıyla %33 ketencik tohumu yağı, %100 balık yağı ve %67 ketencik tohumu yağı ($16,8 \pm 0,2$,

%14,4±0,1, %16,6±0,1) olduğu belirlenmiştir. İstatistiksel analizler neticesinde %67 ketencik tohumu yağı grubu ve %33 ketencik tohumu yağı grubu arasında fark bulunmayıp, %100 balık yağı ve %100 ketencik tohumu yağı gruplarının önemli derecede farklı olduğu tespit edilmiştir. 2. örneklemede en yüksek değer %100 ketencik tohumu yağı grubunda (%15,8±0,6), en düşük değer ise %100 balık yağı (%11,6±0,2) grubunda görülmüştür. %33 ketencik tohumu yağı grubu (%13,5±0,1) ve %67 ketencik tohumu yağı (%15,2±0,1) ise bu iki değer arasında belirlenmiştir. İstatistiksel analizler neticesinde %100 ketencik tohumu yağı ile %67 ketencik tohumu yağı grubu arasında fark görülmezken diğer gruplar arasındaki farkların önemli ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir. 3. örneklemede en yüksek değer %67 ketencik tohumu yağı (%16,9±0,8) grubunda bulunup, en düşük değer ise %100 balık yağı grubunda (%11,0±0,1) bulunmuştur. %33 ketencik tohumu yağı grubu (%14,0±0,1) ve %100 ketencik tohumu yağı grubu (%16,5±0,1) ise iki değer arasında belirlenmiştir. İstatistiksel analizler neticesinde %67 ketencik tohumu yağı ve %100 ketencik tohumu yağı grupları arasındaki fark önemsiz bulunup, diğer gruplar arasındaki farkın önemli ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir.

4.1.10. Kas dokusunda n-3/n-6 PUFA ve EPA+DHA değerleri

Σ n-3/n-6 PUFA oranı 1. örneklemelerin en yüksek değeri %100 balık yağı grubunda (%2,0±0,0) değerinde bulunup, en düşük değer ise %33 ketencik tohumu yağı (%1,4±0,1) grubu belirlenmiştir. %67 ketencik tohumu yağı grubu (%1,6±0,0) ve %100 ketencik tohumu yağı grubu (%1,6±0,0) ise iki değer arasında bulunmuştur. İstatistiksel analizler neticesinde %67 ketencik tohumu yağı ve %100 ketencik tohumu yağı grupları arasındaki fark önemsiz bulunup, diğer gruplar arasındaki farkın önemli ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir. 2. örneklemelerinde en yüksek değer %100 balık yağı grubunda (%2,2±0,0), en düşük değer ise %67 ketencik tohumu yağı grubunda (%1,8±0,0) görülmüştür. %33 ketencik tohumu yağı (%2,0±0,0) ve %100 ketencik tohumu yağı grubu (%1,9±0,1) ise iki değer arasında bulunmuştur. İstatistiksel analizler neticesinde %100 balık yağı grubu ile %67 ketencik tohumu yağı grubu arasında önemli derecede fark bulunup, diğer gruplar arasındaki farkın önemsiz olduğu

gözlemlenmiştir ($p<0,05$). 3. örneklemenin en yüksek değeri %100 balık yağı grubunda ($2,7\pm0,1$) en düşük değer ise %67 ketencik tohumu yağı grubunda ($1,5\pm0,1$) belirlenip, iki değer arasında ise %33 ketencik tohumu yağı grubu ($2,0\pm0,0$) ve %100 ketencik tohumu yağı ($1,9\pm0,0$) grupları bulunmuştur. İstatistiksel analizler neticesinde %33 ketencik tohumu yağı grubu ve %100 ketencik tohumu yağı grupları arasındaki farkın önemsiz olup, diğer gruplar arasındaki farkın önemli derecede ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmada son olarak EPA+DHA değerinin söz konusu gruplarda nasıl bir değişim gösterdiği test edilmiştir. Buna göre 1. örneklemede %100 balık yağı grubunda ($23,1\pm0,4$), %67 ketencik tohumu yağı grubu ($18,4\pm0,2$), %33 ketencik tohumu yağı grubu ($17,0\pm0,9$) ve %100 ketencik tohumu yağı grubu ($18,7\pm0,2$), olarak belirlenmiştir. İstatistiksel analizler neticesinde %67 ve %100 ketencik tohumu yağı grupları arasında fark görülmezken, diğer gruplar arasındaki farkların önemli ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir. 2. örneklemede %100 balık yağı grubu ($20,5\pm0,1$), %100 ketencik tohumu yağı grubu ($20,3\pm0,8$), %67 ketencik tohumu yağı grubu ($19,4\pm0,3$) ve %33 ketencik tohumu yağı grubu ($20,7\pm0,4$) değerleri belirlenmiştir. İstatistiksel olarak %100 balık yağı grubu, %100 ketencik tohumu yağı grubu ve %33 ketencik tohumu yağı grubu arasındaki farkın önemsiz olduğu ancak %67 ketencik tohumu yağı grubunun önemli derecede farklı olduğu tespit edilmiştir. Çalışmanın 3. örneklemede %100 balık yağı ($24,6\pm0,3$) grubu, %67 ketencik tohumu yağı grubu ($17,6\pm0,2$), %100 ketencik tohumu yağı grubu ($20,7\pm0,5$) ve %33 ketencik tohumu yağı grubu ($21,8\pm0,3$) olarak gözlemlenmiştir. İstatistiksel analizler neticesinde gruplar arasındaki farkların önemli ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir.

4.2. Kas ve Karaciğer Dokularında Fabp6 mRNA Seviyesi

Araştırmada balık yağı ve ketencik tohumu yağı içeren gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) diyetlerinin kas ve karaciğer dokularındaki fabp3 ve fabp6 mRNA seviyelerine ait farklılıklar Şekil 4.1’de sunulmuştur. Başlangıç grubu mRNA seviyelerinin belirlenmesinde kontrol grubu olarak kullanılmış olup, gen ekspresyon

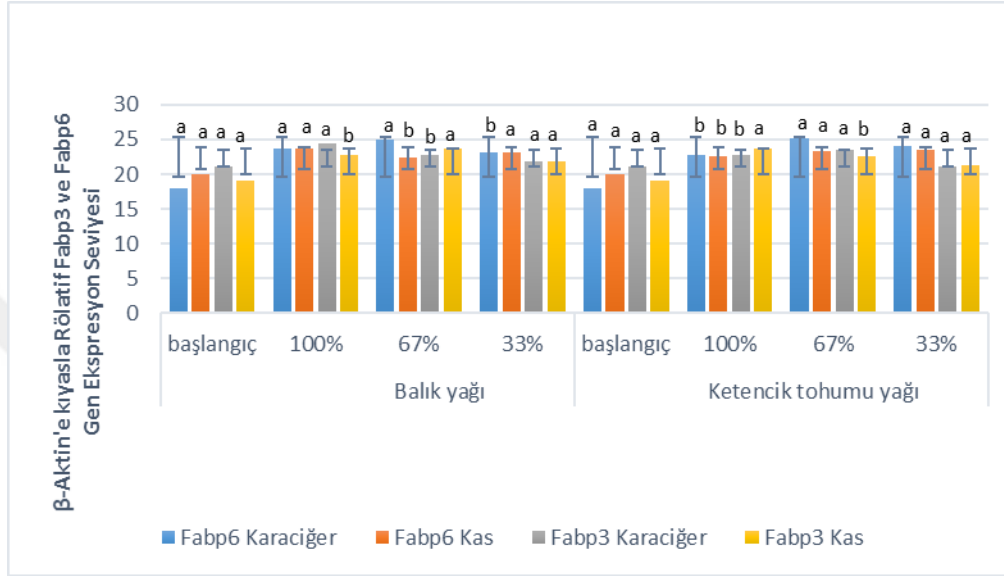
miktarları balık yağı grubu ve ketencik tohumu yağı grubunda fabp6 karaciğerde 18, fabp6 kasta 20 olarak belirlenirken fabp3 karaciğerde 21, fabp3 kasta ise 19 seviyelerinde görülmüştür.

Karaciğer dokusu fabp6 gen ekspresyon seviyeleri incelendiğinde; %100 balık yağı ile beslenen grubun ($23,76 \pm 0,52$), %100 ketencik tohumu yağı ile beslenen ($22,76 \pm 0,87$) gruptan önemli derecede ($p < 0,05$) yüksek olduğu belirlenmiştir. %67 balık yağı ile beslenen grup ($25,07 \pm 0,52$) ise %67 ketencik tohumu yağı ile beslenen gruptan ($25,15 \pm 0,46$) düşük olup, istatistiksel analizler neticesinde fark önemsiz bulunmuştur. %33 ketencik tohumu yağı ile beslenen grup ($24,13 \pm 0,36$), %33 balık yağı ($23,19 \pm 0,66$) ile beslenen gruptan önemli derecede yüksek ($p < 0,05$) olduğu tespit edilmiştir. Kas dokusu fabp6 gen ekspresyon seviyelerinde ise; %100 balık yağı grubu ($23,76 \pm 0,52$), %100 ketencik tohumu yağı grubundan ($22,52 \pm 0,46$) önemli derecede yüksek bulunup, %67 balık yağı grubu ($22,48 \pm 0,58$), %67 ketencik tohumu yağı ($23,27 \pm 0,09$) grubundan önemli derecede düşük bulunmuştur. %33 balık yağı grubu ise ($23,08 \pm 0,22$) %33 ketencik tohumu yağı grubundan ($23,42 \pm 0,24$) düşük olup, istatistiksel analizler neticesinde aradaki farkın önemsiz olduğu tespit edilmiştir.

4.3. Kas ve Karaciğer Dokularında Fabp3 mRNA Seviyesi

Karaciğer dokusu fabp3 gen ekspresyon seviyeleri incelendiğinde; %100 balık yağı ile beslenen grubun ($24,46 \pm 0,67$), %100 ketencik tohumu yağı ile beslenen ($22,71 \pm 0,44$) gruptan önemli derecede ($p < 0,05$) yüksek olduğu belirlenmiştir. %67 balık yağı ile beslenen grup ($22,76 \pm 0,88$) ise %67 ketencik tohumu yağı ile beslenen gruptan ($23,44 \pm 0,97$) düşük olup, istatistiksel analizler neticesinde önemli derecede fark bulunmuştur. %33 ketencik tohumu yağı ile beslenen grup ($21,16 \pm 0,36$), %33 balık yağı ($21,76 \pm 0,44$) ile beslenen gruptan yüksek ($p < 0,05$) olup, aradaki farkın önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Kas dokusu fabp6 gen ekspresyon seviyelerinde ise; %100 balık yağı grubu ($22,78 \pm 0,53$), %100 ketencik tohumu yağı grubundan ($23,76 \pm 1,81$) önemli derecede düşük bulunup, %67 balık yağı grubu ($23,76 \pm 1,60$), %67 ketencik tohumu yağı ($22,55 \pm 0,76$) grubundan önemli derecede yüksek bulunmuştur. %33 balık

yağı grubu ise ($21,76 \pm 0,39$) %33 ketencik tohumu yağı grubundan ($21,24 \pm 0,94$) yüksek olup, istatistiksel analizler neticesinde aradaki farkın önemsiz olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.1. Balık yağı ve ketencik tohumu yağı içeren yemlerle beslenen gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nin kas ve karaciğer dokusunda fabp6 ve fabp3 mRNA seviyesi

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada farklı oranlarda ketencik tohumu yağı içeren (%100 balık yağı, %67 ketencik tohumu yağı, %33 ketencik tohumu yağı) diyetlerle beslemenin gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yağ asidi kompozisyonuna ve yağ asidi bağlayıcı protein genlerinden olan fabp6 ve fabp3'ün kas ve karaciğer dokularında gen ekspresyon seviyeleri belirlenmiştir.

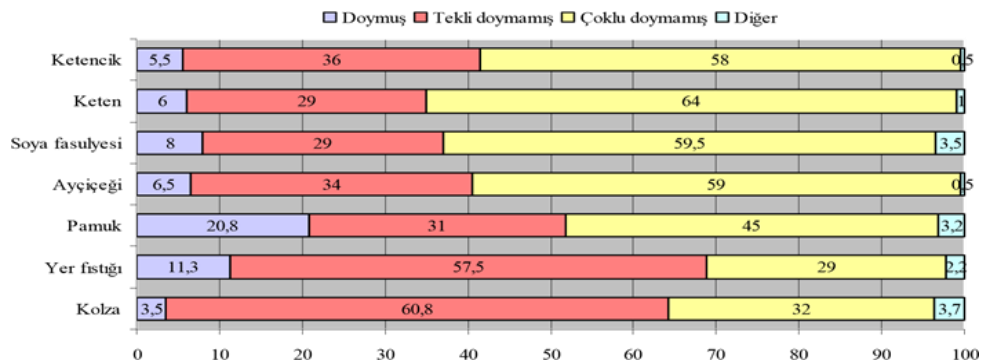
Yukarda arz edilen bilgiler ışığında araştırmadan elde edilen sonuçlar başlıklar halinde tartışılmaya çalışılmıştır.

5.1. Yağ Asidi Profillerine İlişkin Tartışma

Hormon tabiatlı yağlar fizyolojik olayların düzenlenmesinde önemli rol üstlenirler. Depo yağlar destek görevi yapar, koruyucudur ve izolasyon özelliği vardır (Çetinkaya 1995 ve Bayır 2011). Lipitlerin temel bileşeni ve önemli bir depo enerji kaynağı olan yağ asitlerinin bileşimine, besinin ve özellikle besinlerdeki aşırı doymamış yağ asitlerinin önemli etkisi olduğu tespit edilmiştir (House 1962; Hanson *et al.* 1983). Doğal beslenen hayvan eti, kümes hayvanlarının yumurtası ve keten tohumu yağları omega-3 yağ asitleri bakımından zengindir. Omega-6 yağ asitleri ise ayçiçeği, mısır, soya, pamuk gibi bitkiler ise omega-6 yağ asitleri bakımından zengindirler (Aydın 2004).

Balık ununun, balık yemlerinde tercih edilmesinin en büyük nedeni yüksek düzeyde protein içeriği ve dengeli amino asit kompozisyonuna sahip olmasıdır. Balık yağı ise esansiyel yağ asitlerinden olan linolenik yağ asidinin önemli bir kaynağı olduğu için balık diyetlerinde kullanılır. Ayrıca balık yağı hem insan sağlığı açısından önemli yer tutması nedeniyle hem de karasal hayvanların da yemlerinde tercih edilmesinden dolayı maliyeti giderek yükselmektedir. 2012 yılında balık yem sanayisinde kullanılan balık yağının miktarı (340 bin ton) dünyadaki toplam balık yağı üretiminin %80-90'ını

oluşturmaktadır (Seafish 2012). Dolayısıyla balık yetiştiriciliğinin hızla gelişmesi ve balık çiftliklerinin yılda %10 civarında artması, su ürünleri yetiştiriciliğinde yemlerin temel içeriği olan balık unu ve balık yağının yemler için yetersiz kalacağını düşündürmekte ve alternatif yağ kaynakları arayışına olan talebin artmasına neden olmaktadır (Olsen *et al.* 2003). Yapılan çalışmalar genellikle balık yemi endüstrisinde balık yağı ve ununa ikame olarak daha ucuz olan bitkisel yağ kaynaklarının kullanılmakta olduğunu ve bu amaçla farklı yağ ve protein kaynaklarının araştırıldığını göstermektedir (Torstensen *et al.* 2000; Caballero *et al.* 2002; Bell *et al.* 2001; 2002; Montero *et al.* 2003, 2005; Izquierdo *et al.* 2003, 2005; Ganga *et al.* 2010). Bitkisel kaynaklı yağlarla yapılan çalışmalar, kısmen veya tamamen balık yağının yerine kullanılabilen, balıkların büyüme performansını olumsuz yönde etkilemeden, yetiştiriciliği yapılacak türün yağ asidi ihtiyacını karşılayabilecek alternatif yağ kaynaklarının kullanılabileceğini göstermektedir (Dernekbaşı ve Karayücel 2010). Balık yağı yerine kullanılabilecek bitkisel yağların bulunması hem balık yağına olan bağımlılığı ortadan kaldıracak hem de yem maliyetini düşürmektedir (Mourente and Bell 2006). Ketencik yağı, yerfıstığı ve kolzadan daha az, keten, soya fasulyesi, ayçiçeği ve pamuktan daha fazla tekli doymamış yağ asidi ihtiva etmektedir. Diğer taraftan ketencik yağı ketenden daha az, pamuk, yerfıstığı ve kolzadan daha fazla, soya fasulyesi ve ayçiçeğine yakın oranda çoklu doymamış yağ asidi ihtiva etmektedir. Ketencik yağının doymuş ve doymamış yağ asitleri kompozisyonu ayçiçeğine benzer, fakat ayçiçeğinden önemli derecede daha yüksek oranda Omega-3 ihtiva eder (Kurt ve Seyis 2008).



Şekil 5.1. Doymuş ve doymamış yağ asitleri kompozisyonu bakımından ketencik ve diğer bazı yağ bitkilerinin karşılaştırılması (Schuster 1992; Lühs and Friedt 1994; Aufhammer 1998; Kurt ve Seyis 2008)

5.1.1. SFA profillerine ilişkin tartışma

Genel olarak balıklarda enerji ihtiyaçları arttığından lipidlerin kullanımının da arttığı kaydedilmiştir (Tocher 2003). Ayrıca pek çok balık türünde larval gelişim döneminde SFA, araşidonik asit ve DHA'nın karkas dokularının elemanları oldukları için miktarlarının arttığını bildirmiştir. Yaptığımız çalışmada da Σ SFA miktarının başlangıç değerine ($26,5 \pm 0,2$) oranla hem %67 ketencik tohumu yağı ($26,8 \pm 0,2$) beslenen grupta 1. örneklemede arttığı görülmüştür. Wiegant *et al.* (1991), Haliloğlu *et al.* (2003)'ün yaptığı çalışmada gökkuşaağı alabalığında erken gelişim döneminde SFA'nın toplam yağ asitlerinin %21-25 arasında değiştiğini bildirirken; bizim çalışmamızda kas dokusunda %26-31 arasında karaciğerde ise %21-28 arasında değiştiği görülmüştür. Aradaki farklılığın nedeninin balık büyüklüğünden kaynaklandığı düşünülmektedir. Daha öncede belirtildiği gibi SFA karkas doku elemanı olduğu (Wiegant *et al.* 1991) için balığın büyümesi ile birlikte dokularda miktarında arttığı görülmüştür.

Sirkecioğlu (2008)'in kahverenkli alabalıkta yaptığı çalışmada 16:0 serbest yüzme evresinde %28,34 olarak bulurken bizim çalışmamızda gruplarda sırasıyla kas dokusunda %28,3; %26,5 ve %26,7 (%100 balık yağı, %67 balık yağı, %33 balık yağı) bulunmuş olup, sonuçların oldukça benzer olduğu görülmektedir.

Çalışmamızda balıklarda büyüme sırasında metabolik enerjinin kaynağı olarak kullanılan 16:0'ın SFA'lar içerisinde dominant yağ asidi olduğu görülmüş olup aynı veriyi edinen Henderson *et al.* (1987) ve Ashton *et al.* (1993), Vázquez *et al.* (1994) Czesny and Dobrowski (1998); Einen *et al.* (1998); Sargent *et al.* (1999); Haliloğlu *et al.* (2003); Luo *et al.* (2009); Sirkecioğlu vd (2010); Mohamed and Sabahi (2011) gibi bir çok literatür ile de örtüşmüştür. Diğer bir çalışmada gökkuşaağı alabalığında SFA lar içerisinde miristik asit (14:0) ve stearik asit (C18:0) ile karşılaştırıldığında önemli miktarda palmitik asit (C16:0)'in fazla miktarda olduğu görülmüştür (Sarma *et al.* 2015).

5.1.2. MUFA profillerine ilişkin tartışma

Gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nin yağ asidi oranı, biyolojik değişim kapasitesini etkilemektedir. Balıklara, balık yağı ve keten tohumu yağı ile formüle edilmiş olan iki diyet uygulanıp, sınırlı balık yağının daha sürdürülebilir, kolayca temin edilebilir ve ekonomik olarak uygun alternatif lipit kaynakları ile su ürünleri verimliliği açısından önemli olduğu belirlenmiştir (Henderson *et al.* 1987). Yanar vd (2006), gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yağ asidi profili, Σ MUFA değeri en yüksek (%35,88), ardından doymuş yağ asitleri (%34,51) ve çoklu doymamış yağ asitleri (%31,39) olarak bulunmuşlardır. MUFA'lar arasında oleik (C18:1) ve palmitoleik (16:1) asitler, sırasıyla Σ MUFA'nın neredeyse %67,69'u ve %22,85'ini oluşturan baskın yağ asitleri olduğunu belirtmişlerdir. Yaptığımız çalışmada ise Σ MUFA miktarının başlangıç değerine (%25,0 $\pm$ 0,4) oranla %100 ketencik tohumu yağı (%24,7 $\pm$ 1,1) düşük bulunup, %100 balık yağı (%38,3 $\pm$ 0,1), %67 ketencik tohumu yağı (%30,2 $\pm$ 0,4) ve %33 ketencik tohumu yağı (%32,8 $\pm$ 0,8) ile beslenen gruplarda 3. örneklemede arttığı görülmüş olup, %33 ketencik tohumu yağı ile beslenen grubun %100 balık yağı ile beslenen gruptan düşük miktarda MUFA içerdiği görülmüştür. Yağ oranı ile ilgili çalışmada elde edilen değerler Budin *et al.* (1995)'nin %29,9-38,3 Karahoca (2002)'nin gökkuşığı alabalığında oranı (%31), Alessi *et al.* (1981)'nin ve Kara (1994)'nin gökkuşığı alabalığında (%31-39), Agegnehu and Honermeier (1997)'nin gökkuşığı alabalığı (%39-43) değerleri ile yakın sonuçlar göstermiş olup, düşük miktardaki farklılıkların ise çevre şartlarından ve çalışılan balık türlerinin farklı oluşundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Budin *et al.* (1995)'nin çalıştığı gökkuşığı alabalığında %14,1-19,5 oleik asit, %27,0-34,7 linolenik asit, %18,8-24,0 linoleik asit %0,00-4,0 erusik asit ve %12,0-14,9 ekosenoik asit belirlenirken, bizim çalışmamızda; oleik asit (%32,5 $\pm$ 0,4) yüksek bulunup, linoleik asit (%7,8 $\pm$ 0,2), linolenik asit (%2,3 $\pm$ 0,1) ve erusik asit (%0,8 $\pm$ 0,1)'in düşük olduğu belirlenmiştir. Bunun nedeni, balıkların lipit ve yağ asitleri kompozisyonlarının olgunluk dönemi, balık büyüklüğü ve yaşı, mevsim koşulları ve coğrafi dağılım gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak farklılık göstermesidir (González ve ark., 2006). Angelini *et al.* (1997)'nin bildirdiği %88'lik doymamış yağ asidi ve %12'lik doymuş yağ asidi oranı değerleri, bizim

çalışmamızda karaciğer dokusunda; doymuş yağ asidi %0,2-18 arasında doymamış yağ asidi %88-99,8, kas dokusunda; doymuş yağ asidi %0,2-20 arasında doymamış yağ asidi %80-99,8 olarak farklılık göstermiştir.

5.1.3. n-3 çoklu doymamış yağ asidi profillerine ilişkin tartışma

Balık etinin yağ içeriğini esas olarak trigliserit ve uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) oluşturur. Bütün omurgalılarda olduğu gibi balıklar da normal büyüme, gelişme ve üremeleri için PUFA'lardan üç yağ asidine ihtiyaç duymaktadırlar. Bu yağ asitleri, n-3 HUFA'lardan DHA ve EPA ve n-6 HUFA'lardan araşidonik asitlerdir (Sargent *et al.* 1999a, 2002; Bessonarat *et al.* 1999; Almada-Pgan *et al.* 2007; Piedecausa *et al.* 2007). Özellikle diyetlerde kullanılan yağın kaynağı molekül büyüklüğüne bağlı olarak esansiyel yağ asit kompozisyonunu değiştirdiği bildirilmektedir (Watanabe 1982; Ensminger *et al.* 1990; Grene and Selivonchick 1990; Tucker 1998). Visentainer ve ark (2007)'nın 15 değişik türdeki deniz balıkları ile ilgili yaptıkları çalışmada, SFA'lar içerisinde en fazla miktarda palmitik asit, MUFA'lar arasında en fazla oleik asit, PUFA'lar içerisinde de DHA'yı tespit etmişlerdir. Salmonidler ve beyaz balığın esansiyel yağ asidi ihtiyaçları linolenik yağ asidinin miktarı artırılarak karşılanmıştır. Balıklarda optimum büyümeyi sağlayabilmek için n-3 PUFA ve linolenik yağ asitlerinin yemde dengeli bir şekilde bulunması gerekmektedir (Higgs *et al.* 1992; Chou and Shiau 1999). Salmonidlerin özellikle de anadrom salmonların yavruları ve alabalık başta linolenik asit olmak üzere PUFA'ları içeren yemler ile beslenmeleri durumunda büyüme performansları artmaktadır. Bu nedenle linolenik asit, DHA ve EPA gökkuşağı alabalığı yavruları için esansiyeldir (Sargent *et al.* 1989).

Gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) çalışmalarında bildirilen Σ PUFA, Kiessling *et al.* (2001) %28,9, Bell, J.G. *et al.* (2001) %27, Henderson *et al.* (1998) %30,1 Clandinin *et al.* (1997) %19,5 ve Johansson *et al.* (2000) %29 değerlerinden ise bizim çalışmamızdaki karaciğer dokusunda; başlangıç grubuna (%33,9 $\pm$ 0,4) oranla %100 balık yağı (%29,8 $\pm$ 0,4), %67 ketencik tohumu yağı (%27,6 $\pm$ 0,2), %33 ketencik

tohumu yağı (%37,3±0,3), %100 ketencik tohumu yağı (%38,7±0,7) gruplarında ve kas dokusunda ise; %100 balık yağı (%29,8±0,4), %100 ketencik tohumu yağı (%30,8±0,4), %67 ketencik tohumu yağı (%27,6±0,2), %33 ketencik tohumu yağı (%28,6±0,3) ile beslenen gruplardaki değerlerin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çalışmalar arasındaki oranların değişik çıkması, balık büyüklükleri ve yağ asidi bileşimlerindeki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Dönmez ve Tatar (2001)'ın çalışmasına göre, linolenik asit dışındaki diğer çoklu doymamış yağ asitlerinde azalma görüldüğünü bildirmişlerdir. Yapılan çalışmanın sonucunda gökkuşuğu alabalığının kas ve karaciğer dokusunda bulunan PUFA'ların önemli bölümünü DHA, linoleik asit ve EPA oluşturmuştur. Bitkisel yağların EPA ve DHA gibi n-3 HUFA'lar bakımından fakir, ancak 18 karbonlu PUFA'lar bakımından, özellikle linoleik asit, linolenik asit ve oleik asit bakımından zengindirler (Ganga *et al.* 2011). Bu nedenle çalışmamızda ketencik tohumu yağı ile hazırlanan yemlerle beslenen gökkuşuğu alabalığının balık eti yağ asidi kompozisyonuna baktığımızda 18 karbonlu yağ asitleri bakımından zengin olduğu görülmektedir.

5.1.4. n-6 çoklu doymamış yağ asidi profillerine ilişkin tartışma

Hove and Nielsen (1991); Mourente *et al.* (1993) rasyonda kullanılan lipitlerin esansiyel yağ asitlerince yetersiz olması durumunda üretilen balığın kimyasal bileşimini olumsuz yönde etkilendiğini ifade etmişlerdir. n-6 PUFA'lardan olan linoleik asit insanlardaki en baskın bileşendir. Vücuttaki bu yağ asidi araşidonik asite dönüştürülebilir. n-6 yağ asitlerinin metabolizmalarının önemi, bu süreçlerde oluşan lökotrienler, tromboksanlar ve eikosanoidler gibi vücutta birçok noktada anahtar rol oynayan, hormonal aktivite gösteren metabolitlerin oluşmasından kaynaklanmaktadır. (Brown 2000). Deniz balıklarının n-6 yağ asitleri tatlı su balıklarına oranla daha düşüktür (Sikorski and Kolakowska 2003). PUFA, doymamış yağ asitlerinin toplam yağ asitlerine oranına ve antioksidanlar ile oksijenin varlığına bağlıdır (Chen *et al.* 2007). İki veya daha fazla çift bağa sahip olan yağ asitlerinin peroksidasyonu ile oluşturulmuştur (Chen *et al.* 2007). Osman *et al.* (2001) 10 farklı balık türünde (gökkuşuğu alabalığı hariç) bulunan yağ asitleri dağılımını araştırmıştır. Bu

araştırmaya göre n-6 PUFA'yı %29.7-48.4 oranlarında bildirmiştir. Yaptığımız çalışmada ise karaciğer dokusunda; başlangıç grubuna oranla %100 balık yağı grubu %14,4±0,1, %100 ketencik tohumu yağı %15,2±0,3, %67 ketencik tohumu yağı grubu %16,9±0,8, %33 ketencik tohumu yağı %11,9±0,1 ve kas dokusunda; %100 balık yağı grubu %14,4±0,1, %100 ketencik tohumu yağı grubu %17,3±0,1, %67 ketencik tohumu yağı grubu %16,9±0,8, %33 ketencik tohumu yağı grubu %16,8±0,2 olarak bulunup, değerlerin %11,0-17,3 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Barrado *et al.* (2003), gökkuşağı alabalıklarında yağ asidi dağılımlarını incelemiş ve bunun sonucunda C16:0, C18:1 ve C22:6 yağ asitlerinin analize alınan alabalıkların yağ asitlerinin %10'unu oluşturduğunu ve C22:6 yağ asidinin bu balıklar için karakteristik olduğunu belirtmiştir. Bizim araştırmamızda da balık yağına oranla, ketencik tohumu yağından elde edilen genel sonuçlar, gökkuşağı alabalığının, çoklu doymamış yağ asitleri değerlerine ve beslenme kalitesine eş değer bulunmuştur.

5.1.5. n-3/n-6 PUFA ve EPA+DHA değerlerine ilişkin tartışma

Balık yağı esasında EPA (eicosapentaenoic acid) ve DHA (docosahexaenoic acid) olmak üzere iki çeşit doymamış yağ asidi mevcuttur. Bu yağ asitleri birden fazla çift bağ taşıyan karbona sahip olduğundan (20:5n3, 22:6n3) omega-3 veya n-3 doymamış yağ asitleri olarak adlandırılırlar. Sadece su ürünlerinin yapılarında bulunan uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitlerinin insan sağlığı için önemli olduğu düşüncesi her geçen gün artmaktadır (Sağlık 1994; Okumuş 2000). Omega-3; α -linolenik asit, EPA, DHA ve omega-6 (linoleik asit, araşidonik asit) yağ asitleri günlük yaşantının sağlıklı sürdürülebilmesi ve vücudun çalışması için önem taşımaktadır (Baysal 2004). Ota ve Tagaki (1977), yaptıkları çalışmada ortalama n-3/n-6 oranlarını tatlı su balıklarında %0,37, deniz balıklarında %0,16 civarında bulmuştur. Yaşama ortamları farklı olan tatlı ve tuzlu su balıklarındaki bu oranın farklı oluşunun balıkların beslenme şekillerine ve balığın yaşam ortamlarına fizyolojik adaptasyonu için PUFA'lara özel olarak ihtiyaç göstermesinin doğal bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Atlantik somon yemlerine EPA+DHA camelina yağı eklenmesi, 11 haftalık beslenmeden sonra balık büyümesi ve performansı üzerinde zararlı etkilere sahip olmadığından, yeni n-3

LC-PUFA kaynağının diyetteki balık yağı için potansiyel bir yerini alabileceğini göstermektedir. *Camelina sativa*'dan elde edilen n-3 LC-PUFA yağ asitleri, EPA ve DHA'nın bir kaynağı olup balık yağı için alternatif olarak değerlendirilmiştir. Araştırmada elde edilen sonuçlar, bu yağı bir balık yağı yerine koyan somon besleyici olarak yetiştirilen ve herhangi bir performans parametresi üzerinde hiçbir olumsuz etki göstermeyip, bu yağın da balık yağı için uygulanabilir bir alternatif olduğunu belirtmiştir (Betancor *et al.* 2016). Kennish *et al.* (1992); Nematipour and Gatlin (1993); Bell *et al.* (1999) diyetlerde kullanılan yağ kaynaklarının önemli olduğunu ve bu kaynaklara bağlı olarak yemlerin yağ asit değerlerinin farklılık gösterdiğini, bu değişime bağlı olarak da yetiştiricilikte kullanılan yemlerin profillerinin oldukça önemli olduklarını bildirmişlerdir. Özellikle PUFA miktarlarının ve n3/n6 değerinin dikkate alınması gerektiğini PUFA değerinin yüksek olduğu diyetlerle yapılan besleme çalışmalarının daha iyi sonuç verdiklerini ifade etmişlerdir (Henderson and Tocher 1987; Ackman 2002).

Bir araştırmada, gökkuşağı alabalığı besleme sonunda EPA oranları sırasıyla %3,13, %2,60, %2,20 olarak, DHA oranları ise sırasıyla %20,32, %8,69, %10,83 olarak tespit edilmiştir. Bizim yaptığımız çalışmada ise EPA+DHA oranları sırasıyla kas dokusunda; %100 balık yağı (%24,6±0,3), %100 ketencik tohumu yağı (%20,7±0,5), %67 ketencik tohumu yağı (%19,4±0,3) ve %33 ketencik tohumu yağı (%21,8±0,3) bulunup, karaciğer dokusunda; %100 balık yağı (%24,6±0,3), %100 ketencik tohumu yağı (%31,5±0,7), %67 ketencik tohumu yağı (%19,4±0,3) ve %33 ketencik tohumu yağı (%32,3±0,7) grupları şeklinde yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni yağ asidi kompozisyonları tür, mevsim, cinsiyet, yaş, yakalanılan coğrafi bölge, oksidasyon gibi faktörlerden dolayı farklılıklar göstermektedir. Başka bir çalışmada da gökkuşağı alabalığı EPA oranları %1,87, %2,40, %2,37, DHA oranları ise %7,84, %10,27, %9,41 olup yine sonuçlar bizim çalışmamızda yüksek bulunmuştur. Turchini *et al.* (2003) ve Haliloğlu ve Aras (2002)'ın gökkuşağı alabalıklarında tespit ettiği sırasıyla EPA+DHA %24, %11,22 değerlerinin bizim çalışmamızdan düşük olduğu tespit edilmiştir. Benzer bir araştırmada Dönmez ve Tatar (2001), gökkuşağı alabalıklarındaki yağ oranı %3,4-%4,55 arasında değiştiğini, yağ asidi dağılımında

çoklu doymamış yağ asitleri toplamının %29,99 olduğunu gözlemlemiştir. Bunlardan EPA ve DHA oranlarının ise sırasıyla %4,00 ve %14,75 olduğunu belirtmişlerdir. Bir çalışmada gökkuşağı alabalık kasında n-3/n-6 oranı %0,77 olarak bulunmuştur (Sarma *et al.* 2015). Mourente *et al.* (2005), deniz levreğini (*Dicentrarchus labrax*) bitkisel yağ içerikli yemlerle besleyerek yağ asit metabolizmasındaki değişiklikleri incelemişler ve 18:3 n-3'nin EPA ve DHA'ya ve EPA'nın DHA göre desaturasyon ve elongasyonunu çok düşük olduğunu belirlemişlerdir. Haliloğlu ve ark. (2001), yaptıkları çalışmada gökkuşağı alabalığının EPA %3,07 ve DHA ise %19,17 olarak bulmuşlardır. Beyter (2008), yaptığı araştırmada gökkuşağı alabalığını üç farklı yemle beslemiş ve besleme sonunda üç gruptaki EPA oranlarını %3,13, %2,60 ve %2,20 olarak, DHA oranlarını ise %20,32, %8,69 ve %10,83 olarak tespit etmiştir. Gökkuşağı alabalığındaki (*Oncorhynchus mykiss*) diyet bitkisel yağıyla ilgili birçok araştırma, balık yemi içerdiği diyetdeki EPA ve DHA'nın su ürünleri yetiştiriciliğinde besin kaynağında protein kaynağı olarak kullanılmıştır. Diyetle EPA ve DHA, endojen sentezini α -linolenik asitten (ALA, 18: 3n-3) bastırırsa, ALA içeren bitkisel yağların dokularda EPA ve DHA'yı koruma potansiyeli az bulunmuştur (Gregory *et al.* 2016).

5.1.6. Kas ve karaciğer dokularında Fabp3, Fabp6 mRNA seviyesine ilişkin tartışma

Yağ asidi bağlayıcı proteinler (fabp) olarak bilinen hücre içi lipit paperonları, hücrelerde lipit cevabını düzenleyen bir grup moleküldür ve aynı zamanda metabolik ve inflamatuvar yollarla güçlü bir şekilde ilişkilidir (Furuhashi and Hotamisligil 2008). Serbest yağ asitleri plazma membranından protein taşıyıcıları ve fabp'ler ile hücre içinde taşınmaktadırlar. Yüksek hızda yağ metabolizmasına sahip olan kas ve karaciğer gibi dokular yağ asidi kullanımına ve alınımına paralel olarak yüksek fabp düzeylerine sahiptir (Storch 2008). Balıklar 18:3 n-3'ü EPA ile DHA'ya ve linoleik asit (18:2 n-6)'i AA'ya dönüştürürler (Kanazawa *et al.* 1979; Sargent *et al.* 2002). 18:3 n-3 ve 18:2 n-6 balıklarında içerisinde bulunduğu omurgalılar tarafından vücutta sentezlenemezler, dolayısıyla esansiyel yağ asitleri olarak adlandırılır. Bu esansiyel yağ asitlerinin desaturasyon ve elongasyonu alternatif zincirler vasıtasıyla HUFA'ya

dönüştürülebilir. Bu iki üretim yağ asitlerinin elongasyonu ardından desaturasyon vasıtasıyla AA ve EPA'ya dönüşür (Sargent *et al.* 2002; Nakamura and Nara 2004). DHA, daha ileriki elongasyon ve desaturasyonla ve kısa zincirli tepkimelerle üretilir (Sprecher *et al.* 1995). Ayrıca balıklarda 18:2 n-6 ve 18:3 n-3'ün miktarının artması ile HUFA'ların üretimi için desaturasyon aktivitesinde artış olduğu belirlenmiştir (Tocher *et al.* 2002; Zhang *et al.* 2004; Ling *et al.* 2006). Ancak bu çalışmada kas dokusunda n-3 PUFA miktarı bakımından zengin olan %100 balık yağı grubunda fabp3 gen ekspresyon miktarı düşük, fabp6 gen ekspresyon miktarı ise yüksek bulunmuştur. Çalışmamızda, yağ asidi metabolizmasında önemli rolleri bulunan fabp3 ve fabp6'nın kas ve karaciğer doku ekspresyonları incelendiğinde; fabp6 gen ekspresyonunun hem balık yağı grubunda ($25,07 \pm 0,52$) hemde ketencik tohumu yağı grubunda ($25,15 \pm 0,46$) en yüksek karaciğer dokusunda olduğu belirlenirken, fabp3 gen ekspresyonunun en yüksek değerinin balık yağı grubunun karaciğer dokusunda ($24,46 \pm 0,67$), ketencik tohumu yağı grubunun ise kas dokusunda ($23,76 \pm 1,81$) olduğu belirlenmiştir. Yağ asidi metabolizmasında son derecede aktif dokularda bulunan yağ asidi-bağlayıcı proteinler (Fabp), lipid alımına ve taşınmasına, genel lipid homeostazına katılmışlardır. Bayır *et al.* (2015), nükleotid dizisi veritabanlarının araştırılmasında, gökkuşağı alabalığındaki (*Oncorhynchus mykiss*) 14 farklı yağ asidi bağlama proteini (fabp) geni tarafından kodlanan mRNA transkriptlerini belirlemiş ve bu yedi farklı fabp1 geninden (fabp1, 2, 3, 6, 7, 10 ve 11) bugüne kadar olan genleri teleost balıklarında keşfedilmiş olduğunu bildirmişlerdir. Filogenetik analizler, gökkuşağı alabalığındaki bu mevcut fabp genlerinin çoğunun, teleosta özgü tüm genom duplikasyonu (WGD) nedeniyle varsayılan olarak ortaya çıkan çoğaltıcılar olarak var olduğunu göstermiştir; multigen fabp geni (fabp2a.1 / fabp2a.2, fabp7b.1 / fabp7b2 ve fabp10a.1 / fabp10a.2) muhtemelen teleosta spesifik WGD'den sonra salmonid spesifik WGD tarafından üretilmiş ve fabp3 ve fabp6, gökkuşağı alabalık genomunda tekli kopya genleri olarak bulunmuştur. Bununla birlikte kararlı durum transkript seviyeleri, fabp genleri arasında ve bazı durumlarda 30 x 10 kat daha fazla farklılık göstermiş, bazı fabp transkriptleri birçok dokuda yaygın olarak bulunurken diğerleri bir veya birkaç dokuyla sınırlı kalmış Burada tarif edilen fabp genleri, lipid içeriği, özellikle bitki yağının kullanımı farklı diyetlerde bulunan kültür balıklarında yağ asitlerinin alımında, taşınmasında ve depolanmasında yağlı asit bağlayıcı

proteinlerin rolünü araştırmanın temelini oluşturmıştır. Besin takviyeleri, yüksek lipit seviyelerine yol açarak, lipit homeostazına ve dolayısıyla fabp genlerinin uygun transkripsiyonel kontrolünün aracılık ettiği balık ekinlerinin sağlığına neden olmuştur.

Çalışmamızda ketencik tohumu yağı diyetlerinde balıklarda fabp3 ve fabp6 ekspresyon miktarları balık yağı diyeti ile önemli derecede yakın değerler olup kas ve karaciğerdeki yağ asidi metabolizmasında herhangi bir olumsuz etkiye rastlanmamıştır.

5.2. Genel Sonuçlar ve Öneriler

Gökkuşığı alabalığındaki toplam yağ asitlerinin %70-72'sinin doymamış yağ asitlerden oluşması, insan sağlığı açısından önemli yeri olan omega-3 yağ asitlerinden DHA ve EPA'nın yüksek oranda bulunması, esansiyel yağ asidi olan linoleik asit ile linolenik asit bakımından da zengin bir gıda olması tüketilmesini gerekli ve önemli kılmaktadır.

Genel olarak gökkuşığı alabalığının tüm vücudundaki baskın yağ asitlerinin 16:0, 18:0, 18:1 n-9, 18:2 n-6 ve 22:6 n-3 olduğu belirlenmiştir.

Ketencik tohumu yağı ile beslenen balıkların tüm vücudunda miktar olarak ilk sırada SFA, ikinci sırada MUFA ve üçüncü sırada PUFA'nın yer aldığı tespit edilmiştir.

Ketencik tohumu yağı beslemeleri ile balık yağı beslemeleri fabp3 ve fabp6 ekspresyon değerleri önemli derecede birbirine yakın bulunmuştur. Bu benzerlik balık yağına alternatif olarak ketencik tohumu yağı ile balık beslemelerinde önemli yere sahip olmaktadır.

Çalışma sonunda balıklarda açlık durumunda dokulardaki depo lipit kaynaklarına ve lipit metabolizmasına moleküler etkilerinin belirlenmesiyle literatüre katkı sağlayacağı kanaatine varılmıştır.

Balık yağı yalnızca balık yemlerinde değil, insan tüketimi ve karasal hayvan yemlerinde de kullanılmasından dolayı, yem üretim maliyetlerinde önemli artışlara yol açmaktadır. Sürdürülebilir ve ekonomik bir yem sanayinin oluşturulabilmesi için balık yağına alternatif, sağlıklı ve balığın yağ asidi ihtiyacını karşılayabilecek lipit kaynakları bulmak, balıkçılık endüstrinin geleceğini garanti altına almak anlamını da taşımaktadır. Bitkisel yağlar, fiyatlarının uygun oluşu ve kolay temin edilebilmeleri nedenleriyle balık yağının yerini alabilecek en iyi adaylar arasında yer almaktadır. Balık yağı yerine kullanılabilecek bitkisel yağların bulunması hem balık yağına olan bağımlılığı ortadan kaldıracak hem de yem maliyetini düşürecektir (Mourente and Bell 2006). Bu nedenle son yıllarda balık besleme üzerine yapılan çalışmalarda, temini kolay, ekonomik ve yağ asitlerince zengin bitkisel yağ kaynaklarının değerlendirilmesi üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Bu amaçla, çalışmamızda balık yağına alternatif olarak kullanılabilecek balık yağına göre daha ketencik tohumu yağı, balık yemlerinde kullanılabilirliği araştırılmış ve ketencik tohumu yağının gökkuşağı alabalığında büyümeyi ve yem değerlendirme oranını artırdığı tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Akıncı, B. ve Şanal, S., 2009, Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Larvalarının Düşük Tuzluluklarda Besin Kesesi Tüketimi(Lisans Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi. Çamburnu, Trabzon.
- Akpınar, N., Akpınar, M.A., Gorgun, S., ve Akpınar, A.E.,2015. Fatty Acid Composition and $\omega 3/\omega 6$ Ratios in the Muscle of Wild and Reared *Oncorhynchus mykiss*. Springer Link, 51(1), 22–25.
- Aksoy, M., 2000. Beslenme Biyokimyası.Hatiboğlu Yayınları. 126. Ankara.
- Angelini, G., Moscheni, E., Colonna, G., Belloni, P., Bonari, E., 1997. Variation in Agronomic Characteristics and Seed Oil Composition of New Oilseed Crops in Central Italy. *Industrail Crops and Products* 6: 313-322.
- Anonim, 2007. <https://biyoinformatik.wordpress.com/2007/01/14/biyoinformatik-nedir/>
- Ayaşan, T. Derleme Ketencik Bitkisinin (*Camelia sativa*) Kanatlı Beslenmesinde Kullanılması Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, KSÜ Doğa Bil. Derg.,17(2), 2014 Adana.
- Barradoa, E., Jiménez, F., Prietob, F., Nuevoc, C.,2003. The use of fatty-acid profiles of the lipits of the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to differentiate tissue and dietary feed. *Food Chemistry*, 81(1), 13–20.
- Baydar, H., 2000. Bitkilerde yağ sentezi, kalitesi ve kaliteyi artırmada ıslahın önemi. *Ekin Dergisi*. 11, 50-57.
- Bayır, M. Bayır, A. Wrightb, J.M. Divergent spatial regulation of duplicated fatty acid- binding protein (*fabp*) genes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) *Comparative Biochemistry and Physiology, Part D* 14 (2015) 2-32.
- Bayır, A., Sirkecioglu, A.N., Bayır, M., Arslan, M., Gunes, M., Haliloglu, H.I., Aras, N.M., Arslan, H., 2011. Effects of dietary lipit source on growth, survival, and fatty acid composition of brown trout juveniles, *Salmo trutta*. *Isr. J. Aquacult. Bamidgeh* 62, 8 (IIC:63.2011.622).
- Baysal A. 2002. Beslenme. Hatipoğlu Yayınevi, Ankara,
- Bell, J.G., McEvoy, J., Tocher, D.R., McGhee, F., Campbell, P.J., Sargent, J.R., 2001. Replacement of fish oil with rapeseed oil in diets of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects tissue lipit compositions and hepatocyte fatty acid metabolism. *Journal of Nutrition*. 131, 1535–1543.
- Berge, G. Witten, E. Baeverfjord, G. Vegusdal, A. Wadsworth, S. Ruyter, B. 2009.Diets with different n – 6/n – 3 fatty acid ratio in diets for juvenile Atlantic salmon, effects on growth, body composition, bone development and eicosanoid production *Aquaculture* 296 (16) 299-308
- Betancor, MB., Sprague, M., Sayanova, O., Usher, S., Metochis, C., Campbell, PJ., 2016. Replacement of Marine Fish Oil with de novo Omega-3 Oils from Transgenic *Camelina sativa* in Feeds for Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata* L.). *Springer Link*, 51: 1171.
- Betancor, MB., Sprague, M., Sayanova, O., Usher, S., Metochis, C., Campbell, PJ., *et al.* (2016) Nutritional Evaluation of an EPA-DHA Oil from Transgenic

- Camelina sativa* in Feeds for Post-Smolt Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.). PLoS ONE 11(7): e0159934.
- Budin, J., T., Brene, W. M. and Putnam, D. H., 1995. Some Compositional Properties of *Camelina sativa* L. Crantz) Seeds and Oils. Journal of the American Oil Chemists' (Society Volume 72, Number 3, Page: 309-315.
- Christie, W. W., 1989. Gas Chromatography and lipids. The Hammah Research Institute, Atr, Scotland.
- Coe, N.R. and DA. Bernlohr, Physiological Properties and functions: of intracellular fatty acid binding proteins. Biochim Biophys Acta, 1998. 1391 p. 287-306.
- Çetinkaya, O., 1995. Balık Besleme .Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:9. Van.
- Dave, G., Johansson-sjöbeck, M., Larsson, A., 1976. Metabolic and hematological effects of starvation in the European eel, *Anguilla anguilla* L.III. Comp. Biochem. Physiol., 53B, 509-515.
- David, F., Sandra, P. and Wylie, P.L., 2003. Improving the analysis of fatty acid methyl esters using retention time locked methods and retention time databases. Application Note. <http://www.chem.agilent.com/Library/applications/59885871EN.pdf>.
- Değirmenci, A., 1998. Albino ve Normal Pigmentli Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nin Karşılaştırmalı Büyüme Performansı, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon.
- Dernekbaşı, S., Karayücel, İ., 2010. Balık yemlerinde kanola yağının kullanımı. Journal Of Fisheries Sciences.Com, 4(4), 469-479.
- Esteves, A. Ehrlich, R. 2006. Invertebrate intracellular fatty acid binding proteins Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology 142, 262-274
- 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.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2014. The State of World Fisheries and Aquaculture—2014. <http://www.fao.org/3/a-i3720e.pdf>.
- Gai, F., Peiretti, P., Brugiapaglia, A. And Gasco, L., 2016. Effects of Dietary Protein Source and Feeding Regime on Growth Performance, Nutrient Digestibility, Fatty Acids, and Quality Characteristics of Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*, Fillets. Journal of the World Aquaculture Society, 47 (4), 496-507.
- Ganga, R. Montero, D. Bell, J. Atalah, E. Ganuza, E. Orellana, O. Tort, L. Acerete, L. Afonso, J. Sanatana, T. 2011. Stress response in sea bream (*Sparus aurata*) held under crowded conditions and fed diets containing linseed and/or soybean oil. Aquaculture, 311, 215-223
- Ganga, R., Montero D., Bell, J. G., Atalah, E., Ganuza, E., Vega-Orellana, O., Tort, L., Acerete, L. , Afonso, J. M., Benitez-Sanatana, T., A. F. Vaquero, M. Izquierdo, 2011. Stress response in sea bream (*Sparus aurata*) held under crowded conditions and fed diets containing linseed and/or soybean oil. Aquaculture 311, 215-223.
- Gözükara, E.M., 1997. Biyokimya, Nobel Tıp Kitapevleri ,Cilt 1, S. 242-276, İstanbul.

- Gregory, MK., Collins, RO., Tocher, DR., James, MJ., Turchini, GM., 2016. Nutritional regulation of long-chain PUFA biosynthetic genes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Br J Nutr, 115(10), 1721-9.
- Grisdale-Helland, B., Ruyter, B., Rosenlund, G., Obach, A., Helland, S.J., Sandberg, M.G., Standal, H., Røsjø, C., 2002. Influence of high contents of dietary soybean oil on growth, feed utilization, tissue fatty acid composition, heart histology and Standard oxygen consumption of Atlantic salmon (*Salmo salar*) raised at two temperatures. Aquaculture 207, 311–329.
- Gromiha, M.M., 2010. Protein sequence analysis. Protein Bioinformatics: From Sequence to Function. Elsevier Inc., New Delhi, India, pp. 29–62.
- Gurr, M. I., Harwood, J. L. and Frayn, K. N., 2002. Lipit Biochemistry. 5th ed., Blackwell Science, USA.
- Halver, J.E., 1972. Fish Nutrition, Academic Press Inc., 713,111, NewYork.
- Henderson, R.J., Tatner, M.F., and Lin, W., 1992, Antibody production in rainbow trout fed diets of different (n-3) polyunsaturated fatty acid content. Aquacult, 100: p 232-242.
- Hirotsune, S., N. Yoshida, A. Chen, L. Garret, F. Sugiyama *et al.*, 2003 An expressed pseudogene regulates the messenger-RNA stability of its homologous coding gene. Nature 423: 91–100.
- Hixson, SM., Parrish, CC., Anderson, DM., 2014. Changes in tissue lipit and fatty acid composition of farmed rainbow trout in response to dietary camelina oil as a replacement of fish oil. SpringerLink, 49(1), 97-111.
- Hotamisligil GS, Johnson RS, Distel RJ, Ellis R, Papaioannou VE, Spiegelman BM. Uncoupling of obesity from nsülin resistance through a targeted mutation in ap2, the adipocyte fatty acid binding protein. Science 1996; 274: 1377-9.
- Izquierdo, M.S., Obach A., Arantzamendi, L., Montero, D., Robaina, L., Rosenlund, G., 2003. Dietary lipit sources for seabream and seabass: growth performance, tissue composition and flesh quality. Aquaculture Nutrition, 97– 407 pp.
- İpçak, H. H., Işık, R., Alçiçek, A., 2015. Kanatlı Hayvan Üretiminde Yeni Beslenme Uygulamaları: Nutrigenomik.
- İstanbuluoğlu, A.2012 Namık Kemal Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi.
- İşleroğlu, H., Yıldırım, Z. ve Yıldırım, M. 2005. Fonksiyonel bir gıda olarak keten tohumu. GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 22: 23-30.
- Jezierska, B., Hazel, J. R., Gerking, S. D., 2006. Lipit Mobilization During Starvation in The Rainbow Trout, *Salmo gairdneri* Richardson, with Attention to Fatty Acids. Journal of Fish Biology 21: 681-692.
- Katar, D., Arslan, Y., Subaşı, İ. “Ankara Ekolojik Koşullarında Farklı Ekim Zamanlarının Ketencik (*Camelina sativa* (L.) Crantz) Bitkisinin Yağ Oranı Ve Bileşimi Üzerine Olan Etkisinin Belirlenmesi” Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi Journal of Tekirdag Agricultural Faculty, 9 (3): 84-90, 2012.
- Koncius, D. and Karcauskıene, D., 2010. The effect of nitrogen fertilizers, sowing time and seed rate on the productivity of *Camelina sativa* . Agriculture. Vol. 97, No.4 p.37-47.
- Korkut, A.Y., KOP, A., Demir, P., 2007. Balık yemlerinde kullanılan balık yağı ve özellikleri. E.U. Journal of Fisheries&Aquatic Sciences, 24, 195-199.

- Kurt, O., Seyis, F. 2008. Alternatif yağ bitkisi: Ketencik (*Camelina sativa* (L.) Crantz). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 23 (2): 116–120.
- Luo, B. Z., Tan, X. Y., Wang, V. M., Fan Q.-X., 2009. Effects of long-term starvation on body weight and body composition of juvenile channel catfish, *Ictalurus punctatus*, with special emphasis on amino acid and fatty acid changes. J. Appl. Ichthyol. 25: 184–189.
- Maisey-Genser, M.A. and MORRIS, D. 2003. Introduction history of the cultivation and uses of flaxseed. In: A.D. Muir and N.D. Westcott (Editors), Flax: The genus *Linum*, CRC Press, pp. 1-21, Boca Raton.
- Maruyama, K., Kojima, A., Yasuda, T., Suetomi, K., Kubota, Y., Takahashi, S., Ishikawa, Y., Fujimori, A., 2008. Expression of brain-type fatty acid-binding protein (fabp7) in medaka during development. Wiley Online Library, 310(7), 577–587.
- Masiha, A., Ebrahimi, E., Mahboobi S.N., Kadivar M., 2015. Effect of dietary canola oil level on the growth performance and fatty acid composition of fingerlings of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 14(2), 4.
- Mengi, A., 1991. Biyokimya, İstanbul Üniversitesi, Yayın No: 3654, ISBN. 975404232.
- Menoyo, D., Clemente, J., Lopez-Bote, Diez, A., Obach, A., Austista, J.M., 2007, Impact of n-3 fatty acid chain length and n-3/n-6 ratio in Atlantic salmon (*Salmo salar*) diets, Aquaculture. 267, 248-259.
- Montgomery, R., Conway, T.W., Spector, A. A. and Chappell, D., 2000. Biyokimya, Olgu Sunumlu Yaklaşım. Çeviri Edt. Altan, N., Palme Yayıncılık, Ankara.
- Nelson, D. L. and Cox, M. M., 2005. Lehninger Biyokimyasının İlkeleri. Çeviri Edt. Kılıç, N., Palme Yayıncılık, Ankara.
- Nielsen, N.S., Göttscheb, J.R., Holme, J., Xub, X., Mub, H., Jacobsen, C., 2005. Effect of structured lipids based on fish oil on the growth and fatty acid composition in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 250(1-2), 411–423.
- Olsen, R.E., Dragnes, B.T., Myklebust, R. and Ringo, E., 2003. Effect of Soybean Oil and Soybean Lecithin on Intestinal Lipid Composition and Lipid Droplet Accumulation of Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss* Walbaum. Fish Physiology and Biochemistry. 29, 181–192.
- Ota, T. ve Tagaki, T. 1977. A comparative study on the lipid class composition and fatty acid composition of sweet smelt (*Plecoglossus altivelis*) from marine and freshwater habitat. Bull. Fac. Fish, Hokkaido Univ., 28: 47–56
- Özdemir, N., Denkbay, E. B., 2003. Hayat veren yağlar: Omega yağları. Bilim ve Teknik Dergisi. 78-80.
- Özkaynak, E. 2011 Türkiye’de yetiştirilen bazı yağlık keten tohumlarının (*linum usitatissimum* L.) ve filizlerinin biyoaktif bileşikler açısından incelenmesi üzerine bir araştırma Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Pérez, J.A., Rodríguez, C., Henderson, R.J., 1999. The uptake and esterification of radiolabelled fatty acids by enterocytes isolated from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Fish Physiology and Biochemistry, 20: 125.
- Pfaffl, M.W., 2001. A new mathematical model for relative quantification in real time RT-PCR. Nucleic Acids Research, 29(9): 2003-2007.

- Saltiel, A.R. and C.R. Kahn, Insulivsignalling tind the i•çgulation of glucose and lipit metabolism. Nature,2001.414(6865): p. 799-806.
- Sargent J., Bell G., Mcevoy L., Tocher D., Estevaz, A., 1999. Recent development in the essential fatty acid nutrition in fish, Aquaculture. 177, 191-199.
- Sarma, D., Dhar Das, P., Das, P., Bisht, H.C.S., Akhtar, M.S., and Ciji, A.,2015. Fatty acid, amino acid and mineral composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) of Indian Himalaya. agricultural research communication centre, 49 (3), 399-404.
- Seafish., 2012. Latest news and reports relevent to the feed fisheries sector mar 2012-may 2012. <http://www.seafish.org/aquaculture>.
- Silva, S.S.D. and Anderson A.A., 1992. Fish Nutrition in Aquaagriculture. Chapman & Hall. U.K.
- Sirkecioğlu, A.N. 2007. Gökkuşığı (*Oncorhynchus mykiss*), Dere (*Salmo trutta fario*) ve Kaynak (*Salvelinus fontinalis*) Alabalıklarının Kuluçka Randımanları ile Kuluçka ve Serbest Yüzme Dönemlerine Ait Yağ ve Yağ Asidi Kompozisyonlarının Karşılaştırılması. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölümü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Erzurum.
- Sönmez, A.Y., Bilen, S., Albayrak, M., Yanık, T., 2015. Effects of dietary supplementation of herbal oils containing 1,8-cineole, carvacrol or pulegone on growth performance, survival, fatty acid composition, and liver and kidney histology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fingerlings. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 15(4), 94.
- Steffens, W. (1981). Moderne Fischwirtschaft. Verlag J. Neumann-Neudamm. 375 s. Melsungen. Berlin. Basel. Wien.
- Tamura, K., Peterson, D., Peterson, N., Stecher, G., Nei, M., Kumar, S., 2011. MEGA5: molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods. Mol. Biol. Evol. 28, 2731–2739.
- Teimouri, M., Yeganeh, S. And Amirkolaie, A.K., 2015 The effects of Spirulina platensis meal on proximate composition, fatty acid profile and lipit peroxidation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) muscle. Aquaculture Nutrition, 22(3), 559–566.
- Thiessen, D.L., 2004. Optimization of feed peas, canola and flaxseed for aqua feeds: the Canadian prairie perspective. In:Cruz Suarez, L.E., Ricque Marie, D., Nieto Lopez, M.G., Villarreal, D., Scholtz, U.Y., Gonzalez, M., Avances en Nutricion.
- Thompson, J.D., Higgins, D.G., Gibson, T.J., 1994. CLUSTALW: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, positionspecific gap penalties and weight matrix choice. Nucleic Acids Res. 22, 4673–4680.
- Toncea, I., Necseriu, D., Prisecaru, T., Balint, L.N., Ghilvacs, M.I., Popa, M. 2013. The seed's and oil composition of Camelia-first romanian cultivar of camelina (*Camelina sativa*, L. Crantz). Romanian Biotechnological Letters. 18(5): 8594–8602.
- Tontul, İ.2011 keten tohumu yağının püskürterek kurutmaya mikrokapsülasyonu üzerine farklı taşıyıcı madde ve emülsiyon uygulamalarının etkilerinin

- araştırılması. Yüksek Lisans Tezi Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Torstensen, B.E., Lie, Ø., Frøyland, L., 2000. Lipit metabolism and tissue composition in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) effects of capelin oil, palm oil, and oleic acidenriched sunflower oil as dietary lipit sources. *Lipits*. 35, 653-664.
- Vaisey-Genser, M. and Moris, D.H., 1997. Flaxseed (Health, Nuü•ition and Functionality). Flax Council of Canada, Winnipeg, Manitoba, Canada.
- Vural, O. arı sütünün zebra balığı (*danio rerio*) diyetlerinde bazı büyüme (gh ve ıgf-ı) ve immün sistem (tgf-β) doku spesifik gen ekspresyonları üzerine olan etkisi. Yüksek Lisans Tezi , Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.2015
- Yıldız, M. karanfil yağı ve 2-fenoksietanol'ün farklı yoğunluk ve sıcaklıklarda gökkuşığı alabalığı (*oncorhynchus mykiss*) üzerindeki anestezik etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tokat 2010
- Yıldız, M., Köse, İ., Issa, G., Kahraman, T., 2014. Effect of different plant oils on growth performance, fatty acid composition and flesh quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Research*, 46(12), 2885–2896.
- Yıldız, M., Şener, E., 2002. The effect of dietary oils of vegetable origin on the performance, body composition and fatty acid profiles of sea bass (*Dicentrarchus labrax* L., 1758) juveniles. *Turkish Journal Veterinary Animal Sciences*, 28, 553– 562.
- Yıldız, M., Şener, E., 2004. Farklı Bitkisel Yağlar İlave Edilen Diyetlerin Levrek (*Dicentrarchus labrax* L., 1758) Yavrularında Büyüme Performansı ve Vücut Kompozisyonuna Etkileri. *İstanbul Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 30, 75-88.
- Yılmaz, K. gökkuşığı (*oncorhynchus mykiss*) ve kaynak alabalıklarının (*salvelinus fontinalis*) farklı stoklama yoğunluklarına tepkileri. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü TRABZON 1997.
- Zubr, J. “Oil-seed crop; *Camelina sativa*” *Industrial Crops and Products*, 6 (2): 113-119, 1997.

ÖZGEÇMİŞ

01.01.1994 yılında Erzurum’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Erzurum’da tamamladı. 20011-2015 tarihleri arasında Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü’nü bitirip aynı yıl Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nde Tarımsal Biyoteknoloji Bilim Dalı, Enzim ve Mikrobiyal Biyoteknoloji anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başlamıştır.

