

**FARKLI YAĞ KAYNAKLARININ KAHVERENGİ
ALABALIK (*Salmo trutta*)’TA BÜYÜME ve YAĞ
ASİDİ KOMPOZİSYONUNA ETKİLERİ ile
ANTİOKSİDAN ENZİM AKTİVİTELERİ
VASİTASIYLA AÇLIĞA CEVAPLARININ
ÖLÇÜLMESİ**

Mehtap BAYIR
Doktora Tezi
Su Ürünleri Anabilim Dalı
Prof. Dr. Telat YANIK
2011
Her hakkı saklıdır

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

FARKLI YAĞ KAYNAKLARININ KAHVERENGİ ALABALIK
(*Salmo trutta*)’TA BÜYÜME ve YAĞ ASİDİ KOMPOZİSYONUNA
ETKİLERİ İLE ANTİOKSİDAN ENZİM AKTİVİTELERİ
VASITASIYLA AÇLIĞA CEVAPLARININ ÖLÇÜLMESİ

Mehtap BAYIR

SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

ERZURUM
2011
HER HAKKI SAKLIDIR



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

Farklı Yağ Kaynaklarının Kahverengi Alabalıkta (*Salmo trutta*) Büyüme ve Yağ Asidi Kompozisyonuna Etkileri ile Antioksidan Enzim Aktiviteleri Vasıtasıyla Açlığa Cevaplarının Ölçülmesi

Prof. Dr. Telat YANIK danışmanlığında, Mehtap BAYIR tarafından hazırlanan bu çalışma 16/04/2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından. Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda Doktora tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Recep BİRCAN

İmza :

Üye : Prof. Dr. Telat YANIK

İmza :

Üye : Prof. Dr. N. Mevlüt ARAS

İmza :

Üye : Doç. Dr. Murat ARSLAN

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Esat Mahmut KOCAMAN

İmza :

(imza)

Yukarıdaki sonucu onaylıyorum

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Ömer AKBULUT

Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri kapsamında desteklenmiştir.

Proje No: BAP 2008/34

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

ÖZET

Doktora Tezi

FARKLI YAĞ KAYNAKLARININ KAHVERENGİ ALABALIK (*Salmo trutta*)'TA
BÜYÜME ve YAĞ ASİDİ KOMPOZİSYONUNA ETKİLERİ ile ANTİOKSİDAN ENZİM
AKTİVİTELERİ VASITASIYLA AÇLIĞA CEVAPLARININ ÖLÇÜLMESİ

Mehtap BAYIR

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Telat YANIK

Bu çalışmada balık yağı, soya lesitini, oleik asit ve keten tohumu yağı kullanılarak hazırlanan dört farklı yem ile 8 hafta beslenen kahverengi alabalıkta yağ asidi kompozisyonu, büyüme ve besin madde kompozisyonu belirlendikten sonra çalışma 2 hafta daha sürdürülerek balıklarda açlığın ve az beslemenin meydana getireceği stresi belirlemek amacıyla antioksidan enzim aktiviteleri ölçülmüştür.

Büyüme değerleri incelendiğinde; oleik asit grubunun büyüme oranı ile spesifik büyüme oranı diğer gruplardan önemli ($p<0,05$) derecede düşük çıkarken, yaşama oranı bakımından gruplar arasında fark olmadığı ortaya çıkmıştır. Yem değerlendirme oranına bakıldığında ise oleik asit grubunun balık yağı ve soya lesitini gruplarından önemli ($p<0,05$) derecede düşük olduğu görülmüştür. Besin maddesi kompozisyonu sonuçlarına bakıldığında; ham protein bakımından keten tohumu grubu değerinin diğer gruplardan önemli ($p<0,05$) derecede yüksek olduğu, yağ bakımından ise soya lesitini grubunun diğer üç gruptan önemli derecede düşük olduğu bulunmuştur ($p<0,05$).

Tüm deneme gruplarında palmitik asit (16:0) ve oleik asit (18:1 n-9) sırasıyla en önemli doymuş ve tekli doymamış yağ asitleri olarak belirlenmişlerdir. En yüksek toplam n-6 PUFA miktarı soya lesitini ile beslenen balıklarda bulunurken, en yüksek toplam n-3 PUFA miktarı keten tohumu yağı ile beslenen grupta belirlenmiştir ($p<0,05$). En yüksek toplam n-3/n-6 oranı ve eikosapentaenoik asit (20:5 n-3) + dokosaheksaenoik asit (22:6 n-3) miktarı ise balık yağı ile beslenen balıklarda bulunmuştur. Genel olarak balıkların yağ asidi kompozisyonu diyetlerdeki farklı yağ kaynaklarının yağ asidi kompozisyonunu yansıtmıştır.

Antioksidan enzim aktiviteleri gerek yem seviyelerine gerekse farklı yağ kaynaklarına bağlı olarak önemli derecede farklılık göstermiştir ($p<0,05$).

2011, 198 sayfa

Anahtar Kelimeler: Kahve renkli alabalık, balık yağı, keten tohumu yağı, soya lesitini, oleik asit, yağ asidi, büyüme, antioksidan enzimler, açlık, yem kısıtlama.

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

EFFECT of DIETARY LIPID SOURCES on FATTY ACID PATTERN, GROWTH and STARVATION RESPONSE INDICATED by ANTIOXIDANT ENZYMES in BROWN TROUT (*Salmo trutta*)

Mehtap BAYIR

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

Supervisor: Prof. Dr. Telat YANIK

An eight week feeding trial was conducted to determine the effects of different lipid sources (fish oil, soybean lecithin, oleic acid and linseed oil) on whole body fatty acid composition, proximate composition and growth parameters in brown trout. At the end of feeding trial, fish subjected to starvation and food restriction stress for two weeks and the stress response was assayed by antioxidant enzyme activities.

While growth and specific growth rate were lower in oleic acid group than the other groups ($p<0.05$), survival rate values were not different among groups. Food efficiency ratio in fish fed oleic acid were significantly lower than that of fish fed fish oil and lecithin ($p<0.05$). With respect to proximate composition; crude protein in linseed oil group was significantly higher than that of other groups ($p<0.05$) and lipid amount in fish fed soybean lecithin was lower than that of other groups ($p<0.05$).

Palmitic (16:0) and oleic acid (18:1 n-9) were the major saturated and monounsaturated fatty acids in all experimental groups, respectively. While the highest total n-6 PUFA amount was determined in fish fed the soybean lecithin diet, the maximum level of total n-3 PUFA in fish fed the linseed oil diet ($p<0.05$). The highest total n-3/n-6 PUFA ratio and eicosapentaenoic acid (20:5 n-3) + docosahexaenoic acid (22:6 n-3) levels were found in fish fed the fish oil diet ($p<0.05$). Generally, fatty acids in whole fish reflected the fatty acid compositions of different dietary lipid sources.

Antioxidant enzyme activities were significantly influenced both dietary lipid sources and food amount ($p<0.05$).

2011, 198 pages

Keywords: Brown trout, cod liver oil, linseed oil, soybean lecithin, oleic acid, fatty acid, growth, antioxidant enzyme, starvation, food restriction.

TEŞEKKÜR

Doktora tezi olarak sunduğum bu çalışmanın yürütülmesi esnasında her konuda yardımlarını gördüğüm, engin tecrübesinden yararlandığım, bana özgür ve düzeyli bir çalışma imkânı sunan saygıdeğer danışman hocam sayın Prof. Dr. Telat YANIK'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Bu çalışmanın yapılabilmesi için gerekli mali destek Atatürk Üniversitesi Rektörlüğü tarafından 2008/34 no'lu proje ile sağlanmıştır. Dolayısıyla Atatürk Üniversitesi Rektörlüğü'ne teşekkürü bir borç bilirim. Bizlere gerek ilmi tecrübesiyle gerekse manevi destekleriyle her zaman faydalı olan hocam sayın Prof. Dr. M. Sıtkı ARAS'a teşekkürlerimi sunarım. Tezimin her aşamasında yardımlarını esirgemeyen, her konuda yol gösteren hocalarım sayın Prof. Dr. Mevlüt ARAS ve sayın Doç. Dr. Murat ARSLAN'a teşekkürlerimi sunarım. İstatistik analizleri büyük bir sabırla yapan sayın Yrd. Doç. Dr. Mahmut DAŞCI'ya teşekkürlerimi sunarım. Laboratuvar aşamasında yardımlarını gördüğüm sevgili arkadaşım sayın Arş. Gör. A. Necdet SİRKECİOĞLU'na ve her konuda bana destek olan eşim sayın Yrd. Doç. Dr. Abdulkadir BAYIR'a teşekkürlerimi sunarım.

Her ihtiyacım olduğunda yanımda olan ve bana sürekli destek olan canım annem başta olmak üzere tüm aileme, sonsuz ilgi ve sevgilerinden dolayı teşekkür ederim. Yine deneme aşamasında babası askerde olduğu için hafta sonlarını benimle birlikte deneme ünitesinde geçirmek zorunda kalan minicik kızım Melis'e ve her zaman her türlü manevi desteğini gördüğüm ikinci annem dediğim biricik ablama sonsuz teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Mehtap BAYIR

Nisan

2011

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER DİZİNİ.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Yağlar ve Yağ Asitleri	4
1.2. Yağların Kimyasal Reaksiyonları	11
1.2.1. Hidrojenlendirme	11
1.2.2. Hidrolize olma.....	11
1.2.3. Saponifikasyon.....	11
1.2.4. Ransidite (Acıma)	12
1.3. Yağın Balık Rasyonunda Enerji Kaynağı Olarak Kullanımı	12
1.4. Rasyon Yağ Düzeylerinin Balık Gelişimi Üzerine Etkileri	13
1.5. Reaktif Oksijen Türleri	17
a. Süperoksit Radikali (O_2^-).....	21
b. Hidroksil Radikali ($OH^\cdot$)	22
c. Singlet Oksijen (1O_2).....	23
d. Hidrojen Peroksit (H_2O_2)	25
1.6. Antioksidan Savunma Sistemi	26
1.7. Lipit Peroksidasyonu.....	28
1.8. Serbest Oksijen Radikallerine Karşı Savunma Sistemleri	29
a. Antioksidan Enzimler.....	29
a1. Süperoksit Dismutaz (EC 1.15.1.1).....	29
a2. Glutasyon Peroksidaz (EC 1.11.1.9).....	30
a3. Katalaz (EC 1.11.1.16).....	31
a4. Glutasyon Redüktaz (EC 1.6.4.2)	32
a5. Glukoz 6-Fosfat Dehidrogenaz (EC 1.1.1.49).....	33
a6. Glutasyon S-Transferazlar (EC 1.5.1.18)	33
b. Enzim Olmayan Antioksidanlar	34
2. KAYNAK ÖZETLERİ	37
3. MATERYAL ve METOD	56
3.1. Materyal	56
3.1.1. Balık materyali	56
3.1.2. Çalışmanın yürütüldüğü yer.....	56
3.1.3. Su materyali	56
3.1.4. Tanklar	57
3.1.5. Yem materyali.....	58
3.2. Metot	58

3.2.1. Yemlerin hazırlanması ve balıkların beslenmesi	58
3.2.2. Su değerlerinin ölçülmesi	59
3.2.3. Balıkların yemlenmesi ve tartımları	59
3.2.4. Örneklerin alınması ve muhafazası	60
3.2.5. Örneklerden yağın ekstrakte edilmesi ve miktarının belirlenmesi	60
3.2.6. Yağ asidi metil esterlerinin (FAME) hazırlanması	61
3.2.7. Yağ asidlerinin tayini	61
3.2.8. Gaz kromatografisi koşulları	62
3.2.9. Enzim Aktivitelerinin Ölçülmesi	62
3.2.10. Bradford yöntemi ile proteinlerin tayini	72
3.2.11. Büyüme değerlerinin belirlenmesi	73
3.2.12. Deneme balıkların besin madde içeriklerinin analizleri	74
3.2.13. İstatistik analizler	75
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	76
4.1. Büyüme Değerlerine İlişkin Sonuçlar	76
4.2. Besin Maddesi Kompozisyonuna İlişkin Sonuçlar	77
4.3. Enzim Aktivitesine İlişkin Sonuçlar	78
4.3.1. SOD enzim aktivitesine ilişkin sonuçlar	78
4.3.2. CAT enzim aktivitesine ilişkin sonuçlar	87
4.3.3. GPx enzim aktivitesine ilişkin sonuçlar	96
4.3.4. GR enzim aktivitesine ilişkin sonuçlar	105
4.3.5. GST enzim aktivitesine ilişkin sonuçlar	114
4.3.6. G6PD enzim aktivitesine ilişkin Sonuçlar	123
4.3.7. MDA miktarına ilişkin sonuçlar	132
4.4. Yağ Asidi Kompozisyonuna İlişkin Sonuçlar	141
4.4.1. SFA profillerine ilişkin sonuçlar	141
4.4.2. MUFA profillerine ilişkin sonuçlar	141
4.4.3. n-3 çoklu doymamış yağ asidi profillerine ilişkin sonuçlar	142
4.4.4. n-6 çoklu doymamış yağ asidi profillerine ilişkin sonuçlar	143
4.4.5. n-3/n-6 PUFA ve EPA+DHA değerleri	143
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	147
5.1. Büyüme Değerlerine İlişkin Tartışma	147
5.2. Besin Madde Kompozisyonuna İlişkin Tartışma	150
5.3. Enzim Aktivitelerine İlişkin Tartışma	151
5.3.1 SOD enzim aktivitesine ilişkin tartışma	153
5.3.2. CAT enzim aktivitesine ilişkin tartışma	155
5.3.3. GPx enzim aktivitesine ilişkin tartışma	157
5.3.4. GR enzim aktivitesine ilişkin tartışma	158
5.3.5. GST enzim aktivitesine ilişkin tartışma	160
5.3.6. G6PD enzim aktivitesine ilişkin tartışma	161
5.3.7. MDA mikrarına ilişkin tartışma	163
5.4. Yağ Asidi Profillerine İlişkin Tartışma	165
5. 4. 1. SFA profillerine ilişkin tartışma	167
5. 4. 3. n-3 çoklu doymamış yağ asidi profillerine ilişkin tartışma	169

5. 4. 4. n–6 çoklu doymamış yağ asidi profillerine ilişkin tartışma	172
5. 4. 5. n–3/n–6 PUFA ve EPA+DHA değerlerine ilişkin tartışma	174
KAYNAKLAR	179
ÖZGEÇMİŞ.....	

SİMGELER DİZİNİ

AA	Araşidonik Asit
ADP	Adenozin Difosfat
AE	Antioksidan Enzim
ASS	Antioksidan Savunma Sistemi
ATP	Adenozin Trifosfat
CAT	Katalaz
CDNB	1-kloro-2,4-dinitrobenzen
DHA	Dokosaheksaenoik Asit
DNA	Deoksiribonükleik Asit
EC	Enzim Kodu
EFA	Esansiyel Yağ Asidi
EDTA	Etilen Diamin Tetra Asetat
EPA	Eikosapentaenoik Asit
EU	Enzim Ünitesi
G6P	Glukoz 6-Fosfat
G6PD	Glukoz 6-Fosfat Dehidrogenaz
GPx	Glutasyon Peroksidaz
GR	Glutasyon Redüktaz
GSH	İndirgenmiş (Redükte) Glutasyon
GSI	Gonado Somatik İndeks
GSSG	Yükseltgenmiş (Okside) Glutasyon
Hb	Hemoglobin
HUFA	Yüksek Doymamış Yağ Asidi
MDA	Malondialdehit
ME	Malik Enzim
MUFA	Tekli Doymamış Yağ Asidi
NADP ⁺	Nikotinamid Adenin Dinükleotid Fosfat (Yükseltgenmiş Hal)

NADPH ⁺	Nikotinamid Adenin Dinükleotid Fosfat (İndirgenmiş Hal)
NBT	Nitro Blue Tetrazolium
pH	Asitlik Özelliği
SOD	Süperoksit Dismutaz
SFA	Doymuş Yağ Asidi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1. Yağlarda hidrojenasyon (Çetinkaya 1995).....	5
Şekil 1. 2. Bir yağ asitinin genel formülü.....	6
Şekil 1. 3. Linolenik asit.....	8
Şekil 1. 4. Hayvanlarda çoklu doymamış yağ asitlerinin sentez aşamaları (Gurr <i>et al.</i> 2002).....	9
Şekil 1. 5. Lesitin kimyasal yapısı.....	14
Şekil 1. 6. Hücrelerde oksidatif stresin oluşturduğu hasarın mekanizması (Gülçin 2002)	20
Şekil 1. 7. Moleküler oksijenin indirgenmesiyle oluşan reaktif oksijen türleri (Beuchter 1988).....	26
Şekil 3. 1. Denemede kullanılan fiberglas tanklar	57
Şekil 4. 1. Aç bırakılmış balıklarda SOD enzim aktivitesi değişimleri.....	81
Şekil 4. 2. SOD enzim aktivitesinin %1,3 yem verilen gruplara göre değişimi	81
Şekil 4. 3. SOD enzim aktivitesinin %2,6 yem verilen gruplara göre değişimi.....	81
Şekil 4. 4. SOD enziminin balık yağı (D1) grubunda yem miktarlarına göre değişimi	85
Şekil 4. 5. SOD enziminin lesitin (D2) grubunda yem miktarlarına göre değişimi.....	85
Şekil 4. 6. SOD enziminin oleik asit (D3) grubunda yem miktarlarına göre değişimi	86
Şekil 4. 7. SOD enziminin keten tohumu yağı (D4) grubunda yem miktarlarına göre değişimi.....	86
Şekil 4. 8. CAT enzim aktivitesinin yem verilmeyen gruplara göre değişimi.....	90
Şekil 4. 9. CAT enzim aktivitesinin %1,3yem verilen gruplara göre değişimi.....	90

Şekil 4. 10. CAT enzim aktivitesinin %2,6 yem verilen gruplara göre değişimi.....	90
Şekil 4. 11. CAT enziminin balık yağı (D1) grubunda yem miktarlarına göre değişimi.....	94
Şekil 4. 12. CAT enziminin lesitin (D2) grubunda yem miktarlarına göre değişimi.....	94
Şekil 4. 13. CAT enziminin oleik asit (D3) grubunda yem miktarlarına göre değişimi	95
Şekil 4. 14. CAT enziminin keten tohumu yağı (D4) grubunda yem miktarlarına göre değişimi.....	95
Şekil 4. 15. GPx enzim aktivitesinin yem verilmeyen gruplara göre değişimi	99
Şekil 4. 16. GPx enzim aktivitesinin %1,3 yem verilen gruplara göre değişimi	99
Şekil 4. 17. GPx enzim aktivitesinin %2,6 yem verilen gruplara göre değişimi	99
Şekil 4. 18. GPx enziminin balık yağı (D1) grubunda yem miktarlarına göre değişimi.....	103
Şekil 4. 19. GPx enziminin lesitin (D2) grubunda yem miktarlarına göre değişimi.....	103
Şekil 4. 20. GPx enziminin oleik asit (D3) grubunda yem miktarlarına göre değişimi	104
Şekil 4. 21. GPx enziminin keten tohumu yağı (D4) grubunda yem miktarlarına göre değişimi.....	104
Şekil 4. 22. GR enzim aktivitesinin yem verilmeyen gruplara göre değişimi.....	108
Şekil 4. 23. GR enzim aktivitesinin %1,3 yem verilen gruplara göre değişimi	108
Şekil 4. 24. GR enzim aktivitesinin %2,6 yem verilen gruplara göre değişimi	108
Şekil 4. 25. GR enziminin balık yağı (D1) grubunda yem miktarlarına göre değişimi.....	112

Şekil 4. 26. GR enziminin lesitin (D2) grubunda yem miktarlarına göre değişimi.....	112
Şekil 4. 27. GR enziminin oleik asit (D3) grubunda yem miktarlarına göre değişimi	113
Şekil 4. 28. GR enziminin keten tohumu yağı (D4) grubunda yem miktarlarına göre değişimi.....	113
Şekil 4. 29. GST enzim aktivitesinin yem verilmeyen gruplara göre değişimi	117
Şekil 4. 30. GSTenzim aktivitesinin %1,3 yem verilen gruplara göre değişimi	117
Şekil 4. 31. GST enzim aktivitesinin %2,6 yem verilengruplara göre değişimi	117
Şekil 4. 32. GST enziminin balık yağı (D1) grubunda yem miktarlarına göre değişimi.....	121
Şekil 4. 33. GST enziminin lesitin (D2) grubunda yem miktarlarına göre değişimi.....	121
Şekil 4. 34. GST enziminin oleik asit (D3) grubunda yem miktarlarına göre değişimi	122
Şekil 4. 35. GST enziminin keten tohumu yağı (D4) grubunda yem miktarlarına göre değişimi.....	122
Şekil 4. 36. G6PD enzim aktivitesinin yem verilmeyen gruplara göre değişimi	126
Şekil 4. 37. G6PD enzim aktivitesinin %1,3 yem verilen gruplara göre değişimi	126
Şekil 4. 38. G6PD enzim aktivitesinin %2,6 yem verilen gruplara göre değişimi	126
Şekil 4. 39. G6PD enziminin balık yağı (D1) grubunda yem miktarlarına göre değişimi.....	130
Şekil 4. 40. G6PD enziminin lesitin (D2) grubunda yem miktarlarına göre değişimi.....	130
Şekil 4. 41. G6PD enziminin oleik asit(D3) grubunda yem miktarlarına göre değişimi.....	131
Şekil 4. 42. G6PD enziminin keten tohumu yağı (D4) grubunda yem	

miktarlarına göre değişimi.....	131
Şekil 4. 43. MDA miktarının yem verilmeyen gruplara göre değişimi (D1: Balık yağı, D2: Soya lesitin, D3:Oleik asit, D4: Keten tohumu yağı)	81
Şekil 4. 44. MDA miktarının %1,3 yem verilen gruplara göre değişimi.....	135
Şekil 4. 45. MDA miktarının %2,6 yem verilen gruplara göre değişimi	135
Şekil 4. 46. MDA miktarının balık yağı (D1) grubunda yem miktarlarına göre değişimi.....	139
Şekil 4. 47. MDA miktarının lesitin (D2) grubunda yem miktarlarına göre değişimi.....	139
Şekil 4. 48. MDA miktarının oleik asit (D3) grubunda yem miktarlarına göre değişimi	140
Şekil 4. 49. MDA miktarının keten tohumu yağı (D4) grubunda yem miktarlarına göre değişimi.....	140

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1. 1. Yağların sınıflandırılması.....	4
Çizelge 1. 2. Bazı önemli doymuş yağ asitleri.....	7
Çizelge 1. 3. Bazı önemli doymamış yağ asitleri.....	10
Çizelge 3. 1. Araştırmada kullanılan suyun kimyasal özellikleri.....	57
Çizelge 3. 2. Farklı yağ kaynakları (balık yağı, soya lesitini, oleik asit, keten tohumu yağı) ile hazırlanan yemlerin formülasyonları.....	58
Çizelge 3. 3. MDA standart eğrisinin hazırlanması.....	71
Çizelge 3. 4. MDA yöntemi.....	70
Çizelge 4. 1. Farklı yağ kaynakları (balık yağı, soya lesitini, oleik asit, keten tohumu yağı) ile beslenen kahverenkli alabalık (<i>S. trutta</i>)’ın büyüme değerlerine ait çizelge.....	76
Çizelge 4. 2. Farklı yağ kaynakları (balık yağı, soya lesitini, oleik asit, keten tohumu yağı) ile beslenen kahverenkli alabalık (<i>S. trutta</i>)’ta yapılan besin maddesi kompozisyonu sonuçları	78
Çizelge 4. 3. Farklı yağ kaynaklarıyla (balık yağı, soya lesitini, oleik asit, keten tohumu yağı) beslenen kahverenkli alabalık (<i>S. trutta</i>)’ın deneme sonu yağ asidi kompozisyonu.....	145
Çizelge 4. 4. Farklı yağ kaynaklarıyla (balık yağı, soya lesitini, oleik asit, keten tohumu yağı) hazırlanan yemlerin yağ asidi kompozisyonu.....	146

1. GİRİŞ

Günümüz gelişen teknikleri ve özellikle canlı yem üretimindeki artışla beraber ticari yavru yemi üretimi pek çok balık türünün kültüre alınmasını sağlamıştır. Bir zamanlar yalnızca krallara ve imtiyazlı sınıfa sunulabilen prestij unsuru salmonid ailesinden olan alabalıklar günümüzde en ucuz üretilen protein kaynaklarından birisi olmuştur (Bardach *et al.* 1976).

Araştırmacılar pazara sunulmadan, balık eti yağ asidi profilini yemlerin kompozisyonuna göre belirli seviyede değiştirebilme imkânına kavuşmuştur. Diğer bir ifadeyle balıkların farklı safhalarındaki yağ asidi kompozisyonları onların diyetlerinin hazırlanmasında önemli ipuçları verebileceğinin delili olmuştur (Halver 1988).

Gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de geçmişte çok az olan balık işletmeleri ve balık yemi fabrikaları, günümüzde balıkların, insanların sofralarında daha fazla yer almalarından dolayı giderek artmaktadır. Dolayısıyla kültür balıkçılığında hızlı bir gelişme içerisinde. Ancak sayısı hızla artan balık işletmelerinin yem ihtiyaçlarının sadece doğal yemlerden karşılanabilmesinin zorluğu ve ekonomik olmaması, her zaman bulunabilecek ve daha ucuza mal olabilecek yemlerin teminini zorunlu kılmaktadır (Lovell 1989; Yanık 2010).

Ülkemizde alternatif yem kaynağı olarak, insanlar tarafından tüketilmeyen balıklar ve balık artıkları kullanılmaktadır. Hatta fındık küspesinin de hayvan yemlerinde protein kaynağı olarak kullanılması hususunda araştırmalar yapılmaktadır (Küçükersan 1992; Ocak vd 1994; Yanık 2010). Ancak balığın kendisinden yapılması itibarıyla, balık yemlerinin ana maddesini balık ununun oluşturmasının gerektiği çeşitli araştırmacılar tarafından vurgulanmaktadır (Yanık 2010). Salmonidae familyasından olan *Salmo trutta*, dere ekotipi olarak sistematikteki yerini almıştır. Kahverenkli alabalık, deniz ve akarsular arasında göç etmedikleri halde, bir akarsuyun bünyesi içinde kısa mesafeli

göçler yapmaktadırlar (Çelikkale 1992; Geldiay ve Balık 1996). Kahverenkli alabalık (*S. trutta*)'ın vücudu tıknaz ve torpil şeklinde olup yan taraflarından biraz basıktır. Renkleri yaşadığı ortama göre çok değişkendir. Genel renk kahverengi, yeşil veya mavi renk tonlarındaki kahverengidir, fakat çok miktarda pembemsi mor ve seyrek olmayan oranda da siyaha rastlanmaktadır. Yan kısımları daha çok açık mavi, portakal rengi veya sarımtırak halkalarla çevrilmiş kırmızı veya siyah noktalarla kaplıdır. Özellikle yavrularda çok karakteristik olan kırmızı benekler, büyüdükları zamanda aynı kalmakta ve hayatları boyunca kaybolmamaktadır. Genç bireylerde 6-9 koyu ve enine bant bulunur. Yüzgeçler genellikle koyu renkli, bazen de mattır. Genç bireylerde kaudal yüzgeç az derecede çatallı, daha yaşlı bireylerde ucu kesik veya yuvarlaklaşmıştır. Erkekler, sahip oldukları daha uzun ağız yarığı ve alt çene kemiğindeki yukarıya doğru oluşan çengel yapı ile dişilerden ayrılırlar. Daha çok sonbahar ve kış başlangıcında ürerler. Ekim–Ocak ayları arasında dağ derelerinin kaynağa yakın, temiz olan, hareketli, kum içermeyen çakıllı zemine sahip kısımlarında yumurtlarlar. Cinsi olgunluğa 3-4 yaşında ulaşırlar. Bir dişi 1 kg ağırlığına karşılık 1000–1500 yumurta bırakır. Yumurtadan larvalar, su sıcaklığına bağlı olarak 2,5-4 ayda veya daha kısa sürede çıkarlar. Yumurtalar portakal renkli ve oldukça büyüktür. Çıkan larvalar da 2–2,5 cm uzunluğunda olurlar. Kahverenkli alabalık, Türkiye’de başta Doğu Anadolu, Karadeniz ve İç Anadolu olmak üzere pek çok su kaynağında bulunmaktadır. Tipik bir soğuk su balığı olan kahverenkli alabalık, daha çok dağlık bölgelerde berrak olan ve çakıllı dip yapısına sahip çok sıcak olmayan yüksek oksijenli dere ve akarsularda yaşamaktadır. Fakat nehir ağızlarında bulunabildiği gibi aynı zaman da göllerde, havuzlarda ve rezervuarlarda da rastlanabilirler (Çelikkale 1992).

Balık üretiminde tüm işletme giderlerinin %40-60’lık bölümünü yem giderlerinin oluşturduğu bilinmektedir. Balık yem sanayinde ana protein ve yağ kaynağı olarak kullanılan balık unu ve balık yağı fiyatlarının yüksek olması yem giderlerinin artmasına neden olmaktadır. Hayvansal protein açığının kapatılmasında önemli bir yere sahip olan balık yetiştiriciliğinin yaygınlaştırılması için yem maliyetinin, dolayısıyla balık üretim maliyetinin düşürülmesi gerekmektedir. Mevcut bu masrafların azaltılması yolunda

gökkuşığı alabalığı yemlerinde bitkisel ve hayvansal hammaddelerin kullanım olanakları (Sanz *et al.* 1994; Gomes *et al.* 1995; Morales *et al.* 1994; De la Higuera *et al.* 1988; Bureau *et al.* 2000; Cheng and Hardy 2002) ve ayrıca insan tüketiminde kullanılmayan midye eti (Aral vd 1999), palamut, hamsi ve alabalık iç organı (Türker ve Büyükhatipoğlu 2006), köpek balığı sakatatı (Asgard and Austreng 1985), balıkthane atıkları (Yıldırım vd 1999), soya fasülyesi ilaveli sığır dalağı ve akciğeri (Kocaman vd 1996) gibi ham maddelerin kullanım olanakları üzerine araştırmalar mevcuttur. Yem maliyetini düşürmek amaçlı yöntemler geliştirilirken yemin kalitesinin düşürülmemesine dikkat edilmelidir. Çünkü yemin kalitesi, nitrojen metabolizması atım ürünlerini doğrudan etkilemektedir (Dosdat *et al.* 1995, 1996; Harmantepe ve Büyükhatipoğlu 2007).

Kahve renkli alabalık (*S. trutta*) et kalitesinin çok iyi olması, renginin ve tadının çok güzel olması, pazar değerinin yüksek olması ve tüketici tarafından tercih edilen bir balık olması gibi avantajlara sahip olmasının yanı sıra adaptasyon yeteneğinin zayıf olması, yetiştiricilikte yem alımının kötü olması ve buna bağlı olarak büyümenin istenilen düzeyde olmaması, çevre şartları yönünden yüksek ihtiyaç göstermesi ve kuluçka randımanının düşük olması, dolayısıyla birim yavrunun pahalıya mal olması gibi dezavantajlara da sahiptir. Bu dezavantajları dolayısıyla yetiştiriciliği de gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) kadar fazla olmamakta ve dolayısıyla bu balık üzerindeki çalışmalarda sınırlı sayıda kalmaktadır. Ancak Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü'nde kahve renkli alabalık (*S. trutta*) 10 yıldan beri başarıyla üretilmekte olup çalışmalarımız için büyük bir imkan sağlamaktadır. Tüm bunlar değerlendirildiğinde kahverenkli alabalıkta yapacağımız bu çalışma ülkemiz açısından yeni olup, karşılaştırmalı araştırma bulguları için öncü verilerden olacaktır.

1.1. Yağlar ve Yağ Asitleri

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 Denkbaş 2003).

Lipidler suda çözünmeyen ve benzen, eter gibi çeşitli organik çözücülerde çözünebilir biyolojik olarak önemli bir sınıfı oluşturan biyomoleküllerdir (Güner 2007). Yağların sınıflandırılması Çizge 1.1 'de verilmiştir.

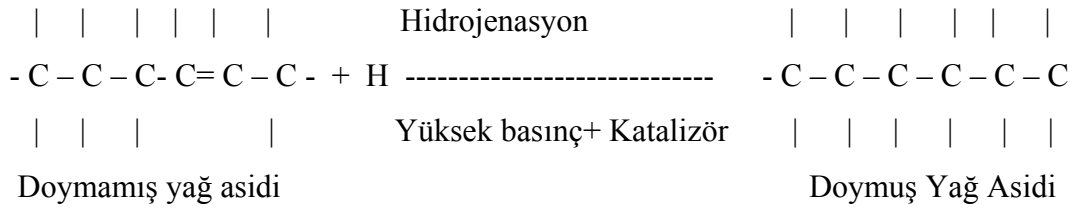
Çizge 1.1. Yağların sınıflandırılması (Akyurt 1993)

Yağlar		
A. Gliserinli Yağlar	B. Gliserinsiz Yağlar	Lipit Benzerleri
1. Basit yağlar	1. Sfingomiyelinler	1. Steroidler
2. Bileşik yağlar	2. Serebrozitler	a. Sterinler
a. Glikolipitler	3. Mumlar	b. Safra asitleri
b. Fosfolipitler		c. Adrenal hormonlar
		2. Karatenoidler
		3. Terpenler

Organizmalarda, yağ asitleri genellikle çift sayıda karbon içerir ve hidrokarbon zinciri dallanmamıştır. Hidrokarbon zincirinde karbon-karbon çift bağı varsa bu yağ asitleri doymamış; eğer sadece tek bağlar varsa doymuş olarak tanımlanır (Şekil 1.2). Doymuş yağ asitlerini doymamış yağ asitlerinden ayıran bir özellik de kaynama noktalarıdır.

Doymuş yağ asitlerinin erime noktası doymamış olanlardan daha yüksektir (Güner 2007). Doymamış yağ asitleri ile doymuş yağ asitlerinden 8 karbonlu olana kadarkiler oda sıcaklığında sıvıdırlar. Her hangi bir yağ bunlarla ne kadar zenginse o kadar erime noktaları düşük olacaktır (Keha ve Küfrevioğlu 1997).

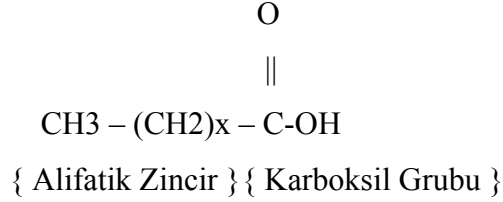
Doymamış yağ asitleri bir takım işlemlerle doymuş hale getirilebilir. Mesela H ile bağlar doyurulabilir (Şekil 1.1). Bu şekilde yapılan işleme “hidrojenasyon” oluşan yağlara da “hidrojene yağ” adı verilir (Çetinkaya 1995).



Şekil 1. 1. Yağlarda hidrojenasyon (Çetinkaya 1995)

İhtiyaç duyulan ve vücutta sentezleyenemeyen 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 n-3 ve n-6 grubu yağ asitlerini sentezleme yetenekleri olmadığından bu yağ asitlerinin balıklar için EFA olduğu ve yemlerle birlikte alınması gerektiği görüşüne varılmıştır. Genelde tatlı su balıkları çoklu doymamış yağ asitlerinden n-3 serisine, ılık su balıkları ise hem n-3 hem de n-6 serisine ihtiyaç duymaktadırlar. EFA'yı 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).

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).



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. Mesela doymamış yağ asitlerince zengin soya yağında iyot sayısı 130 iken bu değer hurma yağında sadece 10'dur (Çetinkaya 1995). Benzer şekilde NaOH ve KOH gibi alkaliler yağ asitlerini hidrolize ederek sabunlaştırırlar. Örneğin 1 gr yağın hidrolizi için gerekli KOH'ın mg miktarına sabunlaşma sayısı denir. Buna göre tereyağı için bu değer 230 iken, mısır yağı için 50 dir. Yağların enzimatik hidrolizi lipazlarla gerçekleşir. Doymamış yağ asitleri okside olur ve hidroperoksitler daha sonra keton ve aldehitlere dönüşür. Bu olaya oksidatif parçalanma denir ve Fe, Cu gibi ağır metallerle beraber ultraviyole ışınları ile gerçekleşir. Bu bozulma ransidite olarakta bilinir. Yani yağların acıması olayı olarak veya ketonik acıma şeklinde tanımlanır (Silva and Anderson 1992; Sirkecioğlu 2007).

Sonuç olarak yağlar; Yüksek enerji kaynağıdırlar. Doymamış yağlar balıklar için esansiyeldir. Yağda eriyen vitaminlerin kaynağı ve taşıyıcısıdırlar. Özellikle fosfolipidler ve sterin esterleri biyolojik membranların yapı taşlarıdırlar. 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).

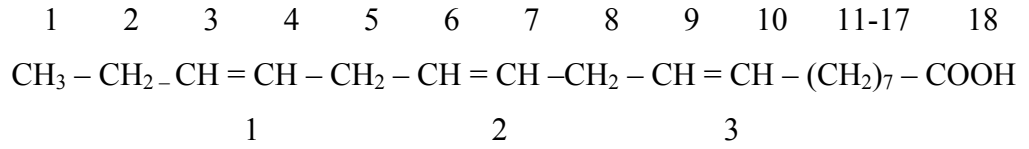
Bütün yağ asitlerinin bir ucu metil (CH₃) uzun bir hidrokarbon zinciri ve sonunda karboksil grubu (COOH) bağlanmaktadır. Mevcut doymuş yağ asitlerinin sayısı 2-34 C arasında değişmektedir. Karbon sayısına göre sırasıyla yağ asitleri (2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 34)'nin isimleri asetik, propiyonik, bütirik, kaproik, kaprilik, kaprik, laurik, miristik, palmitik, stearik, araşidik, behenik, lingoserik, serotik, montanik, melistik ve lakseronik asit olarak isimlendirilmektedirler. Bunlardan ilk üç sıradakiler ucucu yağ asitleridir. Bütirik asit, süt yağı asidi veya tereyağı asidi olarak bilinir. Kaproik asitten miristik asite kadar olanlar da süt yağı, hindistan cevizi yağı gibi yağlardır. Balıklarda en fazla bulunan doymuş yağ asitleri ise palmitik asittir (16:0). Doymuş yağ asitleri C_nH_{2n}O₂ formülü ile gösterilebilirler. Doymuş yağ asitlerince zengin yağlar yüksek erime sıcaklığına sahiptirler. PA en fazla ve en yaygın olarak bulunan doğal doymuş yağ asitidir (Montgomery *et al.* 2000). Bitkilerde, hayvanlarda ve mikroorganizmalarda bulunur. Miktarı genel hayvan lipitlerinde %20-30 arasında, spermelerde ise %10-40 arasında değişir (Gurr *et al.* 2002; Nelson and Cox 2005)

Çizelge 1. 2. Bazı önemli doymuş yağ asitleri (Aksoy 2000)

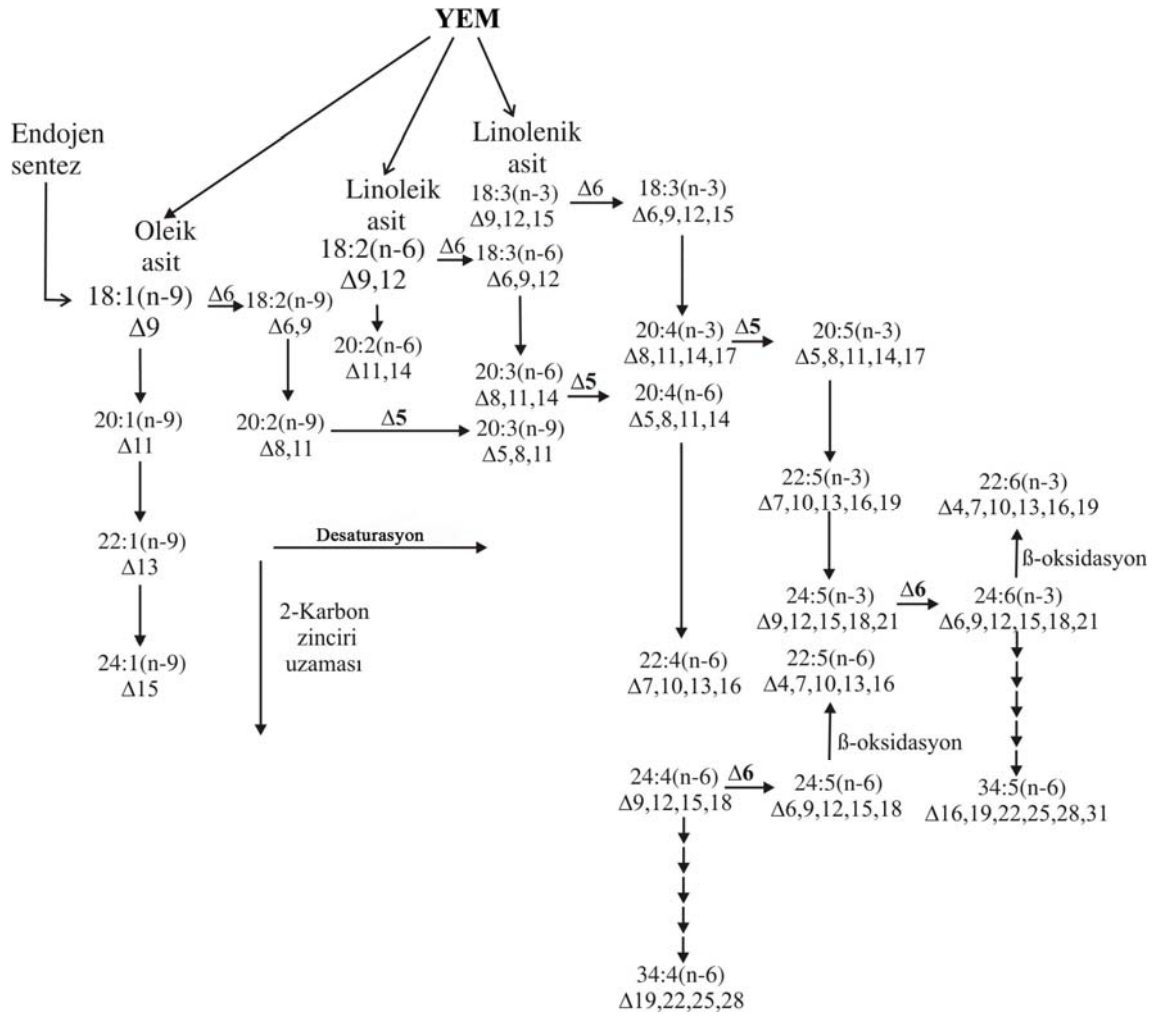
Karbon No	Yağ Asitleri	Yaygın İsimleri
14 : 0	tetradecanoic	Miristik asit
15 : 0	pentadecanoic	
16 : 0	hexadecanoic	Palmitik asit
17 : 0	heptadecanoic	Margarik asit
18 : 0	octadecanoic	Stearik asit
20 : 0	eicosanoic	Araşidik asit
22 : 0	docosanoic	Behenik asit
24 : 0	tetracosanoic	Lignoserik asit

Doymamış yağ asitleri isimlendirilirken mesela 18:3 n-3 veya 18:3 w-3 şeklinde ifade edilirler (Çizelge 1.3). Bu yağ asidinin 18 karbonlu olduğunu, ilk çift bağın üçüncü veya dördüncü karbondan başladığını ve n-3 ya da w-3 ise 3 adet doymamış çift bağın bulunduğunu göstermektedir. Yağ asitleri ya doymuş ya da doymamış karbon zincirine sahiptirler. Doymuş bir yağ asidinde alkil zincir hiç çift bağ taşımaz (Şekil 1.2).

Doymamış yağ asitleri ise bir veya daha fazla sayıda çifte bağa sahiptir (Şekil 1.2-3), (Montgomery *et al.* 2000).



Şekil 1. 3. Linolenik asit



Şekil 1.4. Hayvanlarda çoklu doymamış yağ asitlerinin sentez aşamaları (Gurr *et al.* 2002; Sirkecioğlu 2007).

Çizelge 1.3. Bazı önemli doymamış yağ asitleri (Christie 1989)

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

Doğada yaklaşık olarak 100 den daha fazla yağ asitinin 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).

Doymamış yağ asitleri n-3, n-6 ve n-9 olarak 3 gruba ayrılmaktadır. Doymamış yağ asitleri 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 verilir. Zincir uzunluğu, sayısı ve çift bağın pozisyonu yağın biyolojik özelliklerini belirlemektedir (Halver 1972; Mengi 1991; Gözükara 1997).

PUFA'lardan linoleik (n-6) ve linolenik (n-3) yağ asitleri esansiyel yağ asitleridir. Linoleikler birçok n-6 serisindeki yağ asitlerini üretme fonksiyonuna sahiptir. Linolenikler eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosahekzaenoik asit (DHA)'lerin

sentezlenmesinde görev alır (Sargent *et al.* 1999a, 2002; Menoyo *et al.* 2007; Güler 2008).

Diyetlerde kullanılan yağların kalitesi balık eti kalitesini doğrudan etkilemektedir. Diyetteki lipit düzeyinin artması karkas kompozisyonunu etkilemekte ve balık etinde depolanan lipit miktarında artışa neden olmaktadır. Balık diyetlerinde kullanılan lipitlerin sindirilebilir enerji düzeyinin artışı, protein tasarrufunu önemli ölçüde etkilemektedir (Lovel 1989; Peres and Oive 1999; Güler 2008). Bu nedenle çalışmada kahverenkli alabalık (*S. trutta*)’ta bazı yağ asitlerinin büyüme ve stres toleransının ölçülmesi amaçlanmıştır.

1.2. Yağların Kimyasal Reaksiyonları

1.2.1. Hidrojenlendirme

Çift bağı olan doymamış yağ asitleri içeren yağlar sanayide nikel katalizatörlüğüyle karıştırılırlar. Bu sırada çift bağ açılarak, karbon atomlarına hidrojen alırlar ve “cis” formundaki yağ asitleri “trans” formuna dönüşür.

1.2.2. Hidrolize olma

Lipaz enzimiyle nötral yağlar yağ asidi ve gliserole dönüşürler.

1.2.3. Saponifikasyon

Yağların alkali ile hidrolize edilmesidir. Son ürün olan alkali tuzları sabun olduğu için bu isim verilmiştir. Reaksiyonda yağ asitlerinin karboksil grubu ile bir mol alkali ile (NaOH veya KOH) bileşik yapar. Bu yapı sanayinde kullanılır. Organizmada ise

malabsorbsiyon nedeniyle emilemeyen yağlar bağırsakta sabunlaşarak bu forma atılırlar.

1.2.4. Ransidite (Acıma)

Havayla temas eden yağlarda doğal oksidasyon sonucu kimyasal değişiklikler olur, bunada ransiditi denir. Bunu önlemek için antioksidan gıda katkı maddeleri kullanılır (Aksoy 2000).

1.3. Yağın Balık Rasyonunda Enerji Kaynağı Olarak Kullanımı

Balık yetiştiriciliği açısından rasyon yağının beslenme değeri; sindirilebilirliği ve yağ asit profili ile değerlendirilmektedir (Watanabe 1982). Yağların balıklar tarafından oldukça kolay bir şekilde sindirilip metabolize edildiği, bu özelliğinden dolayı karbonhidrata göre daha kolay bir şekilde enerji kaynağı olarak proteinin yerini aldığı bildirilmektedir. Yağların enerji kaynağı olarak kullanımı türler arasında farklılık göstermektedir (De Silva and Anderson 1998).

Yağların 8660-9510 kcal/kg enerji içerdikleri ve balıklar tarafından sindirilebilen enerji değerinin yaklaşık 8000 kcal/kg olduğu bilinmektedir. Balıkların yağı; %98 gibi yüksek düzeyde sindirebildikleri ve sindirilebilir enerjinin %84'ünü kullanabildikleri bilinmektedir (Watanabe 1982; Ensminger *et al.* 1990; Tucker 1998).

Balıklar doğada yağı depo etme eğiliminde olduğundan kültür balıklarının yağının yemden alınan yağa benzeme eğiliminde olduğu ortaya konmuştur. Bu nedenle balığın yeminin balık tarafından depo edilen yağın tipini belirlediği saptanmıştır. Özellikle yemde kullanılan yağın kaynağı ve molekül büyüklüğüne bağlı olarak esansiyel yağ asit kompozisyonunun değiştiği bildirilmektedir (Watanabe 1982; Ensminger *et al.* 1990; Grene and Selivonchick 1990; Tucker 1998).

1.4. Rasyon Yağ Düzeylerinin Balık Gelişimi Üzerine Etkileri

Yemlere katılacak yağ düzeyinin istenilen nitelikte olmasının, yemin diğer bileşenlerinin daha etkin kullanımına, özellikle yem proteininden yararlanma düzeyinin artmasına, bunlara bağlı olarak daha ekonomik bir yetiştiriciliğin yapılmasına olanak sağlayacağı bildirilmektedir (Watanabe 1982; Kim *et al.* 1989; Lovell 1998). Karma yemlere katılacak yemlerin kaynağı, miktarı ve bileşiminin balıkların histolojik ve fizyolojik yapılarına, yemin kalitesine ve yemdeki diğer besin bileşinlerinden yararlanma oranlarına, elde edilecek ürünlerin nitelik ve niceliklerine, işletmelerin karlılığına, su kaynaklarının azot ve fosfor kirliliğini önlemesine etkileri nedeni ile balık yetiştiriciliği ve yem sektöründe önemli olduğu vurgulanmaktadır (Demir 1997; Sirkecioğlu 2007).

Gerek sürdürülebilir su ürünleri kaynaklarının korunması ve gerekse balık ununa alternatif protein kaynaklarının kullanılmasıyla daha ucuza yem imal edilmesi ticari hedeflerin başında yer almaktadır. Soya ve ürünleri ise bu bakımdan bitkisel protein kaynakları içinde en önemli yem hammaddesidir (Bilgüven ve Barış 2008).

Lesitin birçok gıdada emülgatör (emülgatörler yağın su fazından ayrılmasını engellerler) olarak kullanılır. Doğal olarak lesitin bakımından zengin olan gıdaların bünyesindeki yağ oranı da yüksektir; yumurta, sığır ciğeri gibi. Fakat yerfıstığı, sığır bifteği, bazı meyve ve sebzeler daha az lesitin ihtiva ederler. Ticari olarak lesitin, soya unu ve yağı üretimi esnasında yan ürün olarak elde edilir. Lesitin, ismini yüksek miktarda lesitin içeren ve Yunanca'da yumurta sarısı (lekithos) anlamına gelen sözcükten almıştır. Lesitin kimyasal olarak Fosfatidil kolin' dir (bir fosfolipit'dir). Fosfolipitler vücuttaki bütün hücrelerin ihtiyaç duyduğu hücre zarındaki yapı taşlarıdır. Fosfolipitler hücre zarının sertleşmesini önlerler. Lesitin, hücreleri oksidasyona karşı korur, insanlarda beyni çevreleyen koruyucu zar olarak görev yapar. Soya lesitin kimyasal yapısı Şekil 1.5'te gösterilmiştir.

Lesitinin insanlarda kolesterolü düşürücü etkisi araştırılmış; fakat 1989'da American Journal of Clinical Nutrition'da yayınlanan ve 24 çalışmanın sonuçlarını inceleyen bir derlemede soya lesitin kolesterolü doğrudan düşürdüğüne dair az miktarda kanıt bulunduğu ifade edilmiştir (Knuiman *et al.* 1989).

Lesitin soya fasulyesinin sağlıklı yaşama doğal bir hediyesidir. Lesitin, insan vücudundaki yaşayan her hücrenin ihtiyacı olan bir fosfolipit'dir. Besinlerin hücre içine giriş ve çıkışlarını ayarlayan hücre zarı yapısının büyük kısmı lesitinden oluşur. Lesitin, beynin temel yapı taşlarından birisidir. Beynin kuru ağırlığının %30' unu, aynı zamanda sinir sisteminin %17' sini oluşturur. Kas dokusunda özellikle kalp kası dokusunda, endokrin salgı bezlerinde ve böbreklerde bulunan önemli bir yapı taşıdır. Diğer taraftan tüm karaciğer yağlarının %73' ünü kapsar. Lesitin, damarlarda birikmiş olan kolesterol plaketchiklerini küçük parçacıklara böler, böylece damar çeperindeki yığılmaları önler. Bu besin, damar sertliğine ve kardiyovasküler hastalıklara karşı vücudu korur. Kanın vücutta daha rahat dolaşmasını sağlayarak plaketchiklerden ötürü oluşabilecek damar tıkanıklıkları riskini azaltır. Ayrıca beyin foknksiyonlarının sağlıklı ve doğru çalışmasına yardımcı olduğu gibi thiamin'in (*B1 vitamini*) karaciğerde ve A vitamininin bağırsaklarda emilmesini sağlar. Vücut enerjisine katkıda bulunmasının yanı sıra, yaşlanma etkilerinin azaltılmasına, bağışıklık sistemi rahatsızlıklarına, kronik yorgunluk sendromuna ve alkol yüzünden zarar gören karaciğer hücrelerinin onarımına yardımcı olur. Aslında lesitin, alkol veya başka bir nedenle meydana gelen karaciğer harabiyetlerinin (siroz gibi) süratle giderilmesindeki en önemli maddelerden birisidir. Lesitin vücuttaki yağların taşınmasında önemli bir rol oynar ve hücrelerin kolesterol ve diğer yağları kandan alarak kullanmalarını sağladığı gibi kolesteroldan yapılan safra asitlerinin miktarını da artırır. Lesitin, kolesterol ve diğer yağların suda dağılmasını ve vücuttan atılmasını da sağlar. Böylece kandaki kolesterol miktarını düşürmüş olur. Lesitin, kolesterol ve trigiliserid problemi olan kişilerin kullanması gerekli olan doğal bir yağ asitidir. Bu özelliği sayesinde de hayati organların ve damarların yağlanmasını engeller. Lesitin, özellikle kalp ve kan damarları sağlığı için çok önemli bir besin olduğundan, herkes için çok değerlidir. Lesitin fosfor bakımından da oldukça zengin

olup, beyine kuvvet ve dinçlik vermek için demir, iyot ve kalsiyum ile birleşir. Lesitin bir yağ (lipit) olmasına rağmen, kısmen suda erir, böylece emülsifer, yani yağın donarak katılaşmasını engelleyen bir madde olduğu için birçok gıda maddesinde, diyet maddelerinde, kozmetikte ve farmasotik preparatlarda da kullanılır. Lesitinin vücuttaki yağları eritme özelliği de vardır. Lesitinin yemeklerle beraber veya yemekten önce alınımı, vücuda giren yağların depolanmadan yok edilmesini sağlar. Bu nedenle kilo verme amaçlı olarak da kullanılır. Vücutta lesitin eksikliği unutkanlığa, sindirim problemlerine, yağlara karşı tiksintiye, bulantıya, hipertansiyona, eklem ve kas problemlerine neden olabilir. Lesitin, herhangi bir kişinin beslenmesi veya diyeti için akıllıca bir seçimdir çünkü vücut tarafından hergün bol miktarda kullanılır. Aynı zamanda yağda çözülebilen vitaminlerin emilimine yardımcı olur (Tiamin ve A vitamini gibi) (Anonim 2009b). Lesitin aynı zamanda temel yağ asitlerinden kolin (Fosfadil Kolin) ve inositol' un başlıca kaynağıdır. Kolin, vücut metabolizması içinde yağların yakılmasına veya sindirimine yardımcı olan lipotropik bir maddedir. Kolin, gliserol ve belli yağ asitleriyle birleşerek lesitin'i oluşturur. Sinir dürtülerinin elektriksel denetiminde temel madde olan asetil-kolin'in oluşumuna da yardım eder (Aksoy 2000).

Lesitinin hafıza fonksiyonları üzerindeki etkileri ile ilgili çalışmalar mevcut olmakla beraber, lesitinin hafızayı iyileştirdiğine dair kesin bir bilgi bulunmamaktadır, zira insanlar üzerinde yapılan çalışmalarda tutarsızlıklar gözlenmiştir. Lesitinin diğer potansiyel faydaları: belirli aktivitelerde fiziksel olarak performans arttırmasının yanı sıra, karaciğer ve üreme sağlığı üzerindeki rolüdür. Yapılacak yeni araştırmalarda lesitinin sağlık üzerindeki bu etkilerinin doğrulanmasına gereksinim bulunmaktadır (Anonim 2009a).

Anavatanı Orta Asya olarak bilinen keten, lifi ve yağı için tarımı yapılan önemli bir kültür bitkisi olup, yüze yakın türünden yalnızca *Linum sitatissimum* L. kültüre alınmıştır. Yağ içeriği yaklaşık % 40 olup hayvan ve insan diyetlerinde yer almaktadır. (Kayahan 2004; Łukaszewicz *et al.* 2004). Keten tohumu yağının yağ asidi bileşimi, yetiştiği iklim koşullarına göre değişirse de, oransal olarak daha çok linolenik asitten

oluşmakta olup, doymamış yağ asitleri oranı % 84–95 arasında değişmektedir (Kayahan 2004). Buna paralel olarak Łukaszewicz *et al.* (2004) çeşitli keten kültürlerinin yağ asitleri bileşiminin birbirinden farklı olduğunu, fakat yağ asidi bileşiminde en çok olan yağ asidinin linolenik asit olduğunu vurgulamışlardır (NRC 1993).

Amarowicz *et al.* (1993) keteni %95'lik etil alkolle ekstrakte ettikten sonra Sephadex LH20 kolonunu kullanarak başlıca 4 fraksiyona ayırmışlar, fraksiyon IV 156 mg/g toplam fenol içeriğine sahip olduğunu, fraksiyon I'in miktarının ise 66 mg/g gibi düşük bulunmasına rağmen en güçlü antioksidan aktiviteyi gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Shahidi *et al.* (1995) ketenin antioksidan aktivitesinden lignan maddesinin sorumlu olduğunu ileri sürmüş ve Prasad (1997), sekoisolarisiresinol diglikozitin radikal tutucu etkisi ile bunu kanıtlamıştır.

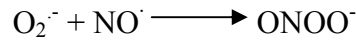
1.5. Reaktif Oksijen Türleri

Denizlerde, göllerde, nehirlerde ve diğer su kütlelerinde çözünmüş olarak bulunan oksijene anaerobik canlılar dışındaki tüm hayvanlar ve bitkiler oksijene ihtiyaç duyarlar (Halliwell and Gutteridge 1989). Oksijen biyolojik sistemlerde son elektron alıcısı olarak kullanılmaktadır. Yüksek oksidasyon potansiyeline sahip olması ve final indirgemesinde toksik olmayan ürünler oluşturması nedeniyle pek çok organizma için vazgeçilmez bir bileşiktir (Buechter 1988).

Serbest radikaller ile ilgili çeşitli tanımlamaların mevcut olmasının yanı sıra bir veya daha fazla çiftleşmemiş elektrona sahip bileşik veya atom olarak tanımlanmaktadır (Kolaylı 1996) Bu atom veya bileşikler bünyelerindeki ortaklaşmamış elektronlardan dolayı oldukça aktiftirler (Moldovan and Moldovan 2004; Bayır 2004). İki veya daha fazla eşleşmemiş değerlik elektronu içeren serbest radikaller sırasıyla biradikaller ve poliradikaller olarak isimlendirilirler (Rozantsev and Loshadkin 2001).

Biyolojik sistemlerde serbest radikaller temel olarak iki şekilde etki göstermektedirler:

1. Eğer iki serbest radikal karşılaşırlarsa eşleşmemiş elektronlarını birleştirerek kovalent bir bağ yapabilirler. Örneğin, süperoksit (O_2^-) ve nitrik oksit ($NO^\cdot$) birleşerek peroksinitriti ($ONOO^-$) oluşturur.



Peroksinitrit fizyolojik pH'da proteinlere direkt olarak zarar verir ve nitrojen dioksit gazı (NO_2), hidroksil radikali ($OH^\cdot$) ve nitroniyum iyonu (NO_2^+)'nu içeren toksik ürünlere ayrıştırılır.

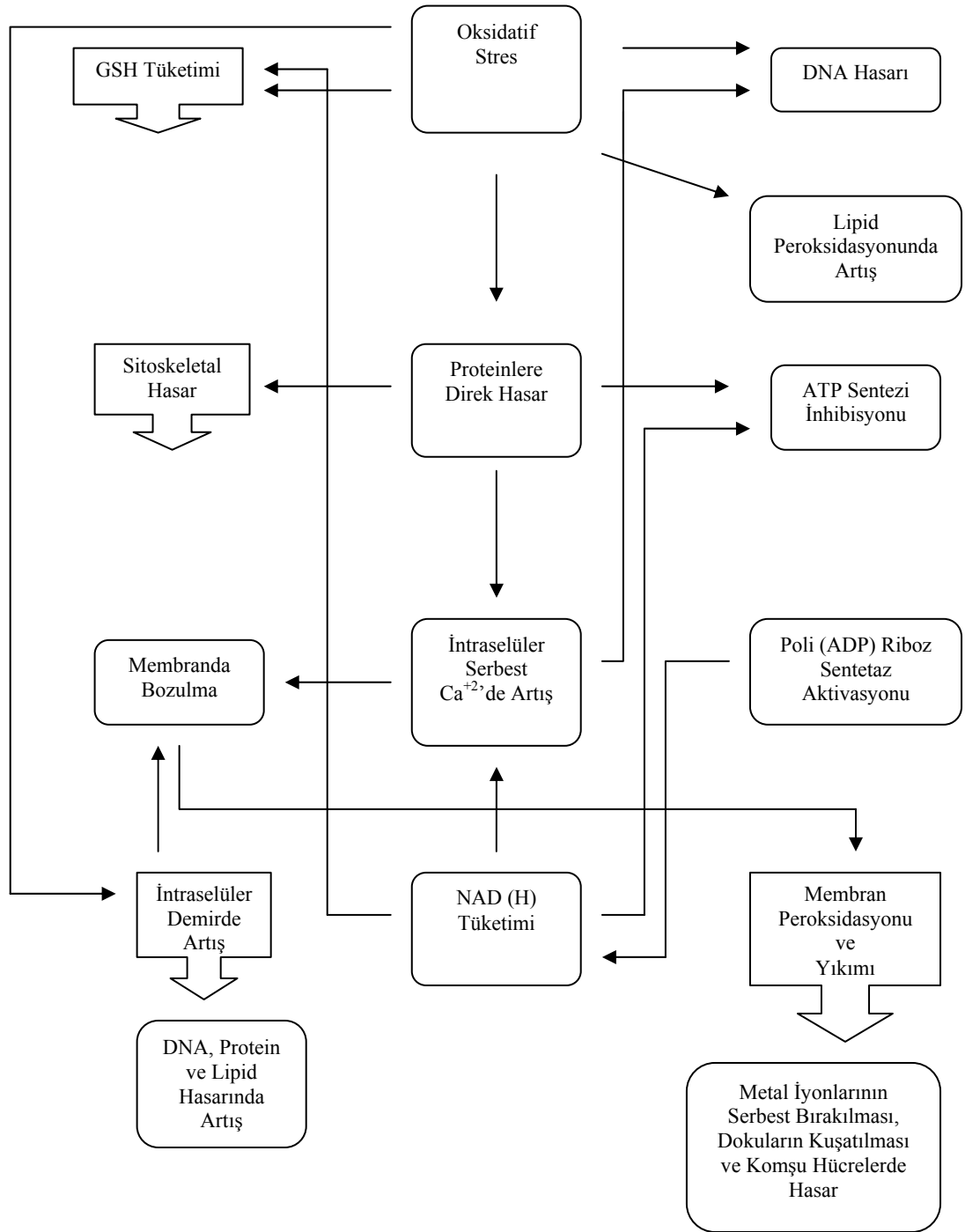
2. Canlılarda bulunan moleküllerin çoğu radikal değildir. Bu yüzden vücutta bulunan serbest radikallerin bir kısmı muhtemelen radikal olmayan bileşiklerle reaksiyonları sonucu oluşmaktadır. Serbest bir radikal, radikal olmayan bir bileşik ile reaksiyona girdiğinde bu olay yeni bir radikal oluşumuyla sonuçlanabilmektedir (Halliwell 1994).

Biyolojik sistemlerde serbest radikallerin dışında, herhangi bir eşleşmemiş elektrona sahip olmamasına rağmen oldukça reaktif olan oksijen türevleri de vardır. Serbest radikaller ile bu eşleşmemiş elektron bulundurmayan türevlerin her ikisine beraber reaktif oksijen türleri (ROS) adı verilir (Bartosz 2003). Genellikle bütün ROS'lerin toksikolojisinin biyolojik etkileri birbirlerine oldukça benzerdir (Filho *et al.* 2000).

Oksidatif stres, serbest radikal üretimi ve hücrelerin serbest radikallerin yıkıcı etkilerine karşı koyabilme yetileri arasındaki sitopatolojik zincirleri ifade eder (Simonian and Coyle 1996). Reaktif oksijen bileşiklerinin herhangi bir nedenle aşırı oluşumu veya antioksidan savunma sistemi ve onarım sistemlerindeki yetersizlikler sonucu oksidatif stres gelişir (Kökoğlu 1998). Oksidatif stres, serbest radikaller üretildiğinde artar, serbest radikallerin temizlenmesiyle veya oksidatif modifiye moleküllerin onarımıyla

azalır. Oksidatif stresin kronikleşmesi, hücrelerde prooksidan-antioksidan dengenin bozulmasına ve oksidatif hasarın başlamasına neden olur. Bu dengesizlik, hücresel disfonksiyona ve hücre ölümüne neden olabilen oksidatif modifiye moleküllerin yapılanmasıyla sonuçlanır (Reiter 1998). Oksidatif etki genelde proteinlerin modifikasyonuna, mitokondrial fonksiyon bozukluğuna neden olabildiği gibi lipid peroksidasyonuna ve DNA'daki hasarın artmasına da yol açabilmektedir (Tunçmen 2004).

Canlılardaki oksidatif stres hasarları; stresin şiddetine ve mekanizmasına, moleküler hedefe, fenton kimyasına, travmaya, nitrik oksit sentaz gibi enzim aktivasyonlarına ve nitrik oksijen türlerinin aktivitelerine bağlıdır (Gülçin 2002). Oksidatif stres sonucu meydana gelen hücresel hasarın mekanizması Şekil 1.6'da verilmiştir.



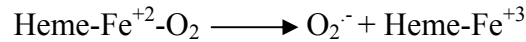
Şekil 1.6. Hücrelerde Oksidatif Stresin Oluşturduğu Hasarın Mekanizması (Gülçin 2002)

Biyolojik sistemlerdeki en önemli reaktif oksijen türleri ve genel özellikleri aşağıda verilmiştir.

a. Süperoksit Radikali ($O_2^{\cdot-}$)

Süperoksit radikali oksijenden kaynaklanan tüm radikaller içinde en çok ve en kolay oluşandır. Bunun nedeni beklide oksijenin suya indirgenmesi sırasında meydana gelen radikal olmasıdır. Süperoksit radikali diğer radikallerin oluşmasına neden olabilir (Esterbauer *et al.* 1986). 1968 yılında süperoksit radikalini uzaklaştırılmasını katalizleyen süperoksit dismutaz (SOD) enziminin keşfi ile oksijen toksikolojisi alanında yeni bir dönem başlamıştır. Bu teoriye göre süperoksit radikali ($O_2^{\cdot-}$) oksijen toksikolojisinde ana faktördür ve SOD enzimi $O_2^{\cdot-}$ radikale karşı ana savunma hattını oluşturur (McCord and Fridovich 1969).

$O_2^{\cdot-}$ radikali oksijenin bir elektron alarak indirgenmesi sonucu oluşmaktadır. Biyolojik sistemlerin $O_2^{\cdot-}$ radikalini ürettiği kesin olarak ilk kez ksantin oksidazın oksidasyonunda belirlenmiştir. Daha sonraları $O_2^{\cdot-}$ üretimi aldehit oksidaz, prostaglandin sentezaz ve sitokrom P₄₅₀ gibi birkaç enzim sisteminde de bulunmuştur. Süperoksit elektron taşıma zincirinin NADPH-koenzim Q redüktaz kompleksinden elektron kaybı yoluyla da üretilir. Ayrıca oksihemoglobinin methemoglobine parçalanması da süperoksit oluşturabilir ve bu olayın kimyasal tepkimesi aşağıdaki gibidir (Buechter 1988).



Oksijen radikalleri genellikle direkt olarak oksijen toksisitesine neden olmamakla beraber (Buechter 1988; Aikens and Dix 1991) oksitlenmiş radikallerin, singlet oksijenin, peroksinitratların ve hipoklorok asit (HOCl) gibi oksitlenmiş halojenlerin prekursoru olarak biyolojik sistemlere önemli hasarlar verebilecek potansiyele sahiptirler (Babior 1997). Oksijen radikallerine maruz bırakma, biyolojik sistemlerde DNA'ya (Imlay and Linn 1988), proteinlere (Davies *et al.* 1987; Auroma 1999) ve

lipitlere (Thomas *et al.* 1985; Aikens and Dix 1991) zarar vermektedir. Proteinlerde ise *in vivo* olarak; reseptörler, enzimler ve taşıyıcı proteinler gibi yapıların fonksiyonlarını etkileyebilmektedir (Auroma 1999). Mesela, histidin ve sistin gibi duyarlı rezidüer oksitlenerek (Davies *et al.* 1987; Stadtman and Olver 1991) bazı durumlarda proteinlerdeki oksidatif hasarın oluşup oluşmadığının belirlenmesinde bir indeks olarak kullanılabilen okso radikallerinin oluşumuna öncülük ederler (Stadtman and Olver 1991; Bayır 2005).

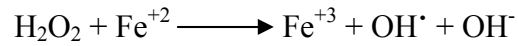
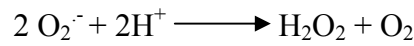
b. Hidroksil Radikali (OH[•])

Oksijen radikalleri içerisinde en reaktif olan ve yarı ömrü en kısa olan hidroksil radikali (OH[•]) biyolojik sistemlerin x veya γ -ışını gibi iyonize radyasyona maruz kalmaları sonucu üretilmektedir. Hidrojen peroksit (H₂O₂) pek çok aerobik hücrede oluşmaktadır. Bu nedenle demir iyonları (Fe⁺²) ile H₂O₂ reaksiyonu böyle iyonların bulunması şartıyla *in vivo* olarak OH[•] radikalinin muhtemel kaynağıdır. Benzer bir açıklama H₂O₂'yi OH[•] formuna ve/veya oksidatif türlere aktive eden bakır iyonları (Cu⁺²) içinde yapılabilir (Halliwell and Gutteridge 1989).

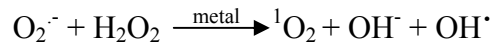
Hidroksil radikali membranlardaki tüm proteinlere, DNA'ya çoklu doymamış yağ asitlerine (PUFA) ve neredeyse dokunduğu tüm moleküllere saldırmaktadır. Tek ve çift DNA zincirlerine verdiği zararlar oldukça önemlidir. Özellikle çift sarmala verdiği zararlar geri dönüşümsüz olmaktadır. Fenton tipi reaksiyonlarda oluşması durumunda OH[•] oluşum miktarı önemli ölçüde katalizör olarak görev yapan metal iyonlarının varlığına ve kullanılabilirliğine bağlıdır (Walling 1975; Koppenal 1993; Auroma *et al.* 1989). Yarılanma ömrü sadece 10⁻⁹ saniye olan bu radikal canlı sistemlerdeki en reaktif ROS olup (Auroma 1999), canlı organizmalarda oluşturduğu tehlike herhangi bir yapının organik bileşiklerine doğru sahip olduğu bu inanılmaz reaktivlikten kaynaklanmaktadır (Rozantsev and Loshadkin 2001).

Önemli OH[•] üretim tepkimeleri aşağıda verilmiştir (Buechter 1988; Hermes-Lima *et al.* 1998).

1. Fenton reaksiyonu: Süperoksit H₂O₂'ye dönüştürülür ve oldukça yüksek miktarlardaki OH[•] radikalleri, Fe⁺² sitrat ve Fe⁺² ATP'yi içeren H₂O₂'nin kimyasal reaksiyonu ile oluşturulur.



2. Haber-Weiss tepkimesiyle H₂O₂'nin O₂⁻ ile indirgenmesiyle oluşur.



c. Singlet Oksijen (¹O₂)

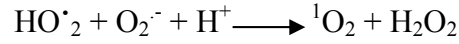
Enerji girdisi (genellikle elektromanyetik enerji girdisiyle) temel haldeki oksijen elektronlarından birinin kendi spininin tersi yönündeki bir orbitalle yer değiştirilmesi ile üretilen daha reaktif formlarına **singlet oksijen** adı verilir. Singlet oksijenin delta (¹Δg O₂) ve sigma (¹Σg⁺ O₂) olarak adlandırılan iki formu vardır. Sigma formu oldukça enerjiktir ve hızlı bir şekilde delta formuna dönüşür (Halliwell and Gutteridge 1989).

Singlet oksijen 2 μ saniye yarılanma ömrüne sahiptir. ¹O₂'nin biyolojik olarak aktive edilmiş oksijen türlerinin reaksiyonlarıyla ilgili rolü henüz tam olarak anlaşılamamıştır. ¹O₂, β karoten tarafından hızlı bir şekilde yok edilir ve bu tepkime β karotenin biyolojik olarak en önemli fonksiyonudur.

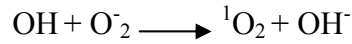
Singlet oksijenin oksijen toksikolojisindeki ve radyasyon hasarındaki rolünü kanıtlamak zordur. Yinede muhtemelen bu tepkimelerde önemli bir rol üstlenmekte ve lipid peroksidasyonunda başlatıcı olarak rol almaktadır (Buechter 1988).

In vivo olarak singlet oksijen oluşumuna neden olan bazı tepkimeler şunlardır (Buechter 1988; Oruç 1998):

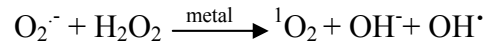
1. Süperoksit radikali üretilen ortamda kendiliğinden dismutasyonu ile



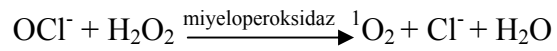
2. O_2 ile $\text{OH}^\bullet$ 'ın etkileşmesi ile



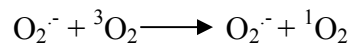
3. Haber-Weiss tepkimesi ile



4. Fagositoz yapan hücrelerde fagositoz sırasında H_2O_2 ve halojen bağımlı miyeloperoksidaz enzimi ile



5. Süperoksitin moleküler oksijenle reaksiyonu ile

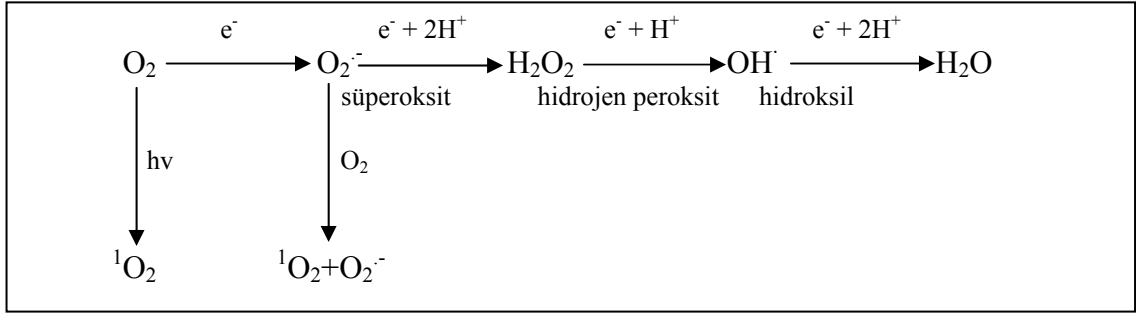


d. Hidrojen Peroksit (H_2O_2)

Hidrojen peroksit, süperoksit anyonlarının dismutasyonu sırasında, ksantin-ksantin oksidaz reaksiyonunda, mitokondriyal elektron transportunda ve nötrofillerde üretilir (Chance *et al.* 1979; Halliwell and Chirico 1993). H_2O_2 , küçük ve yüksüzdür; kolaylıkla hücre membranından difüze olur ve bu nedenle üretildiğinden uzak bölgelere de yayılabilir. Hidrojen peroksit, gerçek bir serbest radikal olmamasına rağmen, hidroksil radikali oluşumuna yol açabildiğinden önemli bir oksidandır. Geçiş metallerinin varlığında Fenton veya Haber-Weiss reaksiyonları ile hidroksil radikaline indirgenir (Reiter 1998; Tunçmen 2004).

Süperoksit radikalleri spontan olarak dismutasyona uğrayabilir. Bir antioksidan enzim olan süperoksit dismutaz (SOD), dismutasyon hızını 10^4 kat artırır. Süperoksit radikalinin bu enzim ile dismutasyonu, hidrojen peroksit için en önemli oluşum yoludur (Gönenç 1995).

Özetle; moleküler oksijenden bir elektron indirgenmesi ile süperoksit radikali, iki elektron indirgenmesi ile hidrojen peroksit ve üç elektron indirgenmesi ile de hidroksil radikali oluşmaktadır. Elektromanyetik radyasyon absorpsiyonu ve süperoksit radikalinin moleküler oksijenle reaksiyonu singlet oksijenin oluşumuna neden olabilir (Bayır 2005) (Şekil 1.7).



Şekil 1.7. Moleküler Oksijenin İndirgenmesiyle Oluşan Reaktif Oksijen Türleri (Beuchter 1988)

1.6. Antioksidan Savunma Sistemi

Aerobik organizmalar tarafından organik moleküllerden enerji açığa çıkarılmasında oksijenin kullanılması, bu organizmalarda toksik oksijen ürünlerinin zararlı etkileriyle karşı karşıya bırakmıştır. Bu toksik oksijen ürünleri hücre için yaşamsal olan fizyolojik ve metabolik süreçlerden kaynaklanır (Gutteridge 1984; Gönenç 1995). Oksijenli ortamda organizmaların kendilerini oksijen metabolizmasının toksik etkilerine karşı koruyabilmeleri ve normal gelişimlerini sağlayabilmeleri için hücrelerde çok sayıda korunma ve savunma mekanizması bulunur (Fridovich 1986; Davies 2000). Reaktif oksijen metabolitlerini nötralize etmek için gelişen sisteme antioksidan savunma sistemi (ASS) adı verilir (Gutteridge 1984). ASS reaktif oksijen türlerinin zararlarını minimum düzeye düşürmektedir. Prooksidanların oluşumu ile antioksidanlar tarafından bunların yok edilme hızları arasında bir denge mevcuttur. Eğer bu denge bozulacak olursa, oksidatif bozunma ile organizmalarda yukarıda özetlenen pek çok patolojik bozukluklar meydana gelerek organizmanın önemli hasarlar görmesine hatta ölümüne yol açabilmektedir. Bu nedenle; kararlı bir durumda olan ROS üretimi, moleküler oksidasyon ve antioksidan tüketim aerobik hücrelerde sürekli olarak meydana gelmektedir (Kolaylı 1996).

Aerobik hücrelerde, enzimatik ve nonenzimatik olmak üzere iki tip savunma sistemi mevcuttur. Antioksidanlar ayrıca doğal veya yapay olarak sınıflandırıldığı gibi primer, sekonder ve tersiyer gibi çeşitli gruplara da ayrılabilir (Halliwell and Gutteridge 1989). Bu antioksidanların çoğu üreme ve beslenme gibi normal fizyolojik olaylarda meydana gelen solunum farklılıklarına adapte olmayla alakalı olarak üretilebileceği gibi patolojik durumlarda ve çevresel kontaminantlarla etkileşim sonucu da üretilmektedirler.

Temel enzimatik antioksidanlar; SOD, CAT ve GPx'tir. Ayrıca tüm omurgalılarda γ -glutamil transpeptidaz, glutatyon *S*-transferaz, UDP-glukoronil *S*-transferaz, DT-diaforaz, alkilhidroperoksit redüktaz ve peroksitlerin diğer tipleri gibi enzimatik antioksidanlar da bulunmaktadır (Filho *et al.* 2000). Bu enzimlere ilaveten destekleyici antioksidan enzimler olarak adlandırılan SOD, CAT ve GPx gibi enzimlerin substratlarını etkileyen enzimlerde vardır. Glukoz 6-fosfat dehidrogenaz (G6PD) ve glutatyon redüktaz (GR) bu şekilde aktivite gösteren enzimlerdir (Gülçin 2002).

Biyolojik sistemlerde antioksidanlar aşağıdaki şekillerde etkilerini göstermektedir (Akkuş 1995):

1. Toplayıcı etki: Serbest oksijen radikallerini etkileyerek onları tutma veya reaktif olmayan yeni bir moleküle çevirme işlemidir.
2. Bastırıcı etki: Serbest oksijen radikalleri ile etkileşip onlara bir hidrojen atarak, aktivitelerini azaltma veya inaktif şekle dönüştürme işlemidir.
3. Onarıcı etki: Özellikle DNA'daki hasarların tamir edilmesinde bu etki devamlı geçerlidir.

4. Zincir kırıcı etki: Serbest oksijen radikallerini kendilerine bağlayarak zincirlerini kırıp fonksiyonlarını engelleme şeklinde gösterdikleri etkidir.

1.7. Lipit Peroksidasyonu

Lipitler doymamış yağ asitleri içerirler ve bunların esterleri moleküler oksijen ile kolaylıkla oksitlenebilirler. Otooksidasyon diye adlandırılan oksidasyon, serbest radikal zincir mekanizma reaksiyonu ile oluşur. Başlangıç adımı lipit radikali, ısı, ışık, radyasyon veya metal etkisiyle oluşmuş radikalın lipite atağı ile oluşur. Oluşan lipit radikali oksijen ile çok çabuk reaksiyona girer ve lipit peroksit radikalini oluşturur, bu radikalde diğer lipitlere etki ederek onlardan bir hidrojen atomu kopararak radikal oluşumunu uzatır. Serbest radikallerin çeşitli sebeplerle bozulmasıyla sonlanma basamağına ulaşır. Serbest radikallerin biyomoleküllerle etkileşmesiyle radikal olmayan stabil ürünler meydana gelir. Çeşitli radikal temizleyicileride bu sonlanma adımını oluşturur (Niki 1987; Kolaylı 1996).

Lipit peroksidasyonunu hidroksil ve hidroperoksil radikalleri başlatabilirken daha az reaktif olan süperoksit radikali ve hidrojen peroksit başlatamaz (Winyard *et al.* 1984).

Serbest radikallerin lipitlerle reaksiyonundan doğan lipit peroksidasyonun organizmada yaygın olduğu düşünülmektedir. Biyomembranlar membran fosfolipitlerinin içerdiği çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) nedeniyle oksidatif etkiye özellikle duyarlıdır. Ancak *in vivo* koşullarda lipit moleküllerinin peroksidasyonu tam olarak açıklanamamıştır. *In vitro* çalışmalar çoklu doymamış yağ asitlerinin genellikle başlangıç, gelişim ve sonlanma safhalarından oluştuğunu göstermiştir (Gutteridge 1984). Başlangıç safhasında serbest radikal PUFA molekülünden bir hidrojen atomunu ayırarak, geriye karbon atomu üzerinde bir çiftleşmemiş elektron olan bir serbest lipit radikali (alkil radikal) bırakır. Hidrojen atomunun uzaklaştırılması alkil radikal oluşumunu takiben moleküler bir düzenleme ile lipit radikali hızla satbilize edilir. Bu

lipit radikali daha sonra moleküler oksijen ile reaksiyona girerek lipit peroksi radikalini oluşturur. Güçlü bir radikal olan peroksi radikali komşu PUFA'nın hidrojenini etkileyerek yeni bir lipit hidroperoksit ve yeni bir lipit radikali oluşmasına neden olur ve oluşan bu lipit radikali bir oksijen molekülü ile birleşir ve zincir reaksiyonu devam eder (Cochrane 1991; Gutteridge 1984; Gönenç 1995)

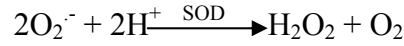
1.8. Serbest Oksijen Radikallerine Karşı Savunma Sistemleri

Hücreler serbest oksijen radikallerinin zararlı etkilerini önleyen ya da sınırlayan koruyucu mekanizmalara sahiptir. Oksidatif strese karşı hücrel korunmadan sorumlu antioksidan sistemler, serbest radikaller kadar çeşitlidir. Antioksidan savunma genel bir tanımlama ile primer ve sekonder savunma olarak sınıflandırılmıştır. Primer savunma, oksijenden doğrudan oluşan serbest radikaller (süperoksit radikali) ile etkileşir. Sekonder savunma süper oksit radikalinin dismutasyonundan doğan radikalleri temizler. Antioksidan savunma sistemi daha geniş olarak şu şekilde sınıflandırılmıştır. (Machlin and Bendich 1987; Bast *et al.* 1991): Primer savunma: 1- Antioksidan bileşikler A,C,E vitaminleri, glutatyon, ürik asit gib. 2- Antioksidan enzimler: süperoksit dismutaz (SOD), glutatyon peroksidaz (GPx), katalaz (CAT). Sekonder savunma: Lipolitik enzimler, prolitik enzimler, fosfolipazlar, proteazlar, peptidazlar, DNA tamir enzimleri, endonükleazlar, lipaz gibi.

a. Antioksidan Enzimler

a1. Süperoksit Dismutaz (EC 1.15.1.1)

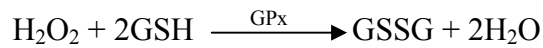
Enzimatik antioksidanlar arasında muhtemelen en iyi bilineni bir metalloenzim grubu olan süperoksit dismutazlardır (SOD). SOD'lerin merkezi bir antioksidan rolü olduğu kabul edildiğinden, bu enzimin önemi çalışılan tüm aerobik organizmalarda belirtilmiştir (van der Oost *et al.* 2003). SOD enzimi;



reaksiyonunu katalizlemektedir. Katalizlenmemiş reaksiyon da çok hızlıdır ancak SOD bu önemli dismutasyon reaksiyonunun hızını bir kaç kat artırmaktadır. SOD ailesinin tüm üyeleri aktivitelerini göstermede metal iyonlarını kullanırlar. Ökaryotik sistemlerde SOD'nin iki formu bulunur: Birinci formu Cu^{+2} ve Zn^{+2} içerir. Cu^{+2} (Cu, Zn-SOD) redoks döngüsünde rol alırken Zn^{+2} strüktürel bir elementtir. SOD'nin başka bir formu da yine redoks döngüsünde rol alan Mn^{+2} 'dir. Bu yapılardan 80 kDa molekül ağırlığında bir tetramer olan Mn^{+2} mitokondride bulunurken 32 kDa molekül ağırlığında bir dimer olan $\text{Cu}^{+2}/\text{Zn}^{+2}$ formu sitozollerde bulunur. Mn^{+2} formu mitokondrilere ilaveten bakterilerde de bulunur, SOD'nin Fe^{+2} içeren üçüncü bir formu yine redoksta görev alır. SOD'nin $\text{Cu}^{+2}/\text{Zn}^{+2}$ ve Fe^{+2} formları oksidatif strese etkilenmezler, fakat Mn^{+2} (Mn-SOD) formunun aktivitesi oksidatif stresle artar (Babior 1997; Davies 2000).

a2. Glutasyon Peroksidaz (EC 1.11.1.9)

Balıklarda bulunan bu ana peroksidazın kofaktörü GSH'tır. Glutasyon peroksidaz (GPx) selenyuma bağımlı bir tetramerik sitosolik enzimdir. GPx toksik lipid peroksidazları toksik olmayan ürünlere dönüştürebilmektedir ve bu reaksiyonlar için GSH'dan gelen indirgeyici elektronları kullanmaktadır. Yani bu, etkisini GSH'ı yükseltgeyerek gerçekleştirmektedir (Frank and Massaro 1980; van der Oost *et al.* 2003).



GPx H_2O_2 'nin eritrositlerden uzaklaştırılmasında birincil enzimdir. Başka bir ifade ile eritrositlerde GPx, oksidatif strese karşı en kuvvetli antioksidan olarak görev yapmaktadır. Canlıların oksijen toksisitesine karşı göstermiş oldukları tolerans büyük ölçüde yüksek GPx aktivitesine ve özellikle de stres koşullarında enzim üretimini hızlı bir şekilde artırma yetenekleriyle alakalıdır. Biyolojik sistemler toksik miktarlarda

oksijene maruz bırakıldıklarında enzim miktarını artıramıyorlarsa veya düşük seviyelerde bir GPx aktivitesine sahip iseler bu durumda hipoksiya kaçınılmaz olmaktadır (Frank and Massaro 1980).

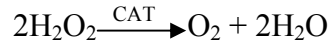
GPx ve CAT enzimlerinin fonksiyonları aynıdır. Ancak CAT bir H_2O_2 molekülünün indirgenmesi için verici olarak başka bir H_2O_2 kullanırken, peroksidazlar diğer indirgeyicileri kullanmaktadırlar. Ayrıca hücre içindeki dağılımları bakımından da farklılıklar göstermektedirler. GPx mitokondri ve sitozolde bulunurken, CAT başlıca mitokondri ve peroksizomlarda (lizozom benzeri hücresel yapılar) bulunmaktadır. Yapılan araştırmalarda GPx aktivitesinde meydana gelen bir azalmanın H_2O_2 konsantrasyonunun artmasına ve hücresel hasara yol açtığı belirlenmiştir (Freeman and Crapo 1982).

GPx'in indirgeme fonksiyonlarını yerine getirebilmesi GR aktivitesine ve NADPH mevcudiyetine bağlıdır. Çünkü GR, glutatyonun okside formunun redüksiyonundan sorumlu bir enzimdir (Yıldız 1999). Ayrıca GPx ve SOD tamamlayıcı komponentler olarak düşünülmelidir. Çünkü birisi tarafından üretilen H_2O_2 diğeri tarafından zararsız hale getirilmektedir (Huysal 1999).

a3. Katalaz (EC 1.11.1.16)

Katalaz (CAT; E.C. 1. 1. 1. 6), hidrojen peroksidin oksijen ve suya dönüşümünü katalizler (Shimuzu *et al.* 1984). Katalazın bu reaksiyonu iki basamakta gerçekleşir. Birinci basamakta, kompleks I olarak ifade edilen ara ürün oluşur. Bu ara ürün, hidrojen peroksidin enzime bağlanması ile oluşur. Kompleks I'in ikinci hidrojen peroksit molekülüyle reaksiyonu, su ve moleküler oksijen oluşumuyla sonuçlanır (Chance *et al.* 1979; Gebicka *et al.* 1989; Akertek 1994; McCord 2000; Tunçmen 2004). Hidrojen peroksit biyolojik sistemlerde iki sistem tarafından kontrol edilir. Bunlardan birincisi katalaz (CAT) enzimi iken, ikincisi NADPH harcanması ile H_2O_2 'yi suya indirgeyen

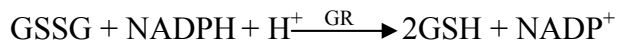
glutatyona bağımlı antioksidan sistemdir (GR ve GPx enzimleri). CAT 240 kDa molekül ağırlığında olan ve H_2O_2 'nin suya veya oksijene dismutasyonunu katalizleyen bir tetramerik heme enzimidir (Babior 1997).



CAT bir sitokrom sistemi içeren memelilerde, memeli olmayan aerobik hücrelerde ve yeşil bitkilerde, genellikle sitoplazmanın yapı taşlarında yer almaktadır. Ancak bu durum eritrositler için geçerli değildir. CAT eritrositlerde hemoglobinlerde bulunur. Ayrıca CAT α -hidroksil asit oksitaz, ksantin oksidaz, ürikaz ve D-amino asit oksidazla birlikte karaciğer ve böbreğin yapı taşlarında da bulunur. Biyolojik sistemlerde CAT enziminin temel fizyolojik rolü; moleküler oksijen mevcudiyetinde metabolizmanın bazı kademelerinde sentezlenen H_2O_2 ve hidroperoksitler (ROOH) gibi peroksitleri gidererek, özellikle membranlarda oluşturabilecekleri geri dönüşümsüz hasarları engellemektedir (Deisseroth and Dounce 1970; Keha ve Küfrevioğlu 2000).

a4. Glutasyon Redüktaz (EC 1.6.4.2)

Glutasyon redüktaz (GR) 50,000 Daltonluk alt ünitelere sahip olan bir dimer AE olup disülfir substratları ile indirgenmiş piridin nükleotidleri arasında elektron transferini katalizlemektedir.



GR enziminin katalizlediği yukarıdaki reaksiyonun en önemli rolü yükseltgenmiş glutasyon (GSSG)'u indirgenmiş glutasyon (GSH)'a dönüştürerek oksidatif stres koşullarında hücrelerdeki GSH/GSSG oranını muhafaza etmektir. Bu tepkimede aynı zamanda NADPH $NADP^+$ 'ye oksitlenmektedir. GSH/GSSG oranı eritrosit hücrelerinde yaklaşık 500/1'dir ve eğer bu oran düşecek olursa eritrositlerin hemoliz olacağı

bildirilmektedir (Worthington and Rosemeyer 1974; Huysal 1999; Keha ve Küfrevioğlu 2000; Erat 2002).

a5. Glukoz 6-Fosfat Dehidrogenaz (EC 1.1.1.49)

Glukoz 6-fosfat dehidrogenaz (G6PD) pentoz fosfat yolunun ilk basamağını katalizleyen kilit enzimdir. Biyolojik sistemlerde pentoz fosfat yolunun temel görevi NADPH ve şeker fosfatlarını üretmektir (Schnarrenberger *et al.* 1973). Bu enzimin katalizlediği reaksiyon aşağıdaki gibidir.



Mathews and Van Holde (1990) pentoz fosfat yolu ile ilgili radyoaktif C ile işaretlenmiş glukoz ile yaptıkları denemelerde, bu yolun kas dokularından çok adipoz dokuda aktif olduğunu göstermişlerdir. Bu sonuç, pentoz fosfat yolunun başlıca görevinin, indirgeyici biyosentez olaylarında kullanılmak üzere NADPH üretmek olduğu iddiasını desteklemektedir. Çünkü yağ dokusu hücrelerinde asetilkoenzim-A (asetil CoA)'dan yağ asitlerinin biyosentezinde büyük miktarda NADPH kullanılmaktadır (Gülçin 2002).

a6. Glutasyon S-Transferazlar (EC 1.5.1.18)

Elektrofilik bileşiklerin GSH ile konjügasyonu (birleşmesi) glutasyon S-transferazlar (GST) tarafından katalizlenmektedir.



GST'nin esas fonksiyonları; hücre içi taşıma, prostaglandinlerin ve lökotrinlerin biyosentezidir. Ancak DNA ve lipidlerin peroksidatif ürünlerine ve oksidatif hasara karşı hücrenin korunmasında da önemli bir fonksiyonu vardır (van der Oost *et al.* 2003).

Katalitik olarak, yabancı maddeleri glutatyondaki sisteine ait -SH grubu ile bağlayarak onların elektrofilik bölgelerini nötralize eder ve ürünün daha fazla suda çözünür hale gelmesini sağlarlar. Oluşan bu GSH konjugatları böylece organizmadan atılabilir ve daha ileri bir ürüne metabolize olabilirler (Halıcı 2002). Bazı GST izoenzimleri linoleik ve araşidonik hidroperoksit gibi organik hidroperoksitlerle selenyuma bağlı GPx aktivitesi gösterirler. Fakat H₂O₂ ile reaksiyona girmezler (Hayes and Pulford 1995). Substrat spesifikliğı, protein diziliş, immünolojik davranışlarına göre dört farklı gruba ayrılmaktadır Bu gruplar; a, m, p ve q grupları olup genellikle karaciğerin sitosolik kısmında bulunmaktadır (van der Oost *et al.* 2003). Bu gruplardan her biri de kendi içinde bir ya da daha fazla gruba ayrılmaktadır (Hayes and Pulford 1995).

b. Enzim Olmayan Antioksidanlar

Biyolojik sistemlerde önemli enzim olmayan bazı antioksidanlar; albümin, haptoglobin/hemopeksin, α tokoferol, transferrin glukoz askorbat, ürik asit, bilirubin ve seruloplazmin'dir (Frank and Massaro 1980; Halliwell and Gutteridge 1990; Halliwell 1991, 1994).

Oksidatif stres, oksijence zengin bir atmosferde süren yaşamın kaçınılmaz bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır. Oksijen radikalleri ve diğer aktive edilmiş oksijen türleri aerobik metabolizmanın ürünleri olarak veya çeşitli doğal veya sentetik kirleticilere maruz kalma sonucu üretilirler. Organizmalar atmosferde bulunan oksijen miktarından biraz fazla doza maruz kalırlarsa, bu o canlıların oldukça yüksek toksisite riski altında olduğunu göstermektedir (Davies 2000).

Canlılardaki oksidatif stres hasarları; stresin şiddetine ve mekanizmasına, moleküler hedefe, fenton kimyasına, travmaya, nitrik oksit sentaz gibi enzim aktivasyonlarına ve nitrik oksijen türlerinin aktivitelerine bağlıdır (Gülçin 2002).

Enzimler bir kimyasal reaksiyonun hızını artıran ve katalizledikleri reaksiyon sırasında tüketilmeyen protein katalizörleridir. Vücuttaki tüm reaksiyonlar enzimler tarafından yürütülür. Enerji açısından mümkün olan birçok biyolojik reaksiyon arasında, enzimler substratları kullanışlı yollara seçici olarak kanalize ederler (Champe and Harvey 1997).

Glukoz 6-fosfat dehidrogenaz (G6PD, EC 1.1.1.49) enziminin temel görevi NADPH üretmek olan pentoz fosfat yolunun ilk basamağını katalizlemektir. Dolayısıyla bu enzim pentoz fosfat yolunun ilk ve kilit enzimidir (Lehninger *et al.* 1993; Slenzka *et al.* 1994; Keha ve Küfrevioğlu 1997). Bu yolla üretilen NADPH'lar genel olarak; yağ asitlerinin, steroidlerin, bazı aminoasitlerin, indirgenmiş glutatyonun ve DNA'nın sentezinde kullanılırlar (Bonsignore *et al.* 1966; Bonsignore and Flora 1972).

Glutatyon ve glutatyon türevleri balıklarda oksidatif strese karşı savunma görevi yapan önemli bileşiklerdir (Stephensen *et al.* 2002).

Balıklarda G6PD enzim aktivitesi özellikle beslenme ve çevre şartlarına göre değişiklik göstermektedir. Oysa CA enzim aktivitesi ile beslenme ve diğer şartlar arasında bir ilişkinin varlığına karşın etkileşme sınırları ve bu sınırların interaksiyonlarının boyutları tam olarak netleşmemiştir (Bayır 2002).

Vücut radikallere karşı kendi savunma sistemini kurar. Süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve glutatyon peroksidaz (GPx) gibi enzimatik oksijen radikali yakalayıcıları, askorbat (C vitamini), ürat ve redükte glutatyon gibi hidrofilik radikal tutucular, tokoferoller (E vitamini), flavonoidler, karotenoidler (A vitamini) ve ubikuinol gibi lipofilik radikal tutucular, glutatyon redüktaz, dehidroaskorbat reduktaz ve tiyoredüksin redüktaz gibi antioksidanları yenileyen enzimler ve diğer indirgenleri yenileyen hücresel mekanizmalar vardır (Doğan 2002).

Kahve renkli alabalık genelde sportif balıkçılık ve balıklandırma çalışmalarında kullanılmaktadır (Kocaman *et al.* 2009). Buna rağmen pazar değerinin yüksek olması, et kalitesinin çok iyi olması, renginin ve tadının güzel olması nedeniyle tüketici tarafından tercih edilmekte (Kocaman *et al.* 2006) ve dolayısıyla yetiştiriciliğinde artmaktadır. Türkiye’de başta Doğu Anadolu, Karadeniz ve İç Anadolu olmak üzere pek çok su kaynağımızda bulunan kahve renkli alabalık (*S. trutta*); soğuk, berrak kaynak ve derelerde yaşayan iç su balıkları içerisinde en lezzetli olanıdır. Bu özelliklerinden dolayı yeni bir kültür türü olma potansiyeline sahiptir. Kahve renkli alabalık (*S. trutta*) yetiştiricilikte birtakım dezavantajlara (adaptasyon yeteneğinin zayıf olması, çevre şartları yönünden yüksek ihtiyaçlar göstermesi, yetiştiricilikte yem alımının kötü olması ve bunun sonucunda büyümenin arzu edilen oranda olmaması, uzun bir kuluçka devresine sahip olması, kuluçka randımanının düşük olması, birim yavrunun çok pahalıya mal olması) sahip olduğundan dolayı (Çelikkale 1992), gökkuşağı alabalığına oranla çok daha az yetiştirilmektedir. Bu balık üzerinde yapılan çalışmalar da çok daha azdır. Bu sebeple bu çalışmada kahverenkli alabalık kullanarak bu eksikliklerin giderilmesine katkı sağlanması ve bu konuda yapılan çalışmalara ışık tutulması amaçlanmıştır.

Açlık stresi, balıkların doğal yaşam döngüsünün bir parçası olup, kültür balıkçılığında da balıkların bu tür stres koşullarına maruz kalabileceği göz önüne alınarak kahverengi alabalığın aç bırakılma veya az yemleme stresine vereceği cevabın ölçülmesi de çalışma amaçlarından bir diğeridir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Alabalık türleri sistematikte *Salmonidae* familyasında yer alırlar ve morfolojik olarak yağ yüzgeci ile karakterize edilirler. *Salmonidae* familyasına mensup bu alabalıklar yetiştiricilik ve doğal suların balıklandırılması için önem arz eden üç cinsin türleridir. Bu cinsler; *Salmo*, *Salvelinus* ve *Oncorhynchus*'tur. Dünya genelinde en çok tanınan alabalık türleri ise şunlardır; (Bruno and Poppe 1996).

- *Salmo salar* Linnaeus (Atlantik Salmonu)
- *Salmo trutta f. trutta* Linnaeus (Deniz alabalığı)
- *Salmo trutta f. fario* Linnaeus (Kahverenkli alabalık)
- *Salvelinus fontinalis* Mitchill (Kaynak alabalığı)
- *Salvelinus alpinus* Linnaeus (Alp alabalığı)
- *Salvelinus namaycush* Walbaum (Göl alabalığı)
- *Oncorhynchus mykiss* Walbaum (Gökkuşluğu alabalığı)

Yemdeki yağ miktarının ve esansiyel yağ asitlerinin yetersizliğinde; soğuk su ve ılık su balıklarının büyüme oranında azalma, yem değerlendirmede düşme, ölüm oranında artma, karaciğerde yağlanma ve renk değişimi, kaudal yüzgeçte aşınma, deride solgunluk, stres belirtisi, solunumun artması, kalp miyopatisinin artması, kas su içeriğinin artışı ve hemoglobin seviyesinin azalması gibi birçok fizyolojik bozukluklara yol açtığı belirtilmektedir. Ayrıca gökkuşluğu alabalığının az veya aşırı miktarda esansiyel yağ asidi içeren rasyonlar ile beslenmeleri durumunda kas lipid düzeyinde azalma olduğu da tespit edilmiştir (Watanabe 1982; Ensminger *et al.* 1990; Grene and Selivonchick 1990; Tucker 1998).

Balıklarda yağlar yaşamın ilk evrelerinde hayatta kalma ve büyümeyi etkileyen önemli besinsel faktörler arasındadır. Bu nedenle türlerin yağ ve yağ asidi isteklerinin tespit edilmesi önemlidir (Watanabe 1982; Izquierdo *et al.* 2001).

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).

Halver (1988), Santos *et al.* (1993), Lim *et al.* (1997), Bessonart *et al.* (1999) balıkların yağ asidi içeriğinin veya profillerinin alınan yeme bağlı olarak etkilendiklerini, 22:6n-3'ü 20:5n-3'den daha fazla içerdiklerini, özellikle alabalıklarda vücut kompozisyonun rasyonun yağ asidi profilini yansıttığını, rasyondaki linolenik yağ asidinin vücutta depolanmadığını belirtmişlerdir.

Balık yemlerinin yeterince yağ asitlerini içerecek yağlarla formüle edilerek, optimum protein enerji oranlarının sağlanması gerekmektedir. Esansiyel yağ asitlerinin yeterli ve dengeli bir şekilde içeren yüksek kaliteli yağların gökkuşağı alabalığı rasyonunda kullanımının yem proteininin yaklaşık %15 düzeyinde tasarruf sağladığı belirtilmektedir (Watanabe 1982; Ensminger *et al.* 1990; Grene and Selivonchick 1990; Tucker 1998).

Ticari yemlerde genelde lipit kaynağı olarak deniz balığı yağı kullanılmakta, fakat balık yağı kalitesinde farklılıklar arz ettiği bilinmektedir. Bunun yanı sıra balık yağının fiyatının yüksek olması nedeniyle balık rasyonlarına karbonhidratlarında ilave edilmesi gerekmektedir (Grene and Selivonchick 1990).

Son yıllarda alabalık çiftlikleri hızla artmakta ve bu nedenle uygun yem kaynakları bulma ihtiyacı doğmaktadır. Alabalık yemlerinde şimdiye kadar balık unu ve balık yağı hammadde olarak kullanılmakla beraber, balık çiftliklerinin yılda %10 civarında artması dolayısıyla yakında balık yağının yemler için yetersiz kalacağı düşünülmektedir. Bu sebeple alternatif yağ kaynakları arayışı başlamıştır (Olsen *et al.* 2003).

Bitkisel yağlar, balık yemlerinde balık yağı yerine kullanılabilecek en iyi alternatif olarak düşünülmektedir. Pekçok çalışma balık yağının yerine bitkisel yağların kullanılabileceğini belirtmektedir (Olsen *et al.* 1999a, 2000).

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).

Lowel and Wilson (1993) kültür çalışmalarında özellikle yemlerde 22:6n-3 yağ asidinin oldukça önemli olduğunu ve yeterli düzeyde ihtiva etmeleri gerektiğini ve yemlerin yapımında kullanılan kara bitkilerinin özellikle 18:2n-6 bakımından zengin olduklarını belirtmişlerdir.

Son zamanlarda yapılan çalışmalar gastrointestinal dokuların yüksek oranda sebze yağından zarar görebildiğini bildirmiştir. *Salvelinus alpinus* balığında yapılan bir çalışmada keten tohumu yağı içeren saf diyetle beslemenin büyük bir hücresel zararla beraber orta bağırsakta yoğun bir şekilde serbest yağ damlacıklarının birikmesine neden olduğu tespit edilmiştir (Olsen *et al.* 1999a, 2000). Bu birikime, şilomikronların lipoprotein tabakası için yetersiz *de novo* fosfolipit sentezi neden olmuştur (Olsen *et al.* 2000). Yani bitkisel yağlarla besleme lipit damlacıklarının şeklini tamamen engellemekte ve muhtemelen yüksek oranda lipoprotein sentezinin devam etmesine yardım etmektedir. Ancak triacylglycerols ve fosfolipit kaynakları ile benzer yağ asidi kompozisyonu arasında direk bir karşılaştırma yapamaz. Diyetlerde kullanılan bitkisel yağların, aynı zamanda membran yağ asidi kompozisyonunu ve bütünlüğü etkileyebilir. Daha önceki çalışmalarda diyet lipidlerinde hızlı gelişen değişimlerin alabalıkta bağırsak yağ asidi kompozisyonunu değiştirdiği bildirilmiştir (Pelletier *et al.* 1987; Leray and Pelletier 1985).

Bitkisel yağların balık yemleri üretiminde alternatif yağ kaynağı olarak ticari yemlerde kullanımı düşünülmektedir. Bu yağlar yüksek miktarda n-6 PUFA içermektedir. 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 (Bell *et al.* 2001, 2003; Grisdale-Helland *et al.* 2002; Torstensen *et al.* 2000).

Austreng *et al.* (1977) salmon yavrusu ve gökkuşağı alabalığıyla yaptıkları bir besleme çalışmasında bir yıl boyunca salmon yavru rasyonuna %8, %12 ve %16 balık karaciğer yağı ve soya yağı; gökkuşağı alabalığı rasyonuna ise %8, %12 ve %16 kapelin ve morina karaciğer yağı ilave etmiştir. Yağ düzeylerinin bu oranlarda artırılması ile salmonlarda arzulanmayan bir etki görülmeden proteinden gelen metabolize enerji %66'dan %54'e, gökkuşağı alabalığı rasyonunda ise proteinden gelen enerji %60'tan %47'e düşürülmüştür. Salmon yavru rasyonunda yağ düzeyleri %8'den %16'ya çıkarıldığında ölüm oranı azalmış, büyüme hızlanmış ve smolt üretimi yükselmiştir. Gökkuşağı alabalığı rasyonunda ise yağ düzeylerinin artmasıyla büyümede artış görülmüş ve balıkların vücutlarındaki yağ düzeyinde az bir artış olduğu tespit edilmiştir. Sonuçta rasyondaki yağ düzeyinin artırılması ile enerjiden daha iyi yararlanıldığı tespit etmiş ve farklı yağ kaynakları ile beslenen balıkların büyümeleri yönünden herhangi bir farklılığın bulunmadığını bildirilmiştir.

Liu *et al.* (2004) başlangıç ağırlıkları 46 g olan gökkuşağı alabalıklarının yemlerinde balık yağı yerine soya lesitinini ikame edilip edilemeyeceğini araştırmışlar ve çalışma sonucunda, lesitin içeren yemle beslenen balıkların yemi daha fazla tüketmelerine rağmen canlı ağırlık artışı bakımından gruplar arasında fark olmadığını tespit etmişlerdir.

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 asidi değerlerinin farklılık arzettiğini, bu değişime bağlı olarak da yetiştiricilikte kullanılan yemlerin profillerinin oldukça önemli olduklarının 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 (Haşiloğlu 2001).

Kalogeropoulos *et al.* (1992); Nematipour and Gatlin (1993) balıkların beslendikleri yemin yağ konsantrasyonunun vücudun yağ ve yağ asidi kompozisyonunu etkilediğini, balıklarda maksimum büyümeleri, yaşama oranlarının yüksek ve yem değerlendirmelerinin iyi olabilmesi için n-3 HUFA'nın özellikle de EPA ve DHA'ya gereksinim duyduklarını bildirmişlerdir.

Buzzi *et al.* (1997) tatlı su balıkları esansiyel olan uzun zincirli yağ asitlerini (HUFA) 18 karbonlu (Linoleik; 18:2n-6 ve Linolenik; 18:3n-3) yağ asitlerinden sentezleyebilseler bile özellikle deniz ve tatlı su balıklarının rasyonlarına araşidonik asit, EPA, DHA gibi yağ asitlerinin muhakkak surette katılmalarının gerekli olduğunu bildirmişlerdir.

Skuladottir *et al.* (1990) özellikle balıklarda vücut kompozisyonunun rasyonun yağ asidi kompozisyonunu yansıttığını rasyondaki linolenik yağ asitlerinin vücut dokularında depolanmadığını, fakat vücutta DHA yağ asidine dönüşmüş olarak bulunduğu ve özellikle salmonlarda EPA'nın DHA'ya çevrilerek depolandığını bildirmişlerdir.

FAO istatistiklerinin bildirdiğine göre dünyada yiyecek olarak tüketilen balıkların yaklaşık yarısı kültür balığıdır. Karnivor balık talebinin akvakültürde artması, yeni yem kaynakları ve özelliklede yağ kaynakları bulma zorunluluğu doğurmuştur. Kara bitkileri yağları sadece uzun zincirli çoklu doymamış yağ asitlerini iz miktarda içermektedir (Pickova and Morkore 2007).

1980'lerden beri avcılık yoluyla yakalanan balık miktarı neredeyse aynı kalırken, kültür balıkçılığı aynı peryotta yıllık %8 civarında artış göstermiştir. Günümüzde de tüm dünyada bu artış devam etmektedir. Fakat en önemli problem ise alabalık, dil balığı, hani balığı ve levrek gibi karnivor balıkları beslemek için kullanılacak balık unu ve yağ teminidir. Kültür balıkçılığı hızla genişlemeye devam ederken balık unu ve balık yağı fiyatlarında giderek artmıştır. Artan balık talebini karşılamak ve doğadaki balık popülasyonunu devamını sağlamak için kültür balıkçılığı çok önemlidir. Genellikle hem kara hayvanlarının hem de suda yaşayan hayvanların yemlerinde protein ve yağ kaynağı olarak bitkisel yağlar kullanılır. Burada dikkate alınması gereken konu, bu sebze kaynaklı yemlerin balıkların büyümesine, sağlığına ve üretim kalitesine etkileridir. Bununla beraber insan sağlığı üzerine etkiside dikkate alınmalıdır. Balıklar artık sadece geleneksel olarak formüle edilmiş balık unu ve yağ içeren diyetlerle beslenmemektedir. İnsanda kalp, damar ve zihinsel problemleri engelleyen, yüksek seviyede uzun zincirli yağ asidi içeren diyetler geliştirilmeye başlanmıştır (Pickova and Morkore 2007).

Crowford *et al.* (1986); Christiansen *et al.* (1989); Yılmaz (1995) balıkların lipit bileşimlerini su sıcaklığı, deniz veya tatlı su ortamı, canlının biyolojik özellikleri, fizyolojik aktiviteleri, tükettikleri besinlerin özellikleri, yağ içeriği ve bileşiminin etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Bell *et al.* (1986); Ibeas (1996) balıkların bütün dokularında polar ve polar olmayan lipitlerin yüksek konsantrasyonlarda bulunduğunu özellikle 16:0 ve 18:1n-9 yağ asitlerinin bunu temsil ettiklerini, bu yağ asitlerinin bütün dokularda en büyük enerji kaynağını oluşturmalarından ve n-3 HUFA ihtiyacının karşılanmasında rol aldıklarından kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Henderson *et al.* (1992) gökkuşağı alabalığı (*O. mykiss*)'nın n-3 PUFA ihtiyaçlarının çok iyi bilinmesi gerektiğini bu yağ asitlerinin bazı hastalıklara karşı dayanıklılığı artırması ve yüksek seviyelerde n-3 PUFA içeren yemlerle beslenen salmonların

bağışıklık sistemlerinin etkilendiğinin ispatlanmış olmasının önemine dikkat çekmektedirler.

Legendre *et al.* (1995) Afrika kedi balığı (*H. longifilis*) yavruları üzerinde yaptıkları araştırmada, deney diyetlerinde balık yağı, pamuk yağı ve farklı bitkisel yağlar (palmiye, hindistan cevizi, fıstık yağları) kullanarak, bu yağların balıklarda büyüme, yaşama oranı ve vücut yağ asidi kompozisyonuna etkisini incelemişlerdir. Araştırmanın sonunda pamuk yağı ile beslenen balıkların, balık yağı ile beslenen balıklarla benzer bir büyüme gösterdiğini bildirmişlerdir. Ancak balık yağı ile beslenen balıkların vücutunda n-3 yağ asitleri ve pamuk yağı ile beslenen balıkların vücutunda n-6 yağ asitlerinin baskın olduklarını belirtmişlerdir.

Arslan *et al.* (2008)'in yaptığı çalışmada, yağ kaynağı olarak oleik asit, linolenik asit, linoleik asit, lesitin ve balık yağı kullanarak hazırladıkları yemlerle besledikleri Güney Amerika kedi balıkları (*Pseudoplatystoma fasciatum*)'nda deneme sonunda yaşama oranı bakımından gruplar arasında önemli bir farkın olmadığı tespit edilirken, soya lesitini ile beslenen grubun canlı ağırlık artışının diğer gruplardan önemli derecede yüksek olduğu kaydedilmiştir. Ayrıca analizler sonucunda lesitin ile hazırlanan yemlerle beslenen balıkların yağ miktarının diğer gruplardan önemli derecede düşük çıktığı tespit edilmiştir. Yine büyüme oranı, spesifik büyüme oranı ve yaşama oranı bakımından da en yüksek değeri lesitin ile beslenen grubun gösterdiği belirlenmiştir. Balıkların kas ve karaciğer yağ asidi kompozisyonu bakıldığında, araşidonik asit seviyesinin linoleik asit ile oleik asit karmasıyla hazırlanan yem ve lesitin ile hazırlanan yemi yiyen balıkların, balık yağı ve linolenik asit ile hazırlanan yemle beslenen balıklardan önemli derecede yüksek olduğunda çalışmanın diğer sonuçlarından biridir.

Ng *et al.* (2003) Afrika kedi balıkları (*Clarias gariepinus*) üzerinde yaptıkları çalışmada diyetlerinde yağ kaynağı olarak çeşitli bitkisel yağların bulunduğu grupların balık yağı bulunan gruptan daha fazla büyüme gösterdiğini bildirmişlerdir.

Hove and Nielsen (1991) tarafından yürütülen bir araştırmada yedi farklı diyet (2 ticari, 3 capelin roe, 2 herring roe) salmon (*S. salar*) larvalarının başlangıç beslemesinde kullanılmış ve elde edilen sonuçlar 1 ay sonunda kontrol grubuyla mukayese edilmiştir. Sonuçta 14:0, 14:1n-5, 16:0, 20:1n-9, 20:2n-6, 22:1n-11 yağ asitlerinin miktarlarının önemli ölçüde arttığı, 18:1n-9, 18:2n-3, 20:3n-6, 20:5n-3 ve 22:6n-3 yağ asitlerinin nisbi miktarlarında ise düşüş olduğu rapor edilmiştir. Yağ asidi kompozisyonları muamele ve kontrol grubu larvalarında önemli varyasyon gösterdiği, fakat bu varyasyonun diyetteki yağ asidi kompozisyonuna bağlı olmadığı belirtilmiştir.

Kennish *et al.* (1992) deniz ortamında tutulan chinook salmon (*O. tshawytscha*)'larının beslenmesinde ticari yem ve ringa balığının kullanıldığı araştırmalarında ilk ayda ringa ile beslenen balıkların dorsal kaslarında total yağ miktarının kontrol grubunun iki katı olduğunu, n-3/n-6 oranının ise yine kontrol grubundan %28 daha fazla bulunduğunu tespit etmişlerdir. Bu farklılığın diyetteki 18:2n-6 seviyesinden kaynaklandığı ve kolesterol seviyesi ringa ile beslenen balıklarda, başlangıçta iki katı fazla olmasına rağmen, daha sonra bu oranın düşüş gösterdiği bildirilmiştir. Ayrıca pazar boyuna gelmiş balıkların yemleri değiştirilerek besin kalitelerinin yükseltilebileceği belirtilmiştir.

Kalogeropoulos *et al.* (1992) alınan yağ kaynaklarının etkilerini araştırdıkları çalışmada 1g ağırlığındaki çipura (*S. aurata*) yavruları soya ve morina yağının farklı kombinasyonları ile 5 ay süresince beslemişler ve çalışma sonucunda soya ile morina yağının büyüme, vücut kompozisyonu ve yağ asidi profillerine etki ettiğini, balığın performansının diyetteki morina yağının oranına bağlı olarak arttığını ve %6 seviyesinin optimum düzey olduğunu kaydetmişlerdir. Balıklarda en yüksek karaciğer yağ oranı ve hepatosomatik indeks değerinin ise %6'dan az morina yağı ihtiva eden grupta olduğunu ve bu sonucun esansiyel yağ asidi eksikliğinden ileri geldiğini belirtmişlerdir. Esansiyel yağ asidi eksikliği diyetteki morina yağının az olmasıyla ilişkilendirilmiştir. Vücut kompozisyonunun diyet kompozisyonundan etkilendiği, yüksek protein ve düşük yağ konsantrasyonuna sahip diyetlerle beslenen balıkların karaciğer fosfolipitlerinde EPA ve

DHA'nın daha yüksek olduğu ve *Sparus aurata* balıkları için minimum EPA ve DHA gereksinimlerinin %0,9 olması gerektiği belirtilmiştir.

Çipura (*S. aurata*) larvalarını yumurta inkübasyonundan sonra ilk iki hafta süresince farklı oranlarda DHA içeren *Nannochloropsis gaditana* ve *Nannochloropsis gaditana* x *Isochrysis galbana* ve *rhodomonas sp.* türleriyle zenginleştirilmiş rotifer (*Brachionus plicatilis*) ile artemiaların kullanıldığı çalışmada, diyetteki n-3 HUFA ve DHA konsantrasyonunun balıkların büyüme performansını etkilediği, en iyi büyümenin yüksek n-3 HUFA konsantrasyonunda ve en yüksek DHA/EPA oranına sahip yemle gerçekleştiği tespit edilmiştir. Ayrıca larvaların yağ muhteviyatları, besin içerikleri, total yağ ve fosfogliserid DHA seviyelerinin diyetin DHA seviyesi ile direk ilgili olduğuda belirtilmiştir (Mourente *et al.* 1993).

Nematipour and Gatlin (1993) Sunshine bass (*Morone chrysops* dişi x *M.saxatilis* erkeği) juvenillerinde farklı yağlar (hindistan cevizi, zeytin, safran, keten ve ringa balığı) kullanarak yürüttükleri çalışmalarında balık yağının balıkların büyüme ve ağırlık kazançlarını daha fazla artırdığını ve ölüm görülmediğini bildirmişlerdir. Yeterli büyüme gösteremeyen gruplardaki balıklarda kuyruk yüzgeçlerinde erozyonların, deri üzerinde de kanamaların mevcut olduğu ve ölüm oranlarının %80'e çıktığı belirtilmiştir. Yemin yağ konsantrasyonunun, vücudun yağ ve yağ asidi kompozisyonunu etkilediği, ancak hindistan cevizi yağı ilave edilmiş diyetlerle beslenen balıklarda bu etkinin görülmediği bildirilmiştir. Ayrıca larvaların maksimum büyümeleri, yaşama oranlarının yüksek ve yem değerlendirmelerinin iyi olabilmesi için n-3 HUFA, özellikle 20:5n-3 ve 22:6n-3 yağ asitlerine gereksinim duydukları vurgulanmıştır.

Ülkemizde yürütülen bir çalışmada gökkuşağı (*O. mykiss*) alabalığının yemlerindeki esansiyel yağ asitlerinin büyüme üzerine olumlu etkilerinin olduğu, diyetlerde linolenik asit seviyesi %0,5 den az olduğu durumlarda gelişmede gerileme, kalpte ve kuyruk yüzgecinde deformasyon ve şok sendromlarının gözlemlendiği belirtilmiştir. Linoleik asitin

bu olumsuzlukları gidermede etkili olmadığı dolayısıyla diyetlerde linolenik asit seviyesinin %1 olması gerektiğini vurgulamıştır (Demir 1997).

Linoleik ve linolenik gibi yağ asitlerinin vücuda enerji sağlamasının yanısıra balıklarda hücre duvarının bütünlüğünün korunması, hormonlar için uyarıcı etki ve sinir sisteminin çalışmasına yardımcı olmak gibi görevleri vardır. Bu nedenle alabalıklar için maximum büyümenin sağlanması açısından linolenik yağ asidine ihtiyaç duyulduğu ortaya konmuştur (Castell *et al.* 1972).

Farklı düzeylerde n-3 PUFA (0.8, 3.2, 5.1 ve 8.4 mg/g) ihtiva eden rotiferlerin çipura (*S. aurata*) larvalarında büyüme, yaşama gücü ve yüzme kesesi gelişimine olumlu etkisinin olduğu, konsantrasyon seviyelerinin (n-3 PUFA) artmasının daha çok larval dönemdeki etkinliği artırdığı belirtilmiştir. En yüksek büyüme n-3 PUFA seviyesi 8,4 mg/g DBW, en düşük büyüme ise 0,8 mg/g DBW içeren gruplarda görüldüğü ve büyüme oranlarındaki farklılığın ise 4 kat (En yüksek %1263 – En düşük %312) olduğu belirlenmiştir (Koven *et al.* 1990).

Coutteau *et al.* (2000) bir karides türü olan *Penaeus vannamei*'de farklı yağ kaynaklarının kullanımında (soya ve balık yağı) yağların ihtiva ettiği fosfatidilkolin'in postlarva dönemlerinde %1,5 seviyesinde katılması gelişmeyi olumlu etkilediğini fakat osmatik strese karşı hassasiyeti düşürdüğünü ifade etmişlerdir. Balık yağı ilave edilen grubun büyüme ve yaşama oranlarının daha iyi olduğu ve bunların vücutlarında triaçilgliserol (TAG) ve fosfatidilkolin yükseldiği, serbest sterollerin ise düştüğünü belirtmişlerdir. Ayrıca soya yağı ilavesiyle *P. vannamei* de DHA ve linoleik asit miktarları yükselirken EPA miktarında bir değişimin görülmediğini de ifade etmişlerdir. Yine benzer bir çalışmada gökkuşağı alabalığı (*O. mykiss*) rasyonlarında farklı yağ kaynakları kullanımına bağlı olarak yemin yağ asidi bileşiminin kas ve karaciğerin yağ asidi bileşimini etkilediği, doymamış ve n-3 yağ asidi içeriklerinin rasyondaki miktarlarından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Demir 1997).

Çipura (*S. aurata*) juvenillerinde farklı n-3 HUFA konsantrasyonlarının kas, karaciğer, solungaç, beyin gelişimine etki ettikleri, n-3 HUFA konsantrasyonu düşük olan diyetlerle beslenenlerde, nötral yağlarda EPA ve DHA oranlarının düşüş gösterdiği belirtilmiştir. Çipura juvenilleri için n-3 HUFA ihtiyacının diyetlerde kuru ağırlık olarak %1 olması gerektiği bildirilmiştir (Ibeas *et al.* 1996).

Lochmann and Brown (1997) Japon balıkları (*C. auratus*)’nda lesitin, balık yağı ve soya yağının, canlı ağırlık artışı, yem değerlendirme ve yaşama oranı üzerine etkisini araştırmışlar ve 6 haftalık deneme sonunda büyüme oranı ve yem değerlendirme bakımından lesitin grubunun diğer gruplardan önemli derecede yüksek çıktığını tespit etmişlerdir.

Kenneth *et al.* (2004) başlangıç ağırlığı 46 g olan gökkuşağı alabalıklarında, diyetlerine balık yağı yerine soya fasülyesi/mısır lesitini ile kümes hayvanı yağının ikame edilebilirliğini araştırmışlar ve bunun içinde %10 balık yağı, %10 kümes hayvanı yağı ve %10 ve %15 soya fasülyesi/mısır lesitini ile hazırlanmış yemleri balıklara vermişlerdir. Deneme sonunda gruplar arasında büyüme oranı bakımından önemli bir farklılık bulunmadığından dolayı hem kümes hayvanlarının yağının, hem de soya lesitin, gökkuşağı alabalığı rasyonlarında balık yağı yerine kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

Besin zincirine bağlı olarak değişimlerin tespit edildiği çalışmasında Işık (1995) tilapia zilli larvalarının beslenmesinde *Brachionus calyciflorus*’un (rotifer) farklı yağ oranlarına sahip mikroalg (*Scenedesmus abundans*, *Monoraphidium minutum*, *Chlorella vulgaris*) türleri kullanılarak beslendiğini, *C. vulgaris*’in %17,3; *M. minutum* %10,28 ve *S. abundans*’ında %9,22 ve en yüksek yağ oranına sahip rotifer grubunun *C. vulgaris* ile beslenen rotiferler olduğunu (%15,59) belirtmektedir. Bu rotiferlerle *S. abundans* ve *C. vulgaris* ile beslenenler arasında yağ miktarı bakımından (%10,69; %10,71) önemli bir farklılığın olmadığını, *M. minutum* ile beslenenlerin yağ oranının daha düşük olduğunu

ifade etmiştir. Yağ asidi profilleri bakımından bazı farklılıkların olduğunu, özellikle *C. vulgaris* ile beslenen balıkların yağ asidi profillerinde diğer uygulamalarda görülmeyen EPA ve DHA tespit edildiğini bildirmiştir. Ayrıca palmitik, stearik, linoleik, linolenik ve araşidik asitleri en fazla içeren grup olduğu da anlaşılmıştır. Fakat bu farklılıklara rağmen 21 günlük deneme süresi sonunda yaşama oranı ve ağırlık artışı bakımından önemli bir farklılığın olmadığını vurgulamıştır.

Sirkecioğlu vd (2008) kahve renkli alabalığı (*S. trutta*) (ortalama ağırlık $0,267 \pm 0,01$ g) farklı düzeylerde lesitin içeren dört farklı (%0, P0; %5, P5; %10, P10 ve %15, P15) kazein-jelatin tabanlı yem ile 6 hafta süresince besledikleri çalışmayı yavru alabalıklar için toksik seviyede amonyak içeren (0,25 mg/L) suda gerçekleştirmişler ve altı haftalık deneme süresi sonunda, yaşama gücü bakımından P0 ($28,66 \pm 5,46$) ile P15 ($62,00 \pm 2,30$) yemleriyle beslenen balıklar arasındaki farkın istatistiki açıdan önemli olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmada soya lesitinin balık yağına kıyasla büyümeyi artırıcı etkisinin gerçekleşmediğini bildirmişlerdir. Çalışma 0,25 mg/L düzeyindeki amonyağın önemli derecede ölüme sebep olduğunu göstermektedir. Yüksek düzeyde lesitin içeren yemle (P15) beslenen balıklardaki daha düşük oranda ölüm oranının gerçekleşmesi, fosfolipitlerin bir etkisi olabileceğini bildirmişlerdir.

Bilgüven ve Barış (2008) yüksek ve düşük oranda tam yağlı soya içeren yemlerin gökkuşağı alabalığının (*O. mykiss*) besin performansı, yemden yararlanma oranı ve birim maliyeti üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada gerek canlı ağırlık, gerekse de canlı ağırlık artışı bakımından önemli bir fark bulunmadığını ancak yem tüketimi ve yemden yararlanma oranı bakımından farklılıkların önemli olduğunu tespit etmişler ve kilogram balık maliyeti bakımından ise yüksek oranda tam yağlı soya tüketen balıkların daha ucuza mal edildiğini bildirmişlerdir.

Keten yağında %59,77 linolenik asit, %17,11 oleik asit, %14,82 linoleik asit, %4,58 palmitik asit, %3,02 stearik asit, % 24 arasidik asit, %0,17 gadoleik asit, %0,16

henikosanoik asit, %0,08 behenik asit ve %0,05 miristik asit içerdiği belirlenmiştir (Kıralan 2006).

Van Ruth *et al.* (2001) keten yağında %5,3 palmitik asit, %3,3 stearik asit, %17,6 oleik asit, %15,6 linoleik asit, %57,6 linolenik asit belirlemişlerdir.

Francis *et al.* (2006) murray cod (*Maccullochella peelii*) yavruları için bitkisel kaynaklı iki yağ kaynağının (kanola yağı ve keten tohumu yağı) balık yağına alternatif olarak kullanılabilirliğini ve bitkisel yağ karışımlarının uygunluğunu araştırdıkları çalışmalarında, ortalama son ağırlık, spesifik büyüme oranı ve günlük yem tüketiminin, keten tohumu yağı ile hazırlanmış yemlerle beslenen balıklarla karşılaştırıldığında, keten tohumu yağı + balık yağı karışımı ve balık yağı ile hazırlanmış yemlerle beslenen balıklardan daha yüksek olduğunu, yem ve protein değerlendirme randımanında ise gruplar arasında önemli bir farklılığın olmadığını tespit etmişlerdir. Ayrıca balıkların kaslarındaki yağ asidi miktarlarının yemlerdeki yağ asidi miktarları ile doğru orantılı olduğunu bildirmişler ve büyümeye önemli bir etkisi olmamasına rağmen murray cod yemlerinde balık yağının %50'den fazla keten tohumu yağı ile değiştirilebileceğini bildirmişlerdir.

Richard *et al.* (2006) balık yağı yerine farklı bitkisel yağ karışımının (kolza, keten ve palm yağı) kullanıldığı diyetlerin gökkuşağı alabalıkları (*O. mykiss*)'nın büyüme performansını etkilemediğini bildirmişlerdir.

Izquierdo *et al.* (2003) balık yağını üç farklı bitkisel yağ (soya yağı, kolza tohumu yağı ve keten tohumu yağı) ile %60 oranında ikame etmişler; bu yemlerle beslenen deniz levreği (*D. labrax*) ve çipura (*S. aurata*) ile %100 balık yağlı yemlerle beslenen balıkların büyüme performansı ve yem dönüşüm oranı açısından bir farklılık olmadığını bildirmişlerdir.

Mourente and Bell (2003) deniz levrekleri (*D. labrax*)'nde balık yağı yerine bitkisel yağların ikame edilebilirliğini araştırdıkları 64 haftalık çalışmalarında linoleik asit yüzdesinin, yağ kaynağı olarak balık yağının %60 oranında sebze yağı ile ikame edildiği gruplarda en yüksek değerde, araşidonik asitin ise tamamern balık yağı içeren grupla beslenen balıklarda en yüksek değerde olduğunu tespit etmişlerdir. Linolenik asit yüzdesine bakıldığında en yüksek değeri keten tohumu yağı içeren yemle beslenen grubun aldığı görülmüştür. EPA, DHA ve toplam n-3 PUFA'lar ise balık yağıyla beslenen balıklarda en yüksek değeri almışlardır.

Atlantik salmonları (*S. salar*) üzerine yapılan bir çok araştırma, balık diyetlerinde balık yağı yerine bitkisel yağların kullanılmasının balıklarda büyüme, yem değerlendirme ve histopatolojik olarak herhangi bir olumsuz etki yapmadığı tespit edilmiştir (Torstensen *et al.* 2000; Bell *et al.* 2001, 2003). Ancak bitkisel yağların %50'den fazla eklenmesi durumunda balık etinde 18:2n-6 oranında artma, EPA ve DHA oranında ise azalmanın gerçekleştiği bildirilmiştir (Torstensen *et al.* 2000; Bell *et al.* 2001, 2003).

Martins *et al.* (2005) deniz levreği (*D. labrax*) ve gökkuşağı alabalığı (*O. mykiss*) yavrularını balık yağı yerine %50 oranında soya yağı içeren diyetlerle 12 hafta süresince beslemeleri sonucunda her iki türün vücut kompozisyonu, büyüme performansı, yemden yararlanma oranları ve sindirebilirliklerinin bu diyetten etkilenmediğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde Figueiredo-Silva *et al.* (2005) deniz levreği ve gökkuşağı alabalığı yavrularının diyetlerinde %50 oranında soya yağının kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Balık yağı yerine farklı bitkisel yağların kullanıldığı diyetlerle beslenen gökkuşağı alabalığı yavrularının büyüme performanslarının herhangi bir farklılık göstermediğini ve bitkisel yağlarla beslenen balıkların vücut yağlarında n-6 serisindeki yağ asitlerinin ve balık yağıyla beslenen balıkların vücut yağında ise n-3 serisindeki yağ asitlerinin yüksek oranlarda bulunduğu bildirilmiştir (Şener ve Yıldız 2003). Rus mersin balığı (*Acipenser guldenstaedtii*) yavrularıyla yapılan bir araştırmada da benzer sonuçlara ulaşılmıştır (Şener vd 2005). Ancak deniz levreği yavruları üzerine yapılan araştırmalarda balık yağı yerine kullanılan bitkisel yağların balıkların büyüme

performansını düşürdüğünü (Yıldız ve Şener 2004) ve vücuttaki n-6 serisindeki yağ asitlerini önemli ölçüde artırdığı belirtilmiştir (Yıldız and Şener 2004; Güler 2008).

Kalogeropoulos *et al.* (1992) çipura (*S. aurata*) balıklarını soya yağı ve balık yağı ile hairlanmış diyetlerle beslemiş ve çalışma sonunda bu yemlerin balıklarda büyüme ve vücut bileşenleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Deneme sonunda en iyi büyümenin yağ kaynağının %6' sını soya yağı, %6' sını balık yağının oluşturduğu diyetle beslenen balıklarda olduğunu tespit etmişlerdir.

Tucker *et al.* (1997) *Sciaenops ocellatus*'un yemlerine katılan balık yağı ve soya yağının farklı düzeylerde yemlere katılmasının etkisini araştırmışlar ve çalışmada yağ yüzdesinin %13'ü geçmemesine dikkat etmişlerdir. Deneme sonunda en iyi büyümenin balık yağı ile beslenen grupta gerçekleştiğini bildirmişlerdir.

Yıldız ve Şener (2004) farklı bitkisel yağların ortalama 7,5 g ağırlığındaki levrek (*D. labrax*) yavrularında büyüme performansı ve vücut yağ asidi kompozisyonuna etkilerini incelemişlerdir. En iyi canlı ağırlık artışı ile en iyi yemden yararlanma oranının balık yağı içeren yemlerle yapılan beslemede elde edildiği bildirilmiştir. Tüm vücuttaki EPA, DHA değerleri ile balık karkasındaki yağ oranının da balık yağı ile beslenen grupta en fazla olduğu görülmüştür. Soya yağı ile beslenen balıkların vücut yağ asidi analiz sonuçlarına göre linolenik asit ve linoleik asit oranı en yüksek düzeyde bulunurken, zeytinyağı ile beslenen grupta en yüksek yağ asidinin oleik asit olduğunu tespit etmişlerdir.

Morales *et al.* (2004) sinarit balıklarında yapmış oldukları bir açlık stresi denemesinde, beş hafta boyunca aç tutulan balıkların karaciğerlerinde lipit peroksidasyonun (MDA) önemli derecede arttığını, yine antioksidatif enzimlerden süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve glutatyon peroksidaz (GPX)'ın arttığını (sırasıyla %42, %22, %52);

glutasyon redüktaz (GR) aktivitesinin ise kontrol grubuyla karşılaştırıldığında önemli derecede düşüş (%53) gösterdiğini tespit etmişlerdir

Pascual *et al.* (2003) çipura (*S. aurata*) ile yapmış oldukları 46 günlük çalışmayı kontrol grubu, %1; %0,5 ve hiç yem verilmeyen gruplar olmak üzere dört grupta yürütmüşler ve tüm grupları son 7 gün kontrol grubuyla aynı oranda yemle beslemişler; çalışma sonucunda malondialdehit ve oksidize glutasyon seviyeleri üç hafta sonunda az yemle beslenen ve yem verilmeyen gruplarda artmış; ancak kontrol şartlarına döndüğünde bu değerlerinde normale döndüğünü tespit etmişlerdir. Süperoksit dismutaz (SOD), glutasyon redüktaz ve glutasyon peroksidaz aktivitelerinin az beslenen gruplarda önemli derecede artış gösterdiğini bununla beraber katalaz aktivitesinin yem verilmeyen grupta düşüş gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Bayır (2002) belirli aralıklarla canlı ve yaş yemlerle beslemenin, gökkuşağı alabalığı yavrularının eritrositlerindeki G6PD ve plazmalarındaki karbonik anhidraz (CA) enzim aktiviteleri üzerine etkilerini incelemiş ve canlı yemle beslenen gruplardaki G6PD enzim aktivitesinin kontrol grubuna göre %21 oranında artış gösterdiğini saptamıştır.

Balıklarda G6PD enzim aktivitesi özellikle beslenme ve çevre şartlarına göre değişiklik göstermektedir. Oysa CA enzim aktivitesi ile beslenme ve diğer şartlar arasında bir ilişkinin varlığına karşın etkileşme sınırları ve bu sınırların interaksiyonlarının boyutları tam olarak netleşmemiştir (Bayır 2002).

Barroso *et al.* (1999) farklı sıklıklarda çeşitli aminoasitlerin ilave edildiği diyetlerle beslemenin gökkuşağı alabalıklarında büyüme ve NADPH sistemlerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma neticesinde G6PD, 6PGDH, malik enzim (ME) ve NADP temelli izositrat dehidrogenazın kinetik davranışlarının karaciğer, böbrek ve adipoz dokularında arttığını belirlemişlerdir. Ayrıca hem yemleme sıklığının hem de serbest

aminoasitlerin en önemli sitosolik NADPH üretim sistemleri aktivitelerini etkilediğini ve balıklarda NADP ile ilgili enzimlerin beslenme ve metabolik faktörler tarafından etkilendiğini bildirmişlerdir.

Barroso *et al.* (2001) gökkuşağı alabalığı diyetlerinde lipit metabolizması için esansiyel olan karbonhidratın balıkların karaciğer ve adipoz dokularında dört hücrel NADPH üretim sisteminin [G6PD, 6PGDH, malik enzim (ME) ve NADP'ye bağımlı izositrat dehidrogenaz (NADP-IDH)] moleküler davranışını araştırmak için bir çalışma yapmışlar ve bu çalışma sonucunda, karbonhidrat yokluğunun alabalık karaciğerindeki G6PD, ME ve NADPH-IDH konsantrasyonlarını ve enzim aktivitelerini önemli ölçüde azalttığını, fakat dokusunda bu değişikliklerin meydana gelmediğini tespit etmişlerdir.

Roche and Bogé (1996) deniz levrekleri (*D. labrax*)'nde çeşitli stres faktörlerinin, antioksidan enzim aktiviteleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bunun için balıklara sıcaklık, düşük tuz konsantrasyonu (osmotik şok) ve kimyasal toksisite stresleri uygulanmıştır. Araştırmacılar sıcaklık ve osmotik şok streslerinin balıklarda SOD, CAT ve peroksidaz aktivitelerini artırdığını, SOD ve CAT aktivitelerinin osmotik şok ile daha fazla uyarıldığını oysa peroksidaz aktivitesinin termal şoktan daha fazla etkilendiğini belirtmişlerdir.

Cengiz (2004) saponinin gökkuşağı alabalığı (*O. mykiss*) diyetlerinde G6PD aktivitesi üzerine olumsuz etkilerinin olduğunu fakat çok önemli aktivite kayıplarının yaşanmadığını bildirmiştir.

Özmen *et al.* (2004a) sürekli su akışı olan tanklarla su akışı olmayan, ancak suyu bir filtre ile sürekli olarak temizlenen tankta (resirkülasyon tankı) tutulan gökkuşağı alabalıklarında antioksidan enzim aktivitelerini karşılaştırmışlardır. Bu çalışmaya göre resirkülasyon uygulanan grupta G6PD, GR ve SOD enzim aktiviteleri düşerken, GPx ve CAT aktiviteleri artmıştır. Araştırmacılar resirkülasyon uygulanan grubun oksidatif stres

altında kaldıklarını ve bu sebeple de antioksidan enzim aktivitelerinde kontrol grubuna nazaran önemli değişikliklerin olduğunu belirtmişlerdir.

Glutasyon ve glutasyon türevleri balıklarda oksidatif strese karşı savunma görevi yapan önemli bileşiklerdir (Stephensen *et al.* 2002).

Vücut radikallere karşı kendi savunma sistemini kurar. Süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve glutasyon peroksidaz (GPx) gibi enzimatik oksijen radikali yakalayıcıları, askorbat (C vitamini), ürat ve redükte glutasyon gibi hidrofilik radikal tutucular, tokoferoller (E vitamini), flavonoidler, karotenoidler (A vitamini) ve ubikuinol gibi lipofilik radikal tutucular, glutasyon redüktaz, dehidroaskorbat reduktaz ve tiyoredüksin redüktaz gibi antioksidanları yenileyen enzimler ve diğer indirgenleri yenileyen hücresel mekanizmalar vardır (Doğan 2002).

Salmon karaciğerinde karbonhidrat metabolizması ile antioksidan enzimler arasında bağlantı olduğu, selenyuma bağımlı GPx (Se-GPx) aktivitesiyle bir korelasyon olmadığı fakat tiyobarbütik asit-reaktif maddeleri (TBARS)'ndeki artışa cevap olarak Se-GPx aktivitesinin arttığı belirtilmiştir. Ayrıca CAT ve total SOD aktivitesi ile TBARS değerleri ve Se-GPx aktiviteleri arasında bir korelasyon olmadığı da yine aynı araştırmacılarca vurgulanmıştır (Lygren and Hemre 2001).

Barroso *et al.* (1999) farklı sıklıklarda çeşitli aminoasitlerin ilave edildiği diyetlerle beslemenin gökkuşağı alabalıklarında büyüme ve NADPH sistemlerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma neticesinde G6PD, 6PGDH, malik enzim (ME) ve NADP temelli izositrat dehidrogenazın kinetik davranışlarının, karaciğer, böbrek ve adipoz dokularında arttığını belirlemişlerdir. Ayrıca hem yemleme sıklığının hem de serbest aminoasitlerin en önemli sitosolik NADPH üretim sistemleri aktivitelerini etkilediğini ve balıklarda NADP ile ilgili enzimlerin beslenme ve metabolik faktörler tarafından etkilendiğini tespit etmişlerdir.

Çeşitli stres faktörlerinin gökkuşuğu alabalığı antioksidan enzim aktiviteleri üzerine olan etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada; yüksek sıcaklık stresi uygulanan grupta G6PD, GR, GPx ve CAT aktivitesi, yakalama stresine maruz bırakılan balıklarda ise G6PD ve CAT aktiviteleri artmış, GPx ve GR aktivitelerinde ise anlamlı bir değişiklik gözlenmemiştir. Son olarak düşük su seviyesi stresinde; GR aktivitesinde düşüş, diğer enzim aktivitelerinde artış gözlenmiştir (Özmen vd 2004b).

3. MATERYAL ve METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Balık materyali

Çalışmada, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Alabalık Üretim Tesisleri'nden temin edilen 360 adet, ortalama ağırlıkları $1,4 \pm 0,1$ gr olan kahverenkli alabalık (*S. trutta*) kullanılmıştır.

3.1.2. Çalışmanın yürütüldüğü yer

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölümü Alabalık Üretim ve Araştırma Tesisleri'nde yemleme çalışmaları, Su Ürünleri Bölümü Laboratuvarı'nda ise analizler yürütülmüştür.

3.1.3. Su materyali

Araştırma Merkezi'ndeki mevcut kaynak suyu dinlenme tankında istenilmeyen gazlardan arındırıldıktan sonra kanallar ve şelallerle havalandırılarak kullanılmıştır. Günlük yapılan ölçümlerde su sıcaklığı $9,6 \pm 1,0$ °C olarak ölçülmüş ve deneme süresince elde edilen sıcaklık, oksijen ve pH değerleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Araştırmada kullanılan suyun kimyasal özellikleri

Parametre	Değer
Sıcaklık	9,6±1,0 °C
Oksijen	8,8–9,3 ppm
pH	7,4±0,5

3.1.4. Tanklar

Araştırmada kullanılacak yavru balıklar 200x50x40 cm boyutlarında 4 adet fiberglas tank ve bunların içerisine 58x34x40 cm boyutlarında her birine 3 adet olmak üzere yerleştirilen toplam 12 adet elek kullanılarak yürütülmüştür. Çalışmada kullanılan fiberglas tankların ve eleklerin görüntüsü Şekil 3.1’de verilmiştir.

**Şekil 3. 1.** Denemede kullanılan fiberglas tanklar

3.1.5. Yem materyali

Araştırmada kullanılan yemin formülasyonu Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Farklı yağ kaynakları (balık yağı, soya lesitini, oleik asit, keten tohumu yağı) ile hazırlanan yemlerin formülasyonları

	D1	D2	D3	D4
Balık unu (%9 yağlı)	50	50	50	50
Karboksi metil selüloz	5	5	5	5
Buğday unu	15	15	15	15
Protein (CPSP)	5	5	5	5
Lesitin	0	18	0	0
Balık yağı	18	0	0	0
Oleik asit	0	0	18	0
Keten tohumu Yağı	0	0	0	18
Vitamin Karışımı	3	3	3	3
Mineral Karışımı	3	3	3	3
Kolin	1	1	1	1
Ham Protein	55,54	56,71	59,09	56,40
Ham Kül	9,0	10,83	7,86	8,58
Ham Yağ	20,48	14,85	22,60	23,84

*D1: Balık Yağı, D2: Soya lesitini, D3: Oleik asit, D4: Keten Tohumu Yağı

3.2. Metot

3.2.1. Yemlerin hazırlanması ve balıkların beslenmesi

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölümü bünyesinde bulunan Alabalık Üretim ve Araştırma Merkezi’nden temin edilen 360 adet, ortalama ağırlıkları 1,5 gr olan *S. trutta* (kahverenkli alabalık) dezenfekte edilmiş 4 fiberglas tankta bulunan 12 eleğin her birine 30’ar tane gelecek şekilde yerleştirilmiş ve 15 gün boyunca ticari

yemle beslenerek adapte olmaları sağlanmıştır. 15 gün sonunda balıklar tekrar tartılarak ortalama ağırlıkları alındı ($1,5 \pm 0,08$ g). Bu esanada deneme için kullanılacak dört farklı yağ (balık yağı, soya lesitini (Kat. No:102147), oleik asit (Kat. No: 102500) ve keten tohumu yağı) içeriğine sahip yemler hazırlanmış ve bu yemlerin besin madde kompozisyonu ile yağ asidi kompozisyonlarına bakılmıştır. Daha sonra her bir grubun balık ağırlıkları tartılarak, her gruba günlük ne kadar yem verileceği hesaplanmış ve adaptasyon süresinden sonra balıklar ağırlıklarının %2,6'sı kadar bu yemlerle beslenmeye başlanmıştır (Aras vd 1997). İki haftada bir balıkların tartımı yapılarak, verilecek yem miktarları tekrar hesaplanmıştır. Deneme sonunda balıkların tekerrürlerinin her biri, kendi aralarında karıştırıldıktan sonra tekrar 3 tekerrür oluşturulup, balıklarda açlık stresi denemiştir. Bunun için birinci gruba %2,6; ikinci gruba %1,3 ve son gruba da %0 yem verilmiş olup, deneme sonunda bazı antioksidan enzimlerinin belirlenmesi suretiyle grupların stres toleransı ölçülmüştür.

3.2.2. Su değerlerinin ölçülmesi

Suyun sıcaklık, oksijen ve pH değerleri günde 2 kez (10 ve 16 saatlerinde) WTW-340I pH-Oksi cihazı ile ölçülerek kaydedilmiş ve günlük ortalamaları hesaplanmıştır (Aras vd 1997).

3.2.3. Balıkların yemlenmesi ve tartımları

Balıkların ağırlıkları tartım yapılarak belirlenmiş ve ağırlıklarının %2,6'sı kadar günlük yem verilmiştir. Balıklar deneme süresince iki haftada bir tartılarak verilecek yem miktarları tekrar hesaplanmak suretiyle beslenmişlerdir (Aras vd 1997).

3.2.4. Örneklerin alınması ve muhafazası

Örneklerin tamamının aynı kolon, gaz ve diğer değişken durumlarda analizlerinin yapılabilmesi için -80°C 'de muhafazası sağlanmıştır. İlk örnekleme denemenin başlangıcından 8 hafta sonra 22.09.2008 tarihinde yağ asidini, besin maddesi kompozisyonunu ve antioksidan enzimlerin başlangıç değerini belirlemek amacıyla alınmış; daha sonrada sadece stresi belirlemek amacıyla 4 günde bir olmak üzere 12 gün daha örnek alınmaya devam edilmiştir.

3.2.5. Örneklerden yağın ekstrakte edilmesi ve miktarının belirlenmesi

Araştırma materyallerinin yağ ekstaksiyonu Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölümü Araştırma Laboratuvarı'nda yapıldı. 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 edildi. Daha sonra örnekler 1 dk ultraturaks ile parçalanmış ve parçalama işleminden hemen sonra vakum altında Whatman No:1 filtre kâğıdı kullanılarak süzüldü. Süzme işleminden sonra numuneler temiz ve kuru tüplere aktarılıp her bir çözeltinin (numunenin) %2'si kadar $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dan (20 ml çözelti için 4 ml olacak şekilde) ilave edildi. Sonra tüplere nitrojen doldurulup ve kapakları gazı kaçırmayacak şekilde kapatıldıktan sonra 1 dk vorteksenerek oda sıcaklığında bir gün süreyle faz oluşumu için depolandı.

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 aktarıldı. Aktarma işleminin ardından örnekler azot evaporatör sistem içerisine yerleştirilerek ısıtma ve nitrojen gazına tabi tutulacak ve bir süre evapore edildikten sonra tüplerin daraları alınmış küçük tüplere aktarılıp mini

evaporatörde evaporasyon işlemine devam edilerek belli aralıklarla tartımlar yapıldı. Tartımlar ağırlıklar sabitleninceye kadar devam edildi. Yağ miktarları tüplerin ağırlıklarının sabitlenmesi ile birlikte gravimetrik metotla hesaplandı. Ağırlıkları sabitlenen örnekler üzerine kloroform ilave edilerek depolandı (Folch *et al.* 1957).

3.2.6. 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 gerçekleştirildi. Bu işlemi takiben soğumaya bırakılan örnekler üzerine 2 ml BF₃ (Brontrifluoride methanol %25'lik) ilave edilerek tüplere tekrar nitrojen doldurulup, 80 °C'de yarım saat daha bekletildi. İnkübasyon süresinin bitmesinden sonra örnekler tekrar soğumaya bırakıldı. 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 dolduruldu (Metcalf and Schmitz 1961). Bütün bu işlemler tamamlandıktan sonra vialler gaz kromatografisi (GC)'ne analizler için yerleştirildi.

3.2.7. Yağ asidlerinin tayini

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

3.2.8. 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

3.2.9. Enzim Aktivitelerinin Ölçülmesi

3.2.9.a. Homojenat hazırlanması

Derin dondurucudan çıkarılan balıklar buzları çözüldükten hemen sonra kar içerisinde tutulan %0,9'luk NaCl ile iyice yıkanıp kurulandıktan sonra 1'er g örnek tartılmış ve 10 hacim (w/v) 0,1 mM EDTA, %0,1 triton X–100 (v/v) (pH:7,8) ve proteaz inhibitör karışımı (Sigma, Kat. No: P–2714) içeren 100 mM Tris-HCl tamponunda homojenize edilmişlerdir (bu esnana örnekleri içeren tüpler buz içerisinde muhafaza edilmiştir). Homojenatlar 10000 rpm’de 30 dk santrifüjlendikten sonra süpernatantları alınmış ve ölçümlerde kullanılmıştır. Ölçümler esnasında da tüm örnekler buz içersinde muhafaza edilmişlerdir.

3.2.9.b. Süperoksit dismutaz enzim aktivitesinin ölçülmesi

Prensip: Enzimatik reaksiyon sonucu üretilen serbest radikallerin reaksiyon ortamında bulunun nitro blue tetrazolium (NBT)'u indirgemesinin numunede bulunan süperoksit dismutaz (SOD, EC 1.15.1.1) enzimi tarafından engellenmesi prensibine dayanır. Süperoksit radikali üretimi ksantin oksidaz enzimatik reaksiyonu ile sağlanır. Üretilen süperoksit radikalleri NBT ile reaksiyona girerek 560 nm'de absorbans veren formazon oluşturur. Reaksiyon ortamına ilave edilen numunede bulunan SOD üretilen radikalleri dismutasyona uğratar ve bundan dolayı NBT redüksiyon reaksiyonu yavaşlar ve sonuçta spektrofotometrede okunan absorbans değerleri düşer.

Ölçüm işleminden önce homojenattan 200 µl alınmış ve üzerine kloroform: etil alkol karışımından (3 V/5 V) 150 µl eklenmiştir. Daha sonra +4 °C'de 7 dk 3500 rpm'de santrifüjlendikten sonra üst kısımda kalan numune aktivite ölçümleri için homojenat olarak kullanılmıştır. Numune ve köre aşağıda verilen kimyasallardan yine aşağıda verilen miktarlarda katılmıştır.

	Numune	Kör
Fosfat Tamponu (µl)	310	310
NBT (µl)	300	300
Na ₂ CO ₃ (µl)	200	200
Sığır Albumin (µl)	100	100
Ksantin (µl)	40	40
Homojenat (µl)	30	-
Distile Su (µl)	-	30
Ksantin Oksidaz (µl)	20	20

Yukarıdaki çizelgeye göre hazırlanan kör ve numuneler oda sıcaklığında 20 dk. bekletildikten sonra bütün tüplere reaksiyonu durdurmak için 500 µl CuCl₂ eklenmiş, absorbans ölçülmüş ve aşağıdaki formüllerden spesifik aktivite (EU/mg protein) hesaplamaları yapılmıştır (Sun *et al.* 1988; Canbolat vd. 1993).

$$\% \text{ İnhibisyon} = \frac{\text{Körün absorbansı} - \text{Numunenin absorbansı}}{\text{Körün absorbansı}} \times 100$$

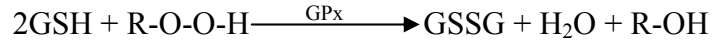
Bir SOD ünitesi, NBT redüksiyonunu %50 oranında inhibe eden aktivite olarak kabul edilmektedir. Dolayısıyla;

Aktivite (EU/ml) = % İnhibisyon / 50 x 0,1'dir.

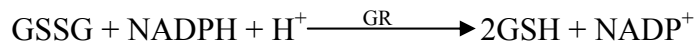
Spesifik Aktivite = (EU/ml)/(mg protein/ml) eşitliğinden hesaplanmıştır.

3.2.9.c. Glutatyon peroksidaz enzim aktivitesinin ölçülmesi

Prensip: Glutatyon peroksidaz (GPx, EC 1.11.1.19) GSH'nin GSSG'ye oksidasyonunu hidrojen peroksit kullanarak katalizler.



GSSG'nin oluşum hızı GR reaksiyonu vasıtasıyla ölçülür.



Reaksiyon ortamındaki t-butilhidroperoksidin her bir molekülünün substratı için 1 mol GSSG oluşur. GSSG'nin GSH'a redüksiyonu ise GR enziminin katalizlediği reaksiyonla oluşur. Bu reaksiyonda GSSG'nin her bir molünün redüksiyonu için 1 mol NADPH okside olur.

GPx aktivitesi de NADPH oksidasyonunu takiben spektrofotometrik olarak 340 nm'deki sistemin optik dansitesindeki düşüşten hesaplanır (Beutler 1984).

	Numune	Kör
Tris-EDTA (μl)	100	100
GSH (0,1 M) (μl)	20	20
Glutasyon redüktaz (10 U/ml) (μl)	100	100
NADPH (2 mM) (μl)	100	100
Homojenat (μl)	10	10
Distile Su (μl)	660	670

Köre ve küvete yukarıdaki kimyasallar eklendikten sonra 37 °C’de 10 dk inkübasyona bırakılmıştır. Ardından numune küvetine 10 μL 7 mM t-butilhidroperoksit ilave edilmiş ve köre karşı aktivite ölçülmüştür. Spesifik enzim aktivitesi aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (Beutler 1975).

$$\text{EU/ml} = \frac{\Delta A}{E} \times \frac{V_T}{V_H}$$

Spesifik Aktivite = (EU/ml)/ (mg protein/ml)’dir.

3.2.9.d. Katalaz enzim aktivitesinin ölçülmesi

Prensip: Uygun tampon içinde bulunan H₂O₂’nin numunede bulunan katalaz (CAT, EC 1.11.1.6) enzimini tarafından yıkılması sonucu bu maddenin 230 nm’deki absorbanısında azalma meydana gelir. Absorbansta gözlenen azalma hızı CAT aktivitesi ile orantılıdır.

Ölçümde 1 ml homojenat üzerine 0,8 ml kloroform:etanol karışımı (3 V/5 V) ilave edilerek, 2500 rpm’de 10 dk santrifüj edilmiştir. Analizde üstte kalan berrak kısım kullanılmıştır.

Aktivite ölçümü için %30'luk H_2O_2 'den 0,16 ml alınarak daha önce hazırlanmış fosfat tamponunun 100 ml'si ile seyreltilmiştir. Bu karışım 230 nm'de 0,5 absorbans verecek şekilde ayarlanmış ve daha sonra aşağıdaki şemaya uygun olarak küvetlere H_2O_2 konulmuştur. Daha sonra numune ilave edilerek absorbanstaki düşüş 15'er sn aralıklarla kaydedilmiştir (Beutler 1984).

	Numune	Kör
Fosfat Tamponu (μ l)	-	2990
H_2O_2 (μ l)	2990	10
Süpernatant (μ l)	10	-

Aşağıdaki formülden ml başına enzim aktivitesi hesaplanmıştır.

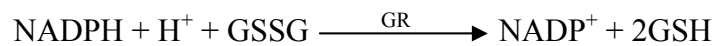
$$EU/ml = \frac{\Delta A \times V_T}{0,071 \times V_H}$$

0,071: H_2O_2 'nin 230 nm'deki mM ekstinksiyon katsayısı

Son olarak; spesifik enzim aktivitesi = (EU/ml)/(mg protein/ml) eşitliğinden hesaplanmıştır.

3.2.9.e. Glutasyon redüktaz enzim aktivitesinin ölçülmesi

Prensip: Glutasyon redüktaz (GR, EC 1.6.4.2) NADPH yardımıyla okside glutasyonun (GSSG) redükte glutatyona (GSH) redüksiyonunu katalizler.



GR aktivitesi okside olan NADPH'ın spektrofotometrik olarak 340 nm'deki absorbanans değeri değişiminin ölçülmesi esasına dayanır (Beutler 1984).

Aktivite ölçümünde aşağıdaki tabloya uygun olarak hazırlanan deney tüplerine NADPH ilave edildikten sonra NADPH'ın oksidasyonunu takiben spektrofotometrik olarak 340 nm'de optik dansitedeki azalma göre karşı ölçülür.

	Numune	Kör
Tris-EDTA (μl)	50	50
Homojenat (μl)	10	10
Distile Su (μl)	790	890
37 °C'de 10 dk İnkübasyon		
GSSG (0,033 M) (μl)	100	-
37 °C'de 10 dk İnkübasyon		
NADPH (2 mM) (μl)	50	50

$$\text{EU/ml} = \frac{\Delta\text{OD}}{E} \times \frac{V_T}{V_H}$$

V_T : Deney çözeltisinin toplam hacmi (ml)

V_H : Deneyde numune olarak kullanılan homojenatın hacmi (ml)

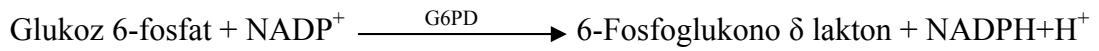
ΔOD : Dakika başına optik dansite değişimi ($\Delta A_{\text{numune}} - \Delta A_{\text{kör}}$)

ϵ : 6,22 mmol⁻¹ x cm⁻¹

Yukarıdaki formülden dakika başına OD değişimi bulunarak EU/ml cinsinden enzim aktivitesi hesaplanmıştır. Daha sonra spesifik enzim aktivitesi her numune için mg protein başına düşen enzim ünitesi olarak hesaplanmıştır (Beutler 1984).

3.2.9.f. Glukoz 6-fosfat dehidrogenaz enzim aktivitesinin ölçülmesi

Prensip: Glukoz 6-fosfat dehidrogenaz (G6PD, EC 1.1.1.49) enzim aktivitesinin hesaplanmasında spektrofotometrik olarak 340 nm dalga boyunda NADP^+ miktarındaki azalışın belirlenmesi kullanılmıştır.



G6PD enzim aktivitesinin tayini için yukarıdaki reaksiyon sonunda oluşan NADPH göz önüne alınmıştır. NADPH 340 nm’de absorbans verir. Dolayısıyla enzimin aktivitesi 37 °C’de NADP^+ ’nin indirgenmesi sonucu oluşan NADPH’ın 340 nm’de absorpsiyon artışı sonucu ölçülmüştür (Beutler 1984).

	Numune	Kör
Tris-EDTA (μl)	100	100
MgCl ₂ (μl)	100	100
Distile su (μl)	550	600
NADP ⁺ (μl)	100	100
Homojenat(μl)	50	-
Distile su (μl)	-	50

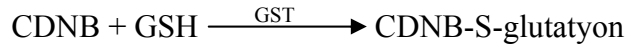
Yukarıdaki kimyasallar küvetlere konduktan sonra 37 °C’de 10 dk inkübasyona bırakılmıştır. Sonra numune ve köre 100 μl G6P ilave edilmiş ve ardından kontrole karşı numunenin absorbans artışları 340 nm’de 2 dk süreyle kaydedilmiştir (Beutler 1984). Daha sonra ise aşağıdaki formüle dayanarak ml başına enzim ünitesi hesaplanmıştır.

$$\text{EU/ml} = \frac{\Delta\text{OD}}{6,22} \times \frac{V_T}{V_H}$$

G6PD enzimi için spesifik enzim aktiviteleri (EU/ml)/(mg protein/ml) eşitliğinden hesaplanmıştır.

3.2.9.g. Glutasyon S-transferaz enzim aktivitesinin ölçülmesi

Prensip: Glutasyon S-transferaz (GST, EC 1.5.1.18) enzimi 1-kloro-2,4-dinitrobenzen ile glutasyon grubunun reaksiyonunu katalizler



Konjüge CDNB 340 nm’de absorbans verir ve bu nedenle enzim aktivitesi bu dalga boyundaki optik dansite değişimi ile ölçülür.

	Numune	Kör
Fosfat Tamponu (0,11 M) (µl)	200	200
CDNB (30 mM) (µl)	20	20
Distile su (µl)	680	680
37 °C 10 dk. inkübasyon		
GSH (0,1 M) (µl)	50	50
Distile su (µl)	-	50
homojenat (µl)	50	-

Yukarıdaki tabloda belirtilen işlemlerden sonra spesifik enzim aktivitesi aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Habig *et al.* 1974).

$$A = \frac{\Delta OD}{\epsilon} \times \frac{V_T}{V_H} \times \frac{1}{(\text{mg protein/ml})}$$

Formülde;

A : Spesifik enzim aktivitesi (EU/mg protein)

$\Delta OD/dk.$: 340 nm’de optik dansitenin dakika başına değışimi

ϵ : 9,6 mmol⁻¹ x cm⁻¹

3.2.9.h. Lipit peroksidasyonun ölçülmesi

Prensip: Lipit peroksidasyonu sonunda sekonder ürün olarak MDA oluşur. Oluşan MDA aerobik şartlarda pH 3,4’te TBA ile 95 °C’de inkübe edilince pembe renkli bir kompleks oluşturur. Pembe rengin 532 nm’de spektrofotometrik olarak ölçümü ile MDA miktarı belirlenir (Ohkawa *et al.*, 1979; Sevgiler 2002).

Ayıracılar

1- %8,1’lik SDS

2- %20’lik Hac (pH 3,5)

3- n-butanol/pridin çözeltisi (15:1)

Standart Eğri Çizimi: Stok standarttan 10µl alınıp, hacim 100 ml’ye saf su ile tamamlanarak günlük standart hazırlanır. Ayıracılar tüplere Çizelge 3.3’te verilen oranlarda eklenir.

Çizelge 3.3. MDA standart eğrisinin hazırlanması

	0	1	2	3	4	5	6
Derişim (nmol/ml)	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
%8,1 SDS (ml)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Hac (ml)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
TBA(ml)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Saf su(ml)	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
95 °C 30 dk. inkübe edilir ve soğutulur							
Saf su (ml)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
n-Butanol/Pridin (ml)	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0

Çizelge 3.4. MDA yöntemi

	Kör (µl)	Örnek (µl)
Örnek	-	0,1
SDS	0,2	0,2
Hac	1,5	1,5
TBA	1,5	1,5
Saf su	0,8	0,7
95 °C 30 dk. inkübe edilir ve soğutulur		
Saf su(ml)	1	1
N Butanol/Pridin (ml)	5	5

Çözeltiler çalkalanır ve sonra 4000 rpm’de 10 dk santrifüj edilir, üstteki organik kısım alınarak 532 nm’de absorbans okunur. Sonuç standart eğriden ve günlük standarttan değerlendirilir.

Hesaplama;

MDA (nmol/mg protein) = (nmol/ml) / (protein (mg/ml)) formülünden yapılır.

3.2.10. Bradford yöntemi ile proteinlerin tayini

İnsan eritrosit CuZn SOD'yi saflaştırmak amacı ile yapılan etanol-kloroform ile ekstraksiyon, iyon değişim kromatografisi, afinite kromatografisi basamaklarından elde edilen enzim çözeltilerinin kantitatif protein miktarı Bradford (1976) yöntemiyle tayin edilmiştir.

Bu yöntemde boya olarak kullanılan Coomassie Brilliant Blue G250, negatif bir yüke sahiptir ve protein üzerindeki pozitif yüke bağlanır. Boyanın kırmızı ($\lambda_{\max}= 465 \text{ nm}$) ve mavi ($\lambda_{\max}= 595 \text{ nm}$) formu mevcuttur. Boyanın proteine bağlanması, kırmızı formun mavi forma dönüşmesini sağlar. Bradford yönteminin diğer kantitatif protein tayin metodlarına göre avantajlı tarafları ise;

- Kısa sürede uygulanabilirliği,
- Fazla miktarda bozucu faktörün bulunmaması,
- Protein-boya kompleksinin çözeltilerde uzun süre kalabilmesi,
- Her bir çalışma için başka bir standart eğrinin gerekmemesi,
- Bu yöntemin hassasiyetinin 1–100 μg arasında olmasıdır (Bradford 1976).

Bradford yönteminde, sığır serum albümini (BSA) kullanılarak elde edilen standart grafik yardımıyla her bir numunedeki protein miktarı BSA eşdeğer olarak bulundu. Bu amaçla 100 mg Coomassie Brilliant Blue G250, 50 ml %95'lik etanolde çözülerek 100 ml %89'luk fosforik asit ilave edildi. Daha sonra çözeltinin hacmi saf su ile 1 litreye tamamlandı. Böylece reaktif hazırlanmış oldu.

10-100 g BSA içeren çözelti (0,15 M NaCl içinde hazırlandı) tüplere konarak hacimler 0,1 ml'ye fosfat tamponu ile tamamlandı. Daha sonra 5'er ml reaktif tüplere eklenerek 10 dakika sonra 595 nm'de absorbansları okundu, standart grafik çizildi. Kör olarak, protein içermeyen test çözeltisi kullanıldı.

Her bir tüpteki protein miktarını bulmak için uygun hacimde elüattan alınarak hacmi fosfat tamponuyla 0,1 ml'ye tamamlandı. 5 ml reaktif ilavesinden 10 dakika sonra 595 nm'de absorbands okundu. Numunelerin protein miktarları standart grafikten elde edilen eşitlik yardımıyla hesaplandı.

3.2.11. Büyüme değerlerinin belirlenmesi

3.2.11.a. Ortalama canlı ağırlık artışı

Ortalama canlı ağırlık değeri, her deneme tankındaki bireylerin deneme sonu canlı ağırlıkları alınıp, toplam ağırlığın tanktaki birey sayısına bölünmesiyle bulunmuştur (Saruhan 1998; Atay 1989; Çetinkaya 1995; Hoşsu vd. 2001).

$$\text{Canlı Ağırlık Artışı (\%)} = \frac{\text{Deneme Sonu Ort. Ağ.(g)} - \text{Deneme Başlangıcı Ort. Ağ. (g)}}{\text{Deneme Başlangıcı Ort. Ağ (g)}} \times 100$$

3.2.11.b. Spesifik büyüme oranı

Spesifik büyüme oranı (SBO), son ve ilk canlı ağırlık değerlerinin log farkının deneme süresine bölünmesiyle bulunur (El Sayed and Teshima 1992).

$$\text{Spesifik Büyüme Oranı} = \frac{\ln \text{Son Canlı Ağırlık} - \ln \text{İlk Canlı Ağırlık}}{\text{Deneme Süresi (gün)}} \times 100$$

3.2.11.c. Yem değerlendirme oranı

Yem Değerlendirme Oranı, deneme süresince verilen toplam yemin, kazanılan toplam canlı ağırlığa oranlanmasıyla hesaplanmıştır (Godddards 1996; Aras vd 1997).

3.2.12. Deneme balıkların besin madde içeriklerinin analizleri

3.2.12.a. Nem oranının tayini

Yem örnekleri 1mm’lik elekten geçecek şekilde öğütölerek, daha önce kurutulan ve desikatörde oda sıcaklığına getirilen kurutma kaplarında tartılmıştır. Örnekler 105°C sabit sıcaklıkta 3–4 saat tutulduktan sonra desikatörde oda sıcaklığına gelinceye kadar bekletilmıştır. İlk tartım ile son tartım arasındaki farkın örnek ağırlığına yüzde oranı ile örnekteki nem içeriği hesaplanmıştır. Balık örnekleri ise homojenizatörden geçirildikten sonra homojen hale getirilerek 105°C sıcaklıkta 12 saat bekletilmıştır. Yem örneklerinde olduğu gibi gerekli tartımlar yapılarak aynı yöntemle nem içeriği hesaplanmıştır (Akyıldız 1968; AOAC 1998).

3.2.12.b. Ham protein miktarının tayini

Balık örnekleri homojenizatörden geçirilerek analize hazır hale getirilmıştır. Yaş yakma aşamasında örnek sülfürik asit ile 450°C sıcaklıkta iki saat kaynatılmıştır. Yaş yakma aşamasından sonra homojen bir çözelti haline getirilen yem ve balık örneklerindeki azot miktarları otomatik kjeltec’te saptanır. Saptanan azot miktarları 6,25 katsayısı ile çarpılarak örneklerdeki ham protein miktarları hesaplanmıştır (Akyıldız 1968; AOAC 1998).

3.2.12.c. Ham yağ miktarının tayini

Kurutulduktan sonra öğütülen balık ve yem örnekleri peroksitsiz etil eter ile ekstrakte edilmiş ve bu ekstrakt ham yağ olarak belirtilmiştir. Analize hazır hale getirilmiş yem ve balık örneklerinden bir miktar tartılarak yağ kartuşlarına aktarılmıştır. Kartuşların ağzı örneğin dışarı çıkmasını önlemek amacıyla pamuktan bir tıpa ile kapatılmış ve bu kartuşlar soxhelet cihazının eritici kısmına yerleştirilerek 105°C sıcaklıktaki kurutma dolabında kurutulmuş yağ balonlarının ağırlıkları saptanarak soxhelet cihazındaki yerlerine yerleştirilmiştir. 2–6 saat süreyle ekstrakte edilip, 100°C sıcaklıktaki kurutma dolabında 1 saat bekletilen yağ balonlarındaki etil eter, buharlaştırılarak desikatörde oda sıcaklığına getirilir. Oda sıcaklığına getirilen yağ balonları tartılır, bu ağırlıktan kap daraları çıkarılır ve örnek ağırlığına bölünerek 100 ile çarpımı sonucunda örneklerdeki yüzde ham yağ miktarı hesaplanmıştır (Akyıldız 1968; AOAC 1998).

3.2.12.d. Ham kül miktarının tayini

Analiz için hazırlanan yem ve balık eti örneklerinden bir miktar tartılarak kül krozelerine aktarılır ve 450–550 °C sabit sıcaklığa ayarlanabilen kül fırınında 4–6 saat yakılır. Desikatörde oda sıcaklığına getirilen yanmış örnekler tekrar tartılarak örnek ağırlığına bölünür ve 100 ile çarpımı sonucunda örneklerdeki yüzde ham kül miktarı hesaplanmıştır (Akyıldız 1968; AOAC 1998).

3.2.13. İstatistik analizler

Çalışmanın sonunda elde edilen tüm verilerin değerlendirilmesi SPSS (1996) paket programında yapılmıştır. Yağ asidi kompozisyonu, büyüme değerleri ve besin maddesi kompozisyonu için One-way ANOVA, enzim aktiviteleri için ise Two-way ANOVA testi uygulanmış, bu test sonucunda önemli çıkan grup ortalamaları arasındaki farklılığı tespit etmek için Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Büyüme Değerlerine İlişkin Sonuçlar

Büyüme oranı, spesifik büyüme oranı, yem değerlendirme oranı ve yaşama oranına ait sonuçlar aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 4.1. Farklı Yağ Kaynakları (Balık Yağı, Soya Lesitini, Oleik Asit, Ketan Tohumu Yağı) ile Beslenen Kahverenkli Alabalık (*S. trutta*)'ın Büyüme Değerlerine Ait Çizelge

	Büyüme Oranı (%)	Spesifik Büyüme Oranı (%)	Yem Değerlendirme Oranı	Yaşama Oranı (%)
Balık yağı (D1)	234,90±10,45 ^a	2,16±0,56 ^a	0,96±0,08 ^a	91,11±1,92 ^a
Lesitin (D2)	254,65±23,82 ^a	2,26±0,15 ^a	0,98±0,03 ^a	94,44±1,93 ^a
Oleik asit (D3)	192,29±21,70 ^b	1,91±0,13 ^b	0,84±0,01 ^b	94,44±1,93 ^a
Ketan tohumu yağı (D4)	242,58±28,90 ^a	2,19±0,15 ^a	0,88±0,07 ^{ab}	93,33±3,34 ^a

$\bar{X} \pm S \bar{X}$ =Ortalama±Ortalamanın Standart Sapması, Farklı harfler birbirinden farklı olan grupları göstermektedir.

Tablo 4.1'den de görüldüğü gibi, D3 grubu büyüme oranı ile spesifik büyüme oranı diğer gruplardan önemli derecede küçük çıkarken, yaşama oranı bakımından gruplar arasında fark olmadığı ortaya çıkmıştır. Yem değerlendirme oranı bakımından D4 grubu ile diğer üç grup arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli olmayıp, sadece D3 grubunun D1 ve D2 gruplarından önemli derecede küçük olduğu görülmüştür ($p<0,05$).

4.2. Besin Maddesi Kompozisyonuna İlişkin Sonuçlar

Araştırma sonunda yapılan besin maddesi kompozisyonu analizlerine göre kül bakımından gruplar arasında farklılık bulunmazken, protein, yağ ve kuru madde bakımından gruplar arasında önemli farklılıklar olduğu görülmüştür (Çizelge 4.5).

Protein bakımından grupların karşılaştırılması yapıldığında D4 grubunun $27,33 \pm 0,13$ ile en yüksek değeri aldığı, D1 ve D2 gruplarının ikinci sırada olduğu ($25,75 \pm 0,34$ ve $25,63 \pm 0,10$) ve D3 grubunun ise $24,58 \pm 0,10$ ile en düşük değeri aldığı görülmektedir. D1 ve D2 grupları arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz çıkarken diğer gruplar arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).

Nem içeriği bakımından gruplara arasında karşılaştırma yapıldığında D1 ve D4 grupları arasında önemli bir fark olmadığı, ancak diğer gruplar arasındaki farkın önemli olduğu görülmüş ve en yüksek değeri $64,21 \pm 0,09$ ile D2 grubunun aldığı, bunu $62,65 \pm 0,15$ ile D3 grubun takip ettiği, D1 grubunun $60,17 \pm 0,14$ değerini ve D4 grubunun da $59,20 \pm 0,15$ değerini aldığı tespit edilmiştir.

Kül bakımından gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamakta ve D1, D2, D3, D4 grupları sırayla $1,76 \pm 0,07$; $1,98 \pm 0,20$; $1,76 \pm 0,03$ ve $1,94 \pm 0,04$ değerlerini almaktadır.

Yağ bakımından gruplar arasında bir karşılaştırma yaptığımızda ise $11,40 \pm 0,21$ ile en yüksek değerin D1 grubunda, en düşük değerin ise $7,20 \pm 0,21$ ile D2 grubunda olduğu D3 ve D4 gruplarının ise bu iki değer arasında değerler aldıkları ($10,05 \pm 0,10$ ve $9,89 \pm 0,06$) görülmektedir. D4 ile D3 grupları arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz bulunurken, diğer gruplar arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).

Çizelge 4.2. Farklı Yağ Kaynakları (Balık Yağı, Soya Lesitini, Oleik Asit, Keten Tohumu Yağı) ile Beslenen Kahverenkli Alabalık (*S. trutta*)’ta Yapılan Besin Maddesi Kompozisyonu Sonuçları

Deneme Grupları	n	Ham Protein (%)	Nem İçeriği (%)	Ham Kül (%)	Ham Yağ (%)
Balık yağı (D1)	3	25,75±0,34 ^b	60,17±0,14 ^c	1,76±0,07 ^a	11,40±0,21 ^a
Soya lesitini (D2)	3	25,63±0,11 ^b	64,21±0,09 ^a	1,98±0,20 ^a	7,20±0,21 ^c
Oleik asit (D3)	3	24,58±0,10 ^c	62,65±0,15 ^b	1,76±0,03 ^a	10,05±0,10 ^b
Keten tohumu yağı (D4)	3	27,33±0,13 ^a	59,20±0,15 ^c	1,94±0,04 ^a	9,89±0,06 ^b

$\bar{X} \pm S \bar{X}$ =Ortalama±Ortalamanın Standart Sapması, Farklı harfler birbirinden farklı olan grupları göstermektedir.

4.3. Enzim Aktivitesine İlişkin Sonuçlar

4.3.1. SOD enzim aktivitesine ilişkin sonuçlar

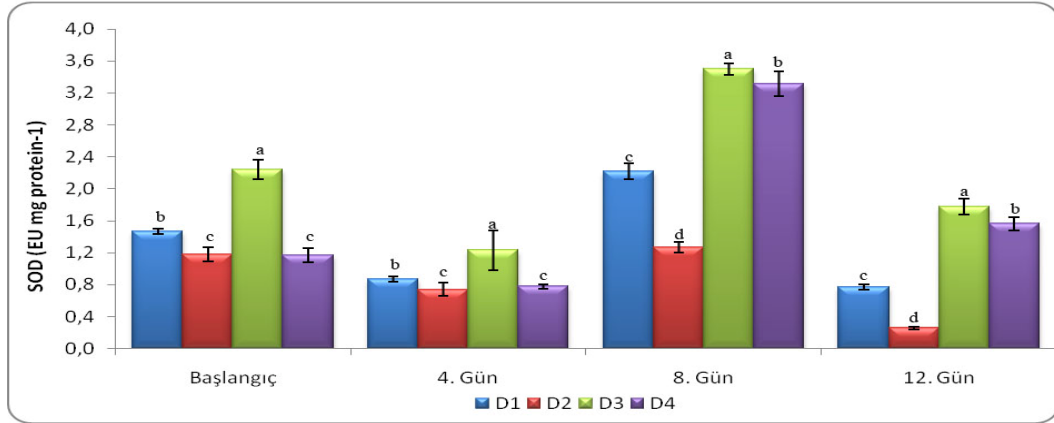
SOD enzim aktivitesinin %0 yem verilen gruplar arasında karşılaştırılması yapıldığında başlangıçta en yüksek değere 2,241±0,12 EU/mg protein ile oleik asit ile beslenen D3 grubunun; en düşük değere ise 1,16±0,09 EU/mg protein ile D4 grubunun sahip olduğu; D2 ve D1 gruplarının ise sırayla 1,18±0,09 EU/mg protein ve 1,47±0,04 EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir (Şekil 4.1). İstatistik analizler neticesinde D2 ve D4 grupları arasındaki fark önemsiz bulunurken diğer gruplar arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0,01$). SOD enzim aktivitesinin 4. gün değerlerine baktığımızda yine en yüksek değer D3 grubunda (1,23±0,25 EU/mg protein) olduğu en düşük değerin ise 0,74±0,08 EU/mg protein bile D2 grubunda olduğu tespit edilmiştir. D1 ve D4 grupları ise sırayla 0,87±0,03 EU/mg protein ve 0,78±0,03 EU/mg protein değerlerini almıştır.

İstatistik analizler neticesinde D2 ve D4 grupları arasındaki fark önemsiz bulunurken diğer gruplar arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0,01$). SOD enzim aktivitesinin 8. gün değerlerine baktığımızda yine en yüksek değerin D3 grubunda ($3,50\pm0,07$ EU/mg protein) olduğu en düşük değerin ise $1,27\pm0,07$ EU/mg protein ile D2 grubunda olduğu tespit edilmiştir. D1 ve D4 grupları ise sırayla $2,22\pm0,10$ EU/mg protein ve $3,31\pm0,15$ EU/mg protein değerlerini almıştır. Gruplar arasındaki bu farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,01$). SOD enzim aktivitesinin 12. gün değerlerine baktığımızda yine en yüksek değerin $1,78\pm0,10$ EU/mg protein D3 grubunda olduğu, bunu $1,56\pm0,08$ EU/mg protein ile D4 grubunun takip ettiği, en düşük değerin ise $0,26\pm0,02$ EU/mg protein ile D2 grubunda olduğu tespit edilmiştir. D1 grubu ise $0,77\pm0,04$ EU/mg protein değerini almış olup, gruplar arasındaki bu farklılık istatistiksel açıdan bulunmuştur ($p<0,01$).

SOD enzim aktivitesinin, %1,3 yem verilen gruplar arasında karşılaştırılması yapıldığında ise başlangıçta en yüksek değere $2,56\pm0,11$ EU/mg protein ile oleik asit ile beslenen D3 grubunun; en düşük değere ise $0,71\pm0,03$ EU/mg protein ile D4 grubunun sahip olduğu; D1 ve D2 gruplarının ise sırayla $1,23\pm0,04$ EU/mg protein ve $1,19\pm0,05$ EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir (Şekil 4.2). İstatistik analizler neticesinde D1 ve D2 grupları arasındaki fark önemsiz; diğerleri arasındaki fark ise önemli bulunmuştur ($p<0,01$). SOD enzim aktivitesinin 4. gün değerlerine baktığımızda yine en yüksek değerin D3 grubunda ($2,18\pm0,048$ EU/mg protein) olduğu en düşük değerin ise $0,56\pm0,03$ EU/mg protein ile D2 grubunda olduğu tespit edilmiştir. D1 ve D4 grupları ise sırayla $1,23\pm0,04$ EU/mg protein ve $0,61\pm0,04$ EU/mg protein değerlerini almıştır. Gruplar arasındaki bu farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,01$). SOD enzim aktivitesinin 8. gün değerlerine baktığımızda yine en yüksek değerin D3 grubunda $2,71\pm0,11$ EU/mg protein olduğu en düşük değerin ise $1,59\pm0,07$ EU/mg protein ile D2 grubunda olduğu tespit edilmiştir. D1 ve D4 grupları ise sırayla $1,76\pm0,04$ EU/mg protein ve $1,87\pm0,098$ EU/mg protein değerlerini almıştır. Gruplar arasındaki bu farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,01$). 12. gün değerlerine baktığımızda yine en yüksek değerin $1,48\pm0,089$ EU/mg protein ile D3

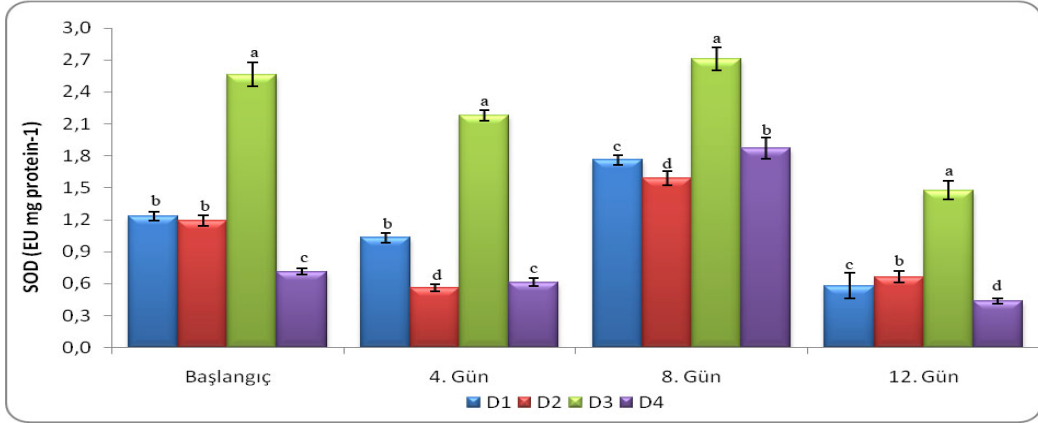
grubunda olduğu en düşük değerin ise $0,44 \pm 0,03$ EU/mg protein ile D4 grubunda olduğu tespit edilmiştir. D1 ve D2 grupları ise sırayla $0,58 \pm 0,12$ EU/mg protein ve $0,66 \pm 0,05$ EU/mg protein değerlerini almıştır. Gruplar arasındaki bu farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0,01$).

SOD enzim aktivitesinin, %2,6 yem verilen gruplar arasında karşılaştırılması yapıldığında; başlangıçta D1 ve D3 gruplarının $1,59 \pm 0,08$ EU/mg protein ile en yüksek değere, D2 grubunun ise $1,44 \pm 0,05$ EU/mg protein ile en düşük değere ve D4 grubunun bunların arasında bir değer olan $1,47 \pm 0,08$ EU/mg protein değerine sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.3). İstatistik analizler sonucunda D1 ve D3 arasındaki fark ile D2 ve D4 arasındaki fark önemsiz; ancak D1 ve D3'ün D2 ve D4 arasındaki farkı önemli olarak belirlenmiştir ($p < 0,01$). SOD enzim aktivitesinin, 4. gün değerlerine baktığımızda, en yüksek değerin $1,41 \pm 0,05$ EU/mg protein ile D1 grubunda olduğu en düşük değerin ise $0,61 \pm 0,02$ EU/mg protein ile D4 grubunda olduğu tespit edilmiştir. D2 ve D3 gruplarının değerleri aynı olup $0,99 \pm 0,08$ EU/mg protein olarak ölçülmüştür. Analizler sonucunda D2 ve D3 grupları arasında fark çıkmazken bu grupların diğer gruplar ile arasında olan farklılık önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). SOD enzim aktivitesinin 8. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değerin D1 grubunda ($1,31 \pm 0,05$ EU/mg protein) olduğu en düşük değerin ise $1,14 \pm 0,03$ EU/mg protein ile D2 grubunda olduğu tespit edilmiştir. D3 ve D4 grupları ise sırayla $1,23 \pm 0,12$ EU/mg protein ve $1,16 \pm 0,07$ EU/mg protein değerlerini almıştır. D1 ile D3 arasındaki fark önemsizken D1'in diğer gruplar arasındaki farkı önemli bulunmuş ($p < 0,01$), ancak D3 grubunun diğer gruplar ile arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. 12. gün değerlerine baktığımızda yine en yüksek değerin $1,36 \pm 0,06$ EU/mg protein ile D1 grubunda olduğu en düşük değerin ise $0,50 \pm 0,03$ EU/mg protein ile D2 grubunda olduğu tespit edilmiştir. D3 ve D4 grupları ise sırayla $0,86 \pm 0,05$ EU/mg protein ve $0,90 \pm 0,03$ EU/mg protein değerlerini almıştır. Gruplar arasındaki bu farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0,01$) (Şekil 4.3)



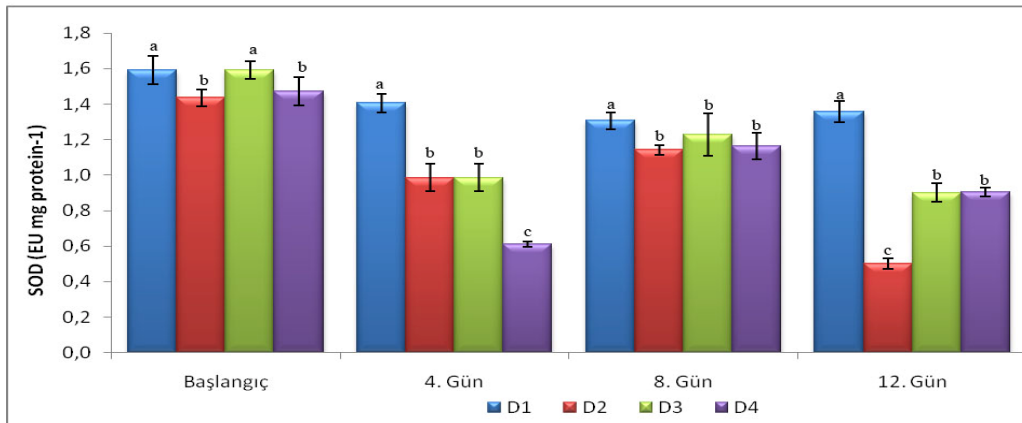
Şekil 4.1. Aç bırakılmış balıklarda SOD enzim aktivitesi değişimleri

*D1: Balık yağı, D2: Soya lesitini, D3: Oleik asit, D4: Keten tohumu yağı



Şekil 4.2. SOD enzim aktivitesinin %1,3 yem verilen gruplara göre değişimi

*D1: Balık yağı, D2: Soya lesitini, D3: Oleik asit, D4: Keten tohumu yağı



Şekil 4.3 SOD enzim aktivitesinin %2,6 yem verilen gruplara göre değişimi

*D1: Balık yağı, D2: Soya lesitini, D3: Oleik asit, D4: Keten tohumu yağı

Diyetlerinde balık yağı bulunan grubun %0'lık yemle beslenen balıkların başlangıç SOD enzim aktivitesi $1,47 \pm 0,04$ olup, en yüksek aktiviteyi $2,22 \pm 0,10$ EU/mg protein ile 8. günde; en düşük aktiviteyi ise $0,77 \pm 0,02$ EU/mg protein ile 12. günde almıştır. SOD enzim aktivitesi 4. günde ise $0,87 \pm 0,03$ EU/mg protein olarak belirlenmiştir (Şekil 4.4). Gruplar arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0,01$). %1,3'lük yemle beslenen grupta ise başlangıç SOD enzim aktivitesi $1,23 \pm 0,04$ olup, en yüksek aktiviteyi $1,75 \pm 0,04$ EU/mg protein ile 8. günde; en düşük aktiviteyi ise $0,58 \pm 0,01$ EU/mg protein ile 12. günde almıştır. SOD enzim aktivitesi 4. günde ise $0,87 \pm 0,03$ EU/mg protein olarak belirlenmiştir. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). %2,6'lık yemle beslenen grupta, en yüksek SOD enzim aktivitesi $1,59 \pm 0,08$ EU/mg protein ile başlangıçta ölçülmüş olup, bu değeri $1,41 \pm 0,05$ ile 4.gün ölçülen aktivite takip etmekte, en düşük değerin ise $1,31 \pm 0,05$ EU/mg protein ile 8. günde olduğu ve 12. gün değerinin ise $1,36 \pm 0,06$ EU/mg protein olduğu tespit edilmiştir. 4. ve 8. gün arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunurken diğer günler arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0,01$).

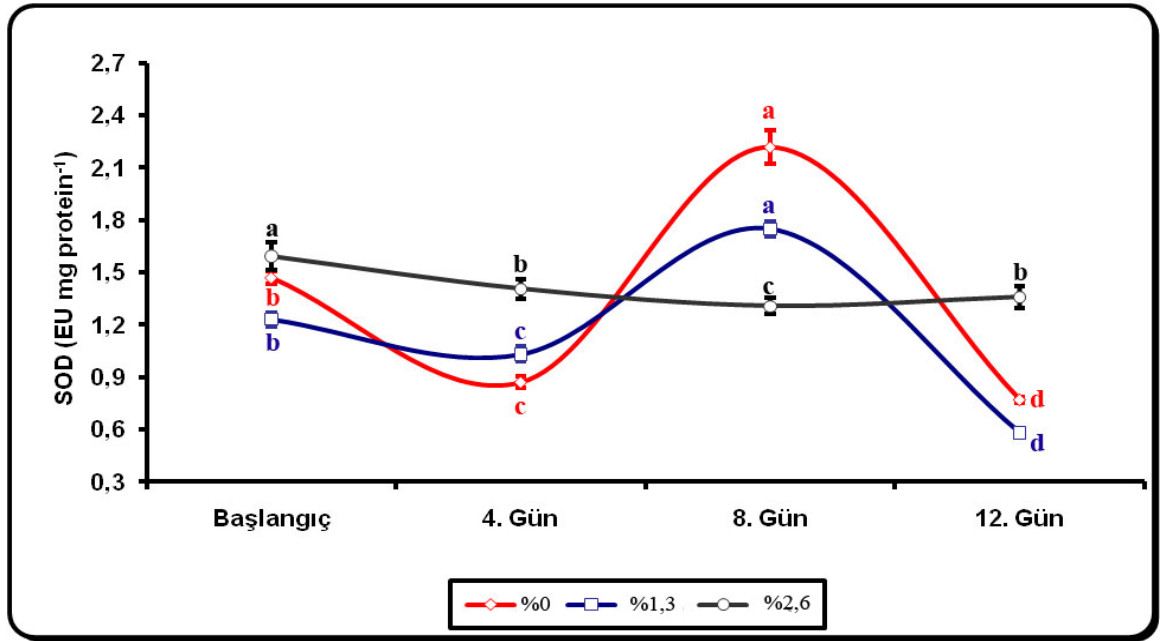
Şekil 4.5'te verilen bulgulara göre diyetlerinde lesitin bulunan grubun balıkların SOD değerlerine bakıldığında %0'lık yemle beslenenlerde başlangıç değeri $1,18 \pm 0,09$ EU/mg protein iken, en yüksek aktiviteyi $1,27 \pm 0,07$ EU/mg protein ile 8. günde, en düşük aktiviteyi ise $0,264 \pm 0,02$ EU/mg protein ile 12. günde göstermiş olup, 4. gün ise $0,744 \pm 0,08$ EU/mg protein değerini almıştır. Gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli olarak bulunmuştur ($p < 0,01$). %1,3'lük yemle beslenen grupta ise başlangıç SOD enzim aktivitesi $1,19 \pm 0,05$ EU/mg protein olup, en yüksek aktiviteyi $1,59 \pm 0,07$ EU/mg protein ile 8. günde; en düşük aktiviteyi ise $0,26 \pm 0,05$ EU/mg protein ile 12. günde almıştır. SOD enzim aktivitesi 4. günde ise $0,56 \pm 0,07$ EU/mg protein olarak belirlenmiştir. Gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli olarak bulunmuştur ($p < 0,01$). %2,6'lık yemle beslenen grupta, en yüksek SOD enzim aktivitesi $1,44 \pm 0,08$ EU/mg protein ile başlangıçta ölçülmüş olup, bu değeri $1,14 \pm 0,03$ EU/mg protein ile 8. gün ölçülen aktivite takip etmekte, en düşük değerin ise $0,50 \pm 0,03$ EU/mg protein ile 12. günde olduğu ve 4. gün değerinin ise $0,99 \pm 0,08$ EU/mg protein olduğu tespit

edilmiştir. Gruplar arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli olarak bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.4).

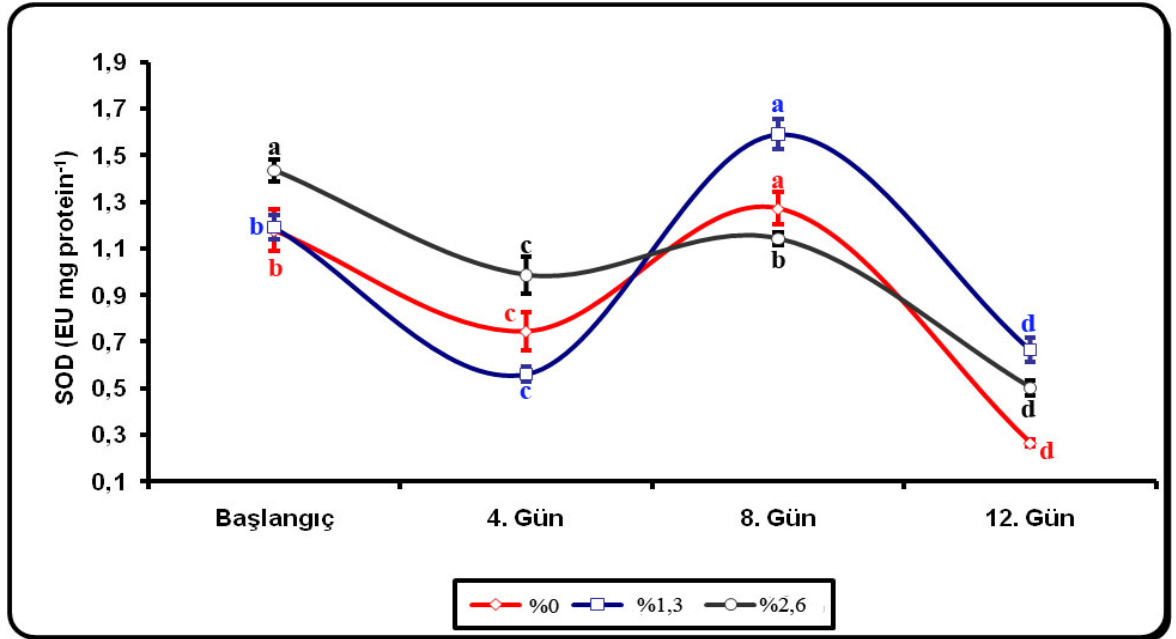
Diyetlerinde oleik asit bulunan grubun balıkların SOD değerlerine bakıldığında %0'lık yemle beslenenlerde başlangıç değeri $2,24\pm0,12$ EU/mg protein olup, en yüksek değerin $3,50\pm0,12$ EU/mg protein ile 8. günde, en düşük değerin ise $1,23\pm0,08$ EU/mg protein ile 4. günde olduğu ve 12. günde ise $1,78\pm0,099$ EU/mg protein olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.6). Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$). %1,3'lük yemle beslenen grupta başlangıç değeri $2,56\pm0,08$ EU/mg protein olup en yüksek değer $2,71\pm0,11$ EU/mg protein ile 8. gün, en düşük değer ise $1,48\pm0,089$ EU/mg protein ile 12. gün görülmüş ve 4. gün ise SOD $2,18\pm0,05$ EU/mg protein değerini almıştır. Gruplar arasındaki bu farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$). %2,6'lık yemle beslenen grupta, en yüksek SOD enzim aktivitesi $1,59\pm0,05$ EU/mg protein ile başlangıçta ölçülmüş olup, bu değeri $1,23\pm0,12$ EU/mg protein ile 8. gün ölçülen aktivite takip etmektedir. En düşük değerin ise $1,50\pm0,03$ EU/mg protein ile 12. günde olduğu ve 4. gün değerinin ise $0,99\pm0,08$ EU/mg protein olduğu tespit edilmiştir. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$).

Diyetlerinde keten tohumu yağı bulunan grubun balıkların SOD değerlerine bakıldığında %0'lık yemle beslenenlerde başlangıç değeri $1,16\pm0,09$ EU/mg protein olup, en yüksek değerin $3,31\pm0,15$ EU/mg protein ile 8. günde, en düşük değerin ise $0,77\pm0,028$ EU/mg protein ile 4. günde olduğu ve 12. günde ise $1,56\pm0,08$ EU/mg protein olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.7). Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$). %1,3'lük yemle beslenen grupta başlangıç değeri $0,71\pm0,03$ EU/mg protein olup en yüksek değer $1,87\pm0,10$ EU/mg protein ile 8. gün, en düşük değer ise $0,44\pm0,03$ EU/mg protein ile 12. gün görülmüş ve 4. gün ise SOD $0,61\pm0,04$ EU/mg protein değerini almıştır. Gruplar arasındaki bu farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$). %2,6'lık yemle beslenen grupta, en yüksek SOD enzim aktivitesi $1,47\pm0,079$ EU/mg protein ile başlangıçta ölçülmüş olup, bu değeri $1,16\pm0,074$ EU/mg protein ile 8. gün ölçülen aktivite takip etmektedir. En düşük

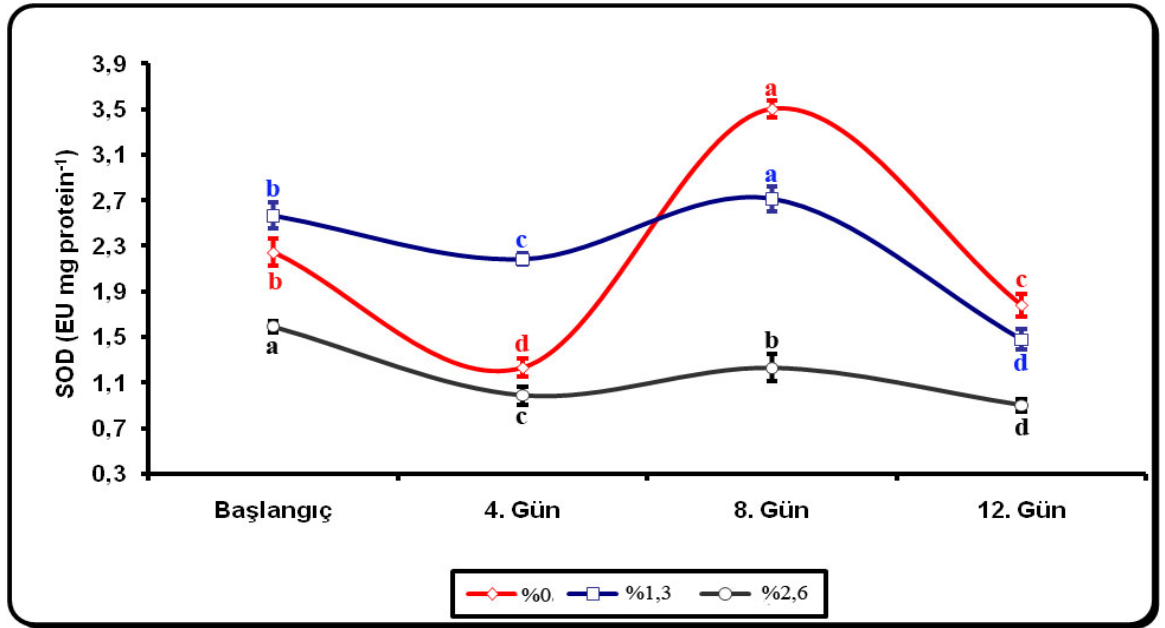
değerin ise $0,61 \pm 0,02$ EU/mg protein ile 4. günde olduğu ve 12. gün değerinin ise $0,90 \pm 0,03$ EU/mg protein olduğu tespit edilmiştir. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$) (Şekil 4.7).



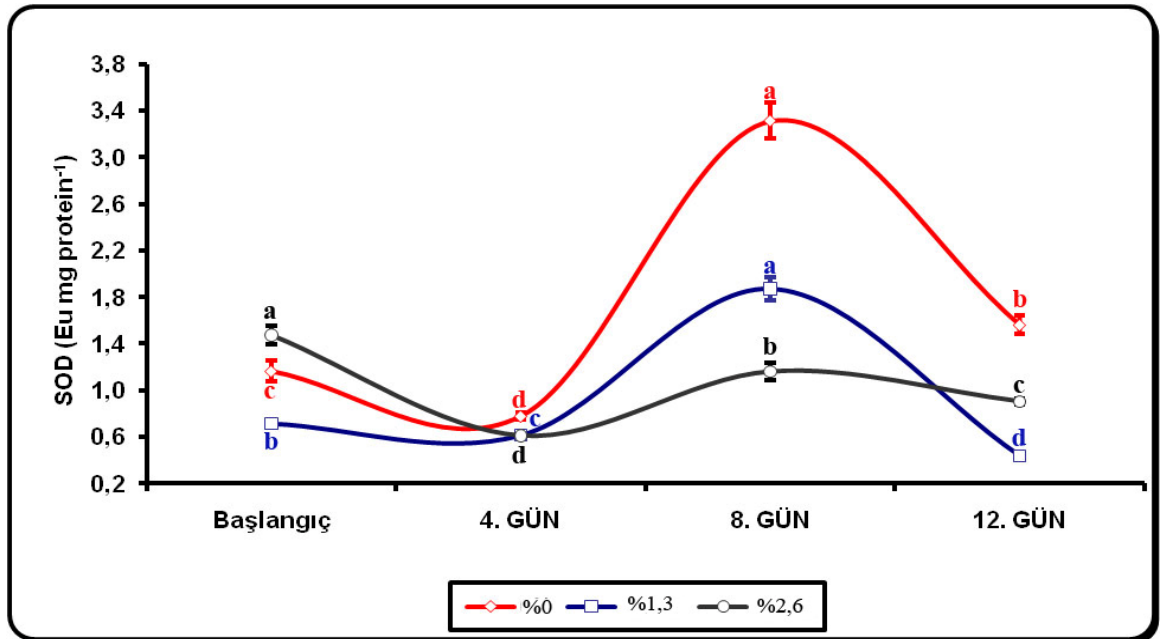
Şekil 4.4. SOD enziminin balık yağı (D1) grubunda yem miktarlarına göre değişimi



Şekil 4.5. SOD enziminin soya lesitini (D2) grubunda yem miktarlarına göre değişimi



Şekil 4.6. SOD enziminin oleik asit (D3) grubunda yem miktarlarına göre değişimi



Şekil 4.7. SOD enziminin keten tohumu yağı (D4) grubunda yem miktarlarına göre değişimi

4.3.2. CAT enzim aktivitesine ilişkin sonuçlar

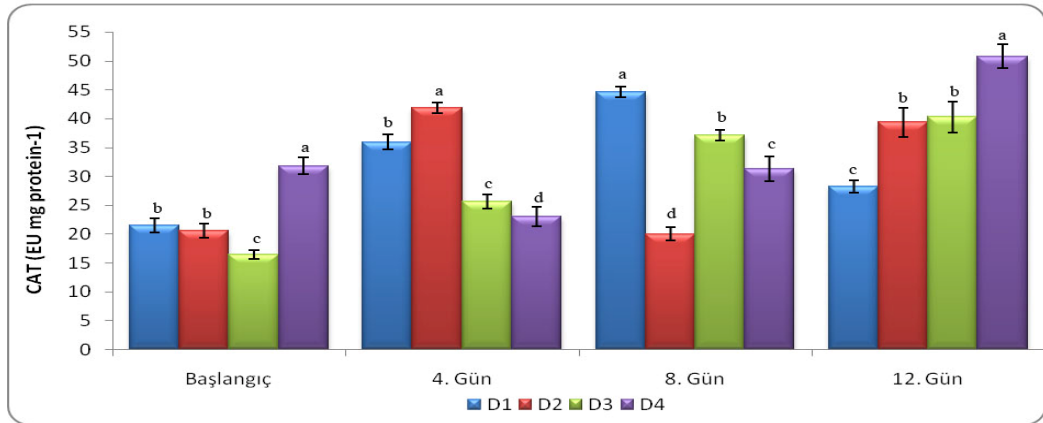
CAT enzim aktivitesinin %0 yem verilen gruplar arasında karşılaştırılması yapıldığında; başlangıçta en yüksek değere $31,78 \pm 1,44$ EU/mg protein ile keten tohumu ile beslenen D4 grubunun; en düşük değere ise $16,45 \pm 0,73$ EU/mg protein ile D3 grubunun sahip olduğu; D1 ve D2 gruplarının ise sırayla $21,56 \pm 1,24$ EU/mg protein ve $20,56 \pm 1,26$ EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir (Şekil 4.8). İstatistik analizler sonucunda D1 ve D2 arasındaki fark önemsiz çıkarken diğer gruplara arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). CAT enzim aktivitesinin 4. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değer D2 grubunda ($41,87 \pm 0,968$ EU/mg protein) olduğu, en düşük değerin ise $23,09 \pm 1,67$ EU/mg protein bile D4 grubunda olduğu tespit edilmiştir. D1 ve D3 grupları ise sırayla $35,96 \pm 1,25$ EU/mg protein ve $25,58 \pm 1,23$ EU/mg protein değerlerini almıştır. Gruplar arasındaki bu farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). CAT enzim aktivitesinin 8. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değerin D1 grubunda ($44,56 \pm 0,93$ EU/mg protein) olduğu en düşük değerin ise $19,99 \pm 1,14$ EU/mg protein bile D2 grubunda olduğu tespit edilmiştir. D3 ve D4 grupları ise sırayla $37,16 \pm 0,91$ EU/mg protein ve $31,27 \pm 2,11$ EU/mg protein değerlerini almıştır. Gruplar arasındaki bu farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). CAT enzim aktivitesinin 12. gün değerlerine baktığımızda ise en yüksek değerin $50,78 \pm 2,06$ EU/mg protein D4 grubunda olduğu, bunu $40,26 \pm 2,69$ EU/mg protein ile D3 grubunun takip ettiği, en düşük değerin ise $28,25 \pm 1,11$ EU/mg protein ile D1 grubunda olduğu tespit edilmiştir. D2 grubu ise $39,35 \pm 2,52$ EU/mg protein değerini almış olup, gruplar arasındaki bu farklılık istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde sadece D2 ile D3 arasındaki farkın önemsiz diğer gruplar arasındaki farkın ise önemli olduğu görülmüştür ($p < 0,01$).

CAT enzim aktivitesinin %1,3 yem verilen gruplar arasında karşılaştırılması yapıldığında; başlangıçta en yüksek değere $26,76 \pm 1,84$ EU/mg protein ile beslenen D2 grubunun; en düşük değere ise $16,96 \pm 1,08$ EU/mg protein ile D3 grubunun sahip olduğu; D1 ve D4 gruplarının ise sırayla $19,59 \pm 1,21$ EU/mg protein ve $24,92 \pm 1,21$

EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir (Şekil 4.9) Gruplar arasındaki bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$). CAT enzim aktivitesinin 4. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değer D1 grubunda ($45,55\pm2,29$ EU/mg protein) olduğu, en düşük değerin ise $20,41\pm1,83$ EU/mg protein ile D4 grubunda olduğu tespit edilmiştir. D2 ve D3 grupları ise sırayla $38,91\pm1,21$ EU/mg protein ve $30,50\pm1,27$ EU/mg protein değerlerini almıştır. Gruplar arasındaki bu farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,01$). CAT enzim aktivitesinin 8. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değerin D1 grubunda ($51,35\pm1,40$ EU/mg protein) olduğu en düşük değerin ise $21,69\pm1,63$ EU/mg protein ile D2 grubunda olduğu tespit edilmiştir. D3 ve D4 grupları ise sırayla $35,86\pm1,44$ EU/mg protein ve $23,27\pm1,34$ EU/mg protein değerlerini almıştır. İstatistik analizler neticesinde D2 ile D4 arasındaki farkın önemsiz, diğer gruplar arasındaki farkın önemli olduğu bulunmuştur ($p<0,01$). CAT enzim aktivitesinin 12. gün değerlerine baktığımızda ise en yüksek değerin $44,33\pm1,91$ EU/mg protein D4 grubunda olduğu, bunu $43,124\pm1,97$ EU/mg protein ile D3 grubunun takip ettiği, en düşük değerin ise $33,04\pm1,21$ EU/mg protein ile D1 grubunda olduğu tespit edilmiştir. D2 grubu ise $41,51\pm1,80$ EU/mg protein değerini almış olup, D1 grubu istatistiksel olarak tüm gruplardan önemli derecede küçük bulunmuş ($p<0,01$), D2 ile D3 arasındaki fark önemsiz, D3 ile D4 arasındaki fark önemsiz, D2 ile D4 arasındaki fark ise önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.9).

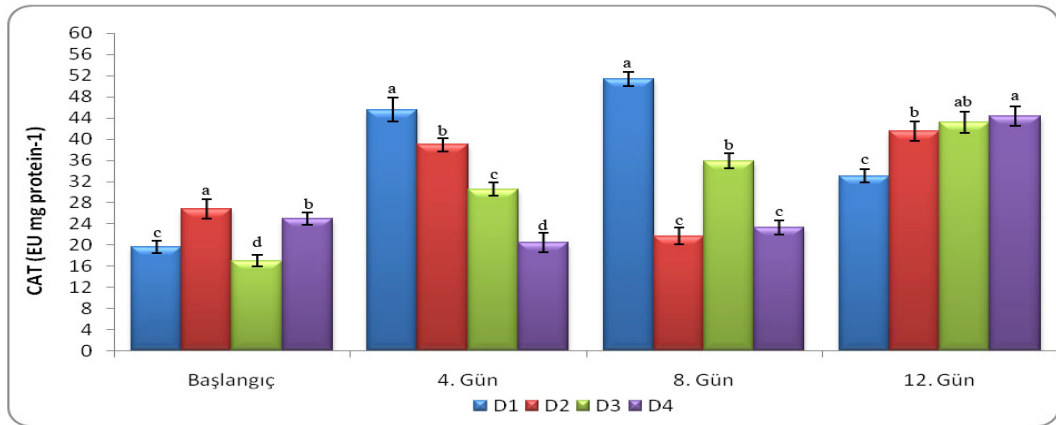
CAT enzim aktivitesinin %2,6 yem verilen gruplar arasında karşılaştırılması yapıldığında; başlangıçta en yüksek değere $40,32\pm2,08$ EU/mg protein ile beslenen D4 grubunun; en düşük değere ise $21,37\pm2,04$ EU/mg protein ile D3 grubunun sahip olduğu; D1 ve D2 gruplarının ise sırayla $28,76\pm2,19$ EU/mg protein ve $34,04\pm2,13$ EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir (Şekil 4.10). Gruplar arasındaki bu fark istatistiksel olarak önemli çıkmıştır ($p<0,01$). CAT enzim aktivitesinin 4. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değerin D4 grubunda ($39,33\pm1,60$ EU/mg protein) olduğu, en düşük değerin ise $25,40\pm0,66$ EU/mg protein ile D3 grubunda olduğu tespit edilmiştir. D1 ve D2 grupları ise sırayla $34,82\pm1,84$ EU/mg protein ve $31,94\pm1,53$ EU/mg protein değerlerini almıştır. Gruplar arasındaki bu farklılık istatistiksel açıdan

önemli bulunmuştur ($p<0,01$). CAT enzim aktivitesinin 8. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değerin D2 grubunda ($41,21\pm1,27$ EU/mg protein) olduğu, en düşük değerin ise $27,98\pm2,335$ EU/mg protein ile D3 grubunda olduğu tespit edilmiştir. D1 ve D4 grupları ise sırayla $32,84\pm0,87$ EU/mg protein ve $34,50\pm0,99$ EU/mg protein değerlerini almıştır. İstatistik analizler sonucunda D1 ile D4 grubu arasındaki fark önemsiz bulunurken diğer tüm gruplar arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0,01$). CAT enzim aktivitesinin 12. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değerin D4 grubunda ($39,29\pm2,078$ EU/mg protein) olduğu, en düşük değerin ise $25,72\pm1,19$ EU/mg protein ile D3 grubunda olduğu tespit edilmiştir. D1 ve D2 grupları ise sırayla $35,64\pm1,91$ EU/mg protein ve $37,39\pm0,88$ EU/mg protein değerlerini almıştır. İstatistiksel analizlere bakıldığında D1 ile D4 arasındaki fark önemsiz, D2 ile D4 arasındaki fark önemsiz, ancak D1 ile D2 arasındaki fark ve D3'ün diğer gruplarla arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.10).



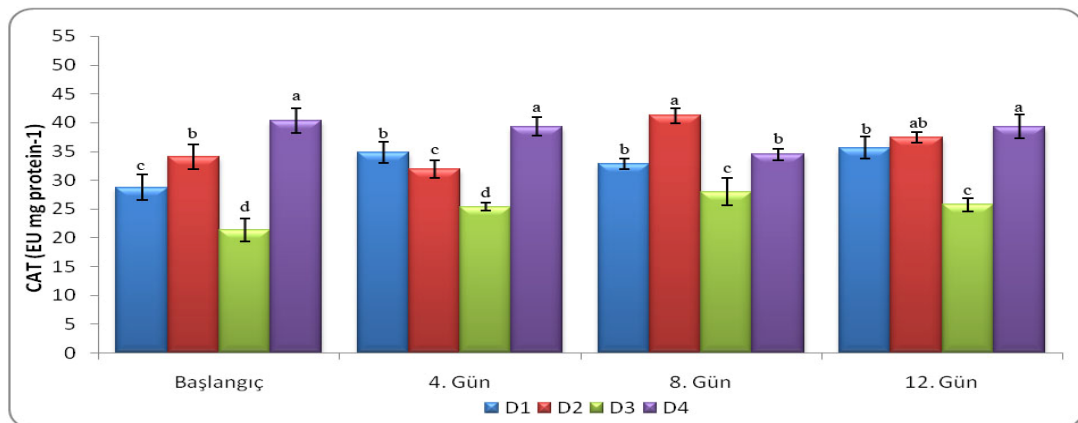
Şekil 4.8. CAT enzim aktivitesinin yem verilmeyen gruplara göre değişimi

*D1: Balık yağı, D2: Soya lesitini, D3: Oleik asit, D4: Keten tohumu yağı



Şekil 4.9. CAT enzim aktivitesinin %1,3 yem verilen gruplara göre değişimi

*D1: Balık yağı, D2: Soya lesitini, D3: Oleik asit, D4: Keten tohumu yağı



Şekil 4.10. CAT enzim aktivitesinin %2,6 yem verilen gruplara göre değişimi

*D1: Balık yağı, D2: Soya lesitini, D3: Oleik asit, D4: Keten tohumu yağı

D1 (diyetlerinde balık yağı bulunan) grubunun %0'lık yemle beslenen balıkların başlangıç CAT enzim aktivitesi $21,556 \pm 1,24$ EU/mg protein ile en düşük değere sahip olurken, en yüksek aktiviteyi $44,564 \pm 0,93$ EU/mg protein ile 8. günde gösterdiği belirlenmiştir. CAT enzim aktivitesi 4. ve 12. günlerde ise sırayla $35,96 \pm 1,25$ EU/mg protein ve $28,25 \pm 1,11$ EU/mg protein değerlerini almıştır (Şekil 4.11). Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). %1,3'lük yemle beslenen grupta ise başlangıç CAT enzim aktivitesi $19,59 \pm 1,21$ EU/mg protein olup, yine en düşük değeri almıştır. En yüksek aktiviteyi ise $51,35 \pm 1,40$ EU/mg protein ile 8. günde göstermiş olan CAT enzimi 4. günde $45,50 \pm 2,29$ EU/mg protein ve 12. günde ise $33,04 \pm 1,21$ EU/mg protein değerlerini almıştır. İstatistik analizler neticesinde 8. ve 12. günler arasındaki fark önemsiz, diğer günler ölçülen aktiviteler arasındaki fark önemli olarak belirlenmiştir ($p < 0,01$). %2,6'lık yemle beslenen grupta, en yüksek CAT enzim aktivitesi $35,64 \pm 1,91$ EU/mg protein ile 12. günde ölçülmüş olup, bu değeri $34,82 \pm 1,84$ EU/mg protein ile 4. gün ölçülen aktivite takip etmekte, en düşük değer ise $28,76 \pm 2,19$ EU/mg protein ile başlangıçta olduğu ve 8. gün değerinin ise $32,84 \pm 0,87$ EU/mg protein olduğu tespit edilmiştir. Diğer günlerle karşılaştırıldığında başlangıç değeri istatistiksel açıdan diğer günlerde ölçülen değerlerden önemli derecede küçük çıkarken ($p < 0,01$) diğer günlerin kendi aralarındaki fark ise önemsiz bulunmuştur (Şekil 4.11).

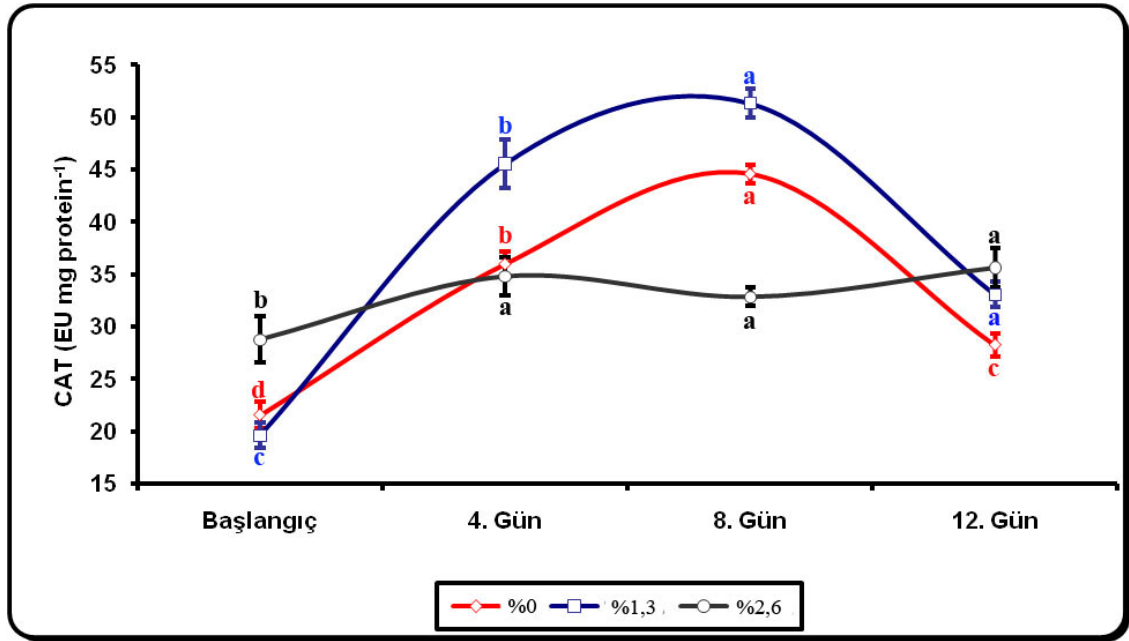
D2 (soya lesitini ile beslenen) grubundaki balıkların CAT enzim aktivitesi değerlerine bakıldığında %0'lık yemle beslenenlerde başlangıç değeri $20,56 \pm 1,26$ EU/mg protein iken, en yüksek aktiviteyi $41,87 \pm 0,97$ EU/mg protein ile 4. günde, en düşük aktiviteyi ise $19,99 \pm 1,14$ EU/mg protein ile 8. günde göstermiş olup, 12. gün ise $39,35 \pm 2,52$ EU/mg protein değerini almıştır. Başlangıç ve 8. gün değerleri arasındaki fark önemsiz bulunurken diğer günlerle aradaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0,01$). %1,3'lük yemle beslenen grupta ise başlangıç CAT enzim aktivitesi $26,77 \pm 1,84$ EU/mg protein olup, en yüksek aktiviteyi $41,51 \pm 1,80$ EU/mg protein ile 12. günde; en düşük aktiviteyi ise $21,69 \pm 0,63$ EU/mg protein ile 8. günde almıştır. CAT enzim aktivitesi 4. günde ise $38,91 \pm 1,21$ EU/mg protein olarak belirlenmiştir (Şekil 4.12). Gruplar

arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$). %2,6'lık yemle beslenen grupta, en yüksek CAT enzim aktivitesi 8. günde $41,21\pm1,27$ EU/mg protein olarak ölçülmüş olup, bu değeri $37,39\pm0,88$ EU/mg protein ile 12. gün ölçülen aktivite takip etmekte, en düşük değerin ise $31,94\pm1,53$ EU/mg protein ile 4. günde olduğu ve başlangıç değerinin ise $34,036\pm2,13$ EU/mg protein olduğu tespit edilmiştir. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.12).

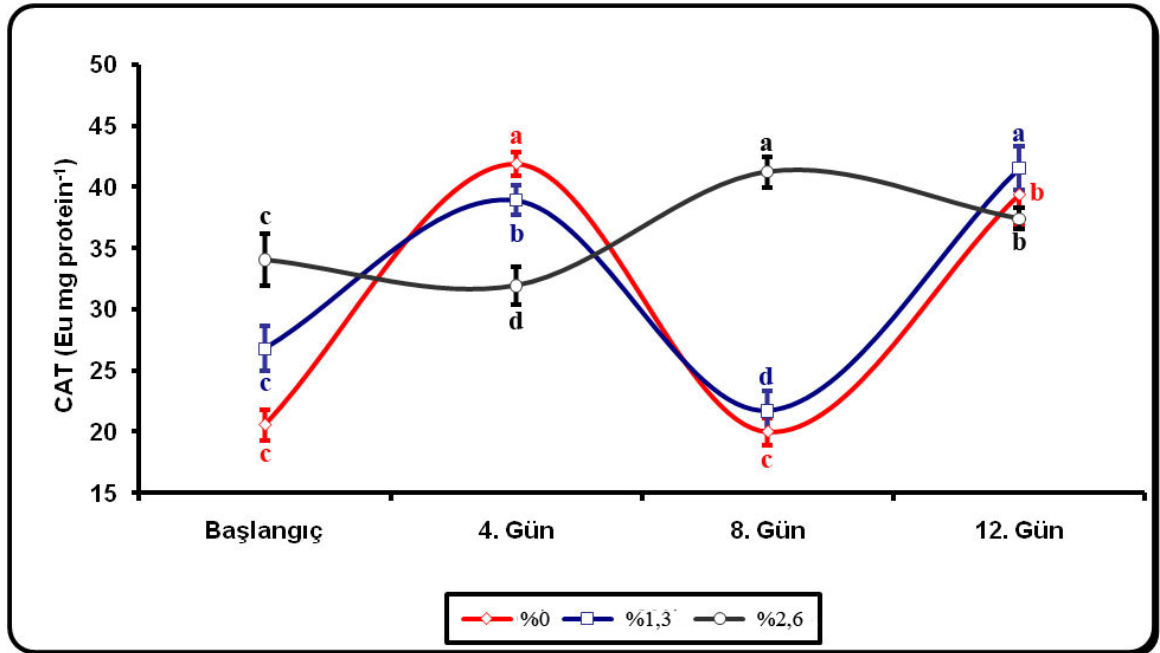
D3 (oleik asit ile beslenen) grubundaki balıkların CAT enzim aktivitesi değerlerine bakıldığında %0'lık yemle beslenenlerde en düşük aktivite $16,45\pm0,73$ EU/mg protein ile başlangıçta görülürken, en yüksek aktivite $40,26\pm2,69$ EU/mg protein ile 12. günde görülmüştür. CAT enzim aktivitesinin 4. ve 8. gün değerleri ise sırayla $25,58\pm1,23$ EU/mg protein ile $37,16\pm0,91$ EU/mg protein olarak belirlenmiştir (Şekil 4.13). Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$). %1,3'lük yemle beslenen grupta ise başlangıç CAT enzim aktivitesi $16,963\pm1,083$ EU/mg protein olup en düşük değere sahiptir. En yüksek değer ise $43,12\pm1,967$ EU/mg protein ile 12. gün olup, 4. gün bu değer $30,50\pm1,270$ EU/mg protein; 8. gün ise $35,86\pm1,44$ EU/mg protein olarak belirlenmiştir. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$). %2,6'lık yemle beslenen grupta, en yüksek CAT enzim aktivitesi 8. günde $27,98\pm2,34$ EU/mg protein olarak ölçülmüş olup, bu değeri $37,39\pm0,884$ EU/mg protein ile 12. gün ölçülen aktivite takip etmekte, en düşük değerin ise $21,369\pm2,04$ EU/mg protein ile başlangıçta olduğu ve 4. gün değerinin $25,40\pm0,66$ EU/mg protein; 12. gün ise $25,72\pm1,90$ EU/mg protein olduğu tespit edilmiştir. Gruplar arasında sadece başlangıç değerinin diğerlerinden önemli dercede düşük olduğu görülmüştür ($p<0,01$) (Şekil 4.13).

D4 (keten tohumu yağı ile beslenen) grubundaki balıkların CAT enzim aktivitesi değerlerine bakıldığında %0'lık yemle beslenenlerde en düşük aktivite $23,091\pm1,67$ EU/mg protein ile 4. günde görülürken, en yüksek aktivite $50,776\pm2,06$ EU/mg protein ile 12. günde görülmüştür. CAT enzim aktivitesinin başlangıç ve 8. gün değerleri ise sırayla $31,78\pm1,44$ EU/mg protein ile $31,27\pm2,11$ EU/mg protein olarak belirlenmiştir

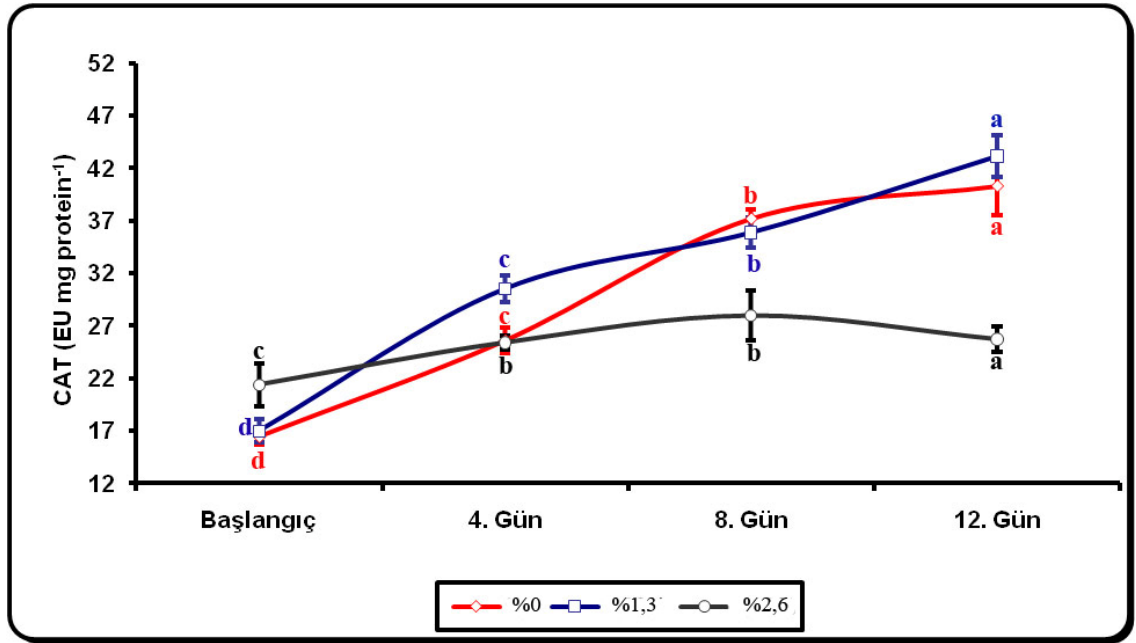
(Şekil 4.14). İstatistik analizleri sonucunda başlangıç ve 4. gün arasındaki fark önemsiz bulunurken diğer tüm değerler arasındaki farklar önemli bulunmuştur ($p<0,01$). %1,3'lük yemle beslenen grupta ise 4. gün CAT enzim aktivitesi $20,41\pm1,83$ EU/mg protein olup en düşük değere sahiptir. En yüksek değer ise $44,33\pm1,91$ EU/mg protein ile 12. gün olup, 8. gün bu değer $23,27\pm1,38$ EU/mg protein; başlangıçta ise $24,92\pm1,21$ EU/mg protein olarak belirlenmiştir. Başlangıç ile 8. gün arasındaki fark önemsizken diğer tüm değerler arasındaki farklar önemli bulunmuştur ($p<0,01$). %2,6'lık yemle beslenen grupta, en yüksek CAT enzim aktivitesi başlangıçta, $40,32\pm2,08$ EU/mg protein olarak ölçülmüş olup, bu değeri $39,33\pm1,60$ EU/mg protein ile 4. gün ölçülen aktivite takip etmektedir. En düşük değer ise $34,50\pm0,99$ EU/mg protein ile 8. günde olduğu ve 12. gün değerinin ise $39,29\pm2,08$ EU/mg protein olduğu tespit edilmiştir. İstatistik analizler sonucunda sadece 8. gün değerinin diğerlerinden önemli derecede küçük olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$) (Şekil 4.14).



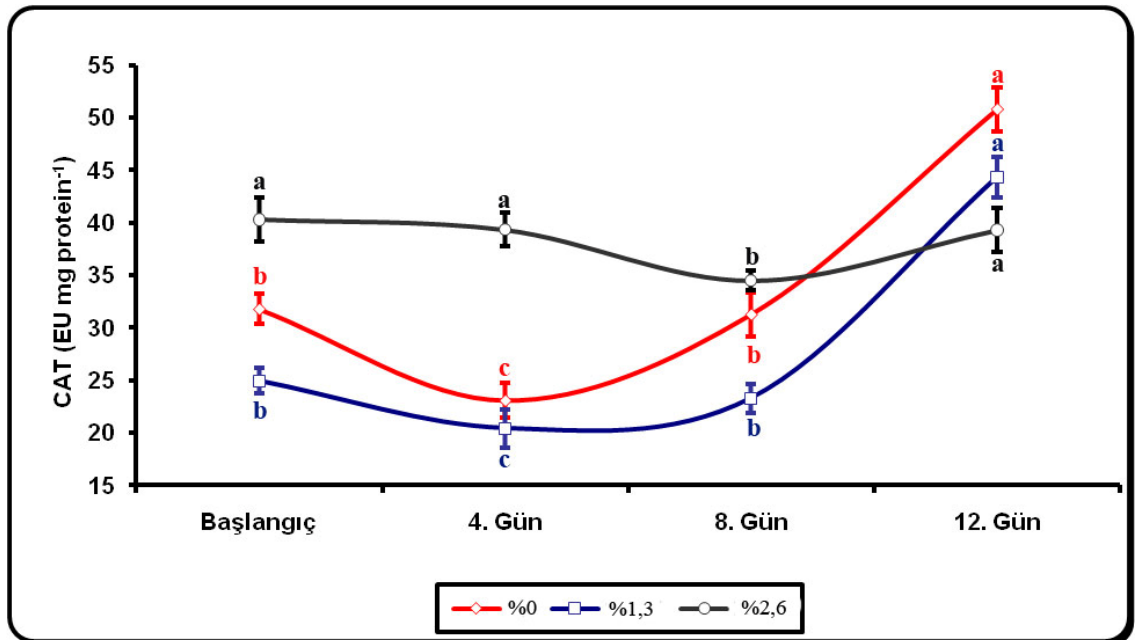
Şekil 4.11. CAT enziminin balık yağı (D1) grubunda yem miktarlarına göre değişimi



Şekil 4.12. CAT enziminin soya lesitini (D2) grubunda yem miktarlarına göre değişimi



Şekil 4.13. CATenziminin oleik asit (D3) grubunda yem miktarlarına göre değişimi



Şekil 4.14. CAT enziminin keten tohumu yağı (D4) grubunda yem miktarlarına göre değişimi

4.3.3. GPx enzim aktivitesine ilişkin sonuçlar

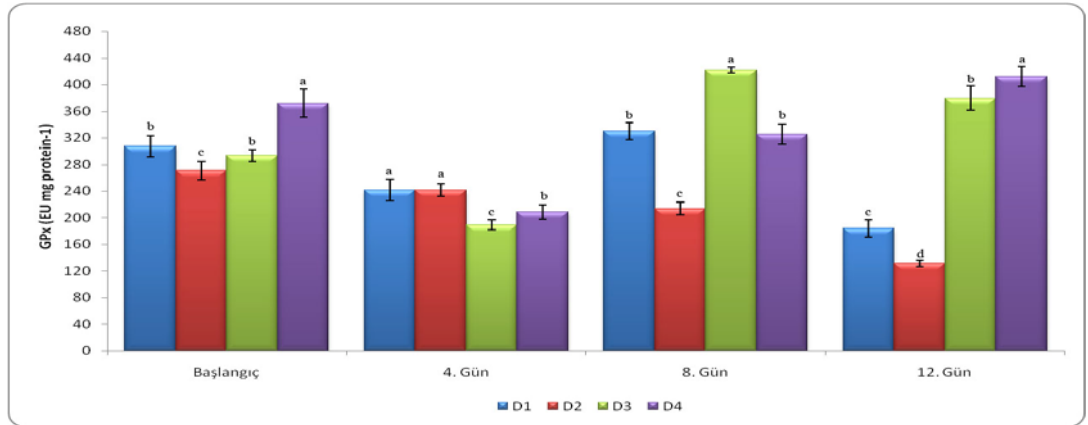
GPx enzim aktivitesinin %0 yem verilen gruplar arasında karşılaştırılması yapıldığında; başlangıçta en yüksek değere $371,17 \pm 21,06$ EU/mg protein ile keten tohumu ile beslenen D4 grubunun; en düşük değere ise $270,97 \pm 13,83$ EU/mg protein ile D2 grubunun sahip olduğu; D1 ve D3 gruplarının ise sırayla $307,16 \pm 16,19$ EU/mg protein ve $293,23 \pm 8,78$ EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir (Şekil 4.15). İstatistiksel olarak D1 ile D3 arasındaki fark önemsiz, diğer gruplar arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). GPx enzim aktivitesinin 4. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değer D1 grubunda ($241,45 \pm 15,93$ EU/mg protein) olduğu, en düşük değerin ise $189,03 \pm 7,53$ EU/mg protein bile D3 grubunda olduğu tespit edilmiştir. D2 ve D4 grupları ise sırayla $241,43 \pm 9,62$ EU/mg protein ve $208,61 \pm 10,70$ EU/mg protein değerlerini almıştır. İstatistik analizler sonucunda D1 ve D2 gruplarının farksız olduğu, ancak diğer gruplar arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0,01$). GPx enzim aktivitesinin 8. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değerin D3 grubunda ($421,63 \pm 3,89$ EU/mg protein) olduğu en düşük değerin ise $213,73 \pm 9,37$ EU/mg protein bile D2 grubunda olduğu tespit edilmiştir. D1 ve D4 grupları ise sırayla $329,69 \pm 12,88$ EU/mg protein ve $325,34 \pm 15,57$ EU/mg protein değerlerini almıştır. İstatistik analizler sonucunda D1 ve D4 gruplarının farksız olduğu, ancak diğer gruplar arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0,01$). GPx enzim aktivitesinin 12. gün değerlerine baktığımızda ise en yüksek değerin $411,63 \pm 14,69$ EU/mg protein b D4 grubunda olduğu, bunu $379,44 \pm 18,20$ EU/mg protein ile D3 grubunun takip ettiği, en düşük değerin ise $131,15 \pm 4,69$ EU/mg protein ile D2 grubunda olduğu tespit edilmiştir. D1 grubu ise $183,49 \pm 12,59$ EU/mg protein değerini almış olup, gruplar arasındaki bu farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0,01$) (Şekil 4.15).

GPx enzim aktivitesinin %1,3 yem verilen gruplar arasında karşılaştırılması yapıldığında; başlangıçta en yüksek değere $362,69 \pm 11,59$ EU/mg protein ile oleik asit ile beslenen D3 grubunun; en düşük değere ise $268 \pm 13,98$ EU/mg protein ile D1 grubunun sahip olduğu; D2 ve D4 gruplarının ise sırayla $317,67 \pm 6,56$ EU/mg protein ve

358±18,31 EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir (Şekil 4.16). İstatistik analizler sonucunda D3 ve D4 gruplarının farksız olduğu, ancak diğer gruplararsındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$). GPx enzim aktivitesinin 4. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değer D3 grubunda (319,29±8,98 EU/mg protein) olduğu, en düşük değer ise 228,29±12,35 EU/mg protein ile D4 grubunda olduğu tespit edilmiştir. D1 ve D2 grupları ise sırayla 277,23±16,22 EU/mg protein ve 270,24±12,79 EU/mg protein değerlerini almıştır. İstatistik analizler sonucunda D1 ve D2 gruplarının farksız olduğu, ancak diğer gruplararsındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$). GPx enzim aktivitesinin 8. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değer D3 grubunda (411,59±18,28 EU/mg protein) olduğu en düşük değer ise 135,49±9,61 EU/mg protein ile D4 grubunda olduğu tespit edilmiştir. D1 ve D2 grupları ise sırayla 365,64±12,09 EU/mg protein ve 238,54±13,37 EU/mg protein değerlerini almıştır. Gruplar arasındaki bu farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,01$) GPx enzim aktivitesinin 12. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değer D3 grubunda (443,99±24,334 EU/mg protein) olduğu en düşük değer ise 223,42±4,33 EU/mg protein ile D1 grubunda olduğu tespit edilmiştir. D2 ve D4 grupları ise sırayla 296,453±8,46 EU/mg protein ve 265,05±17,69 EU/mg protein değerlerini almıştır. Gruplar arasındaki bu farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.16).

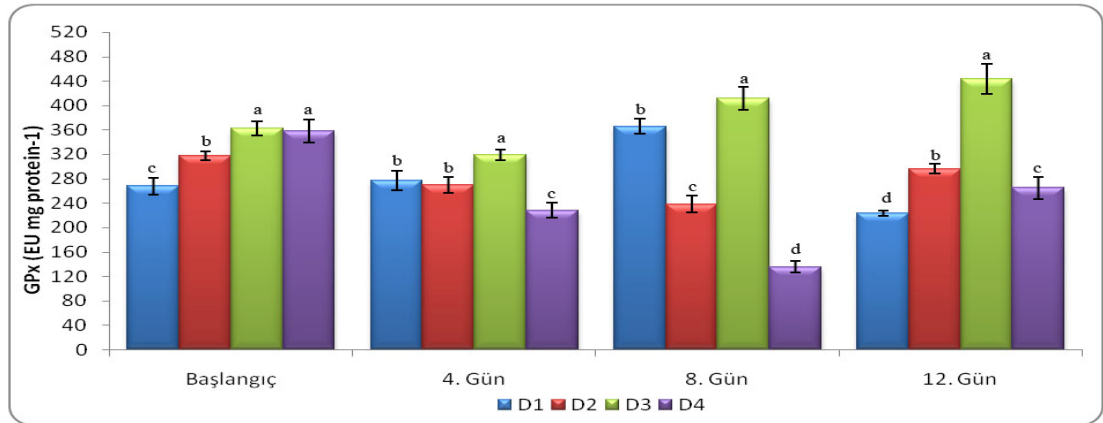
GPx enzim aktivitesinin %2,6 yem verilen gruplar arasında karşılaştırılması yapıldığında; başlangıçta en yüksek değere 331,26±9,99 EU/mg protein ile kten tohumu yağı ile beslenen D4 grubunun; en düşük değere ise 272,389±10,16 EU/mg protein ile D1 grubunun sahip olduğu; D2 ve D3 gruplarının ise sırayla 311,47±11,53 EU/mg protein ve 316,15±10,11 EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir (Şekil 4.17). İstatistik analizler sonucunda D2 ve D3 gruplarının farksız olduğu, ancak diğer gruplar arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$). GPx enzim aktivitesinin 4. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değer D3 grubunda (281,09±3,45 EU/mg protein) olduğu, en düşük değer ise 186,79±9,51 EU/mg protein ile D4 grubunda olduğu tespit edilmiştir. D1 ve D2 grupları ise sırayla 257,55±7,97 EU/mg protein ve 267,65±11,63

EU/mg protein değerlerini almıştır. İstatistik analizler sonucunda D3 ve D4 gruplarının farksız olduğu, ancak diğer gruplar arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$). GPx enzim aktivitesinin 8. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değerin D3 grubunda $340,90\pm17,03$ EU/mg protein) olduğu, en düşük değerin ise $204,84\pm7,96$ EU/mg protein ile D2 grubunda olduğu tespit edilmiştir. D1 ve D4 grupları ise sırayla $285,38\pm10,23$ EU/mg protein ve $231,94\pm10,74$ EU/mg protein değerlerini almıştır. İstatistik analizler sonucunda D2 ve D4 gruplarının farksız olduğu, ancak diğer gruplararsındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$). GPx enzim aktivitesinin 12. gün değerlerine baktığımızda ise en yüksek değerin $331,52\pm7,29$ EU/mg protein D3 grubunda olduğu, bunu $287,27\pm8,00$ EU/mg protein ile D1 grubunun takip ettiği, en düşük değerin ise $226,84\pm13,90$ EU/mg protein ile D4 grubunda olduğu tespit edilmiştir. D2 grubu ise $237,12\pm14,12$ EU/mg protein değerini almış olup, istatistik analizler sonucunda D2 ve D4 gruplarının farksız olduğu, ancak diğer gruplar arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$) (Şekil 4.17).



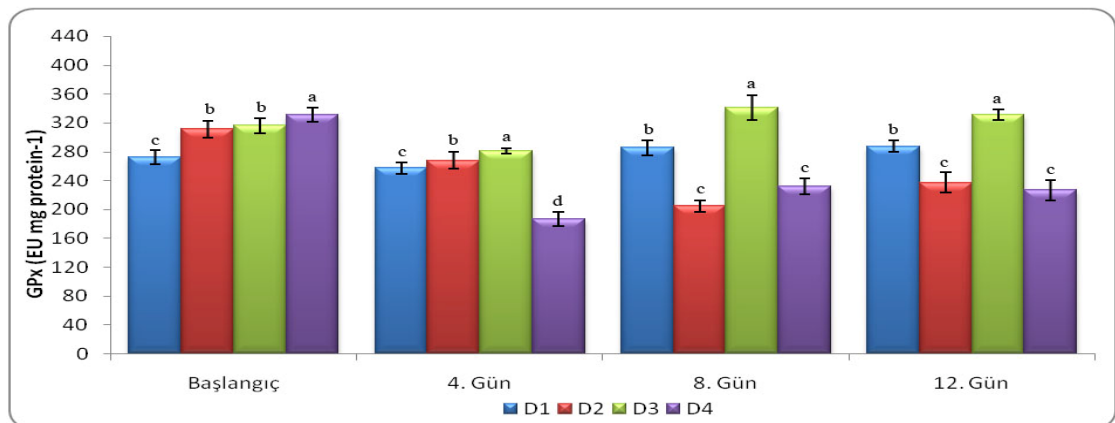
Şekil 4.15. GPx enzim aktivitesinin yem verilmeyen gruplara göre değişimi

*D1: Balık yağı, D2: Soya lesitini, D3: Oleik asit, D4: Keten tohumu yağı



Şekil 4.16. GPx enzim aktivitesinin %1,3 yem verilen gruplara göre değişimi

*D1: Balık yağı, D2: Soya lesitini, D3: Oleik asit, D4: Keten tohumu yağı



Şekil 4.17. GPx enzim aktivitesinin %2,6 yem verilen gruplara göre değişimi

*D1: Balık yağı, D2: Soya lesitini, D3: Oleik asit, D4: Keten tohumu yağı

D1 (diyetlerinde balık yağı bulunan) grubunun %0'lık yemle beslenen balıkların 12. gün GPx enzim aktivitesi $183,49 \pm 12,590$ EU/mg protein ile en düşük değere sahip olurken, en yüksek aktiviteyi $329,69 \pm 12,877$ EU/mg protein ile 8. günde gösterdiği belirlenmiştir. GPx enzim aktivitesi başlangıçta $307,16 \pm 16,19$ EU/mg protein ve 4. Gün ise $241,45 \pm 15,93$ EU/mg protein değerlerini almıştır (Şekil 4.18). Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,01$). %1,3'lük yemle beslenen grupta ise başlangıç GPx enzim aktivitesi $268 \pm 13,984$ EU/mg protein olup, en düşük değeri $223,42 \pm 4,32$ EU/mg protein ile 12. günde alırken, en yüksek aktiviteyi ise $365,64 \pm 12,09$ EU/mg protein ile 8. günde göstermiş; 4. gün ise $277,23 \pm 16,22$ EU/mg protein değerini almıştır. Başlangıç GPx enzim aktivitesi ile 4. gün arasındaki fark önemsiz, diğer günlerle arasındaki fark önemli olarak bulunmuştur ($p < 0,01$). %2,6'lık yemle beslenen grupta, en yüksek GPx enzim aktivitesi $287,27 \pm 8,00$ EU/mg protein ile 12. günde ölçülmüş olup, bu değeri $285,32 \pm 10,23$ EU/mg protein ile 8. gün ölçülen aktivite takip En düşük değer $257,55 \pm 7,97$ EU/mg protein ile 4. günde olduğu ve başlangıç değerinin ise $272,39 \pm 10,16$ EU/mg protein olduğu tespit edilmiştir. Başlangıç GPx enzim aktivitesi ile 8. gün arasındaki fark ve 8. gün ile 12. gün arasındaki fark istatistiksel olarak önemli derecede farklı çıkmazken. 4. gün GPx enzim aktivitesi ile başlangıç arasındaki fark ve 4. gün GPx enzim aktivitesi ile 8. ve 12. gün arasındaki fark istatistiksel olarak önemli olarak tespit edilmiştir ($p < 0,01$) (Şekil 4.18).

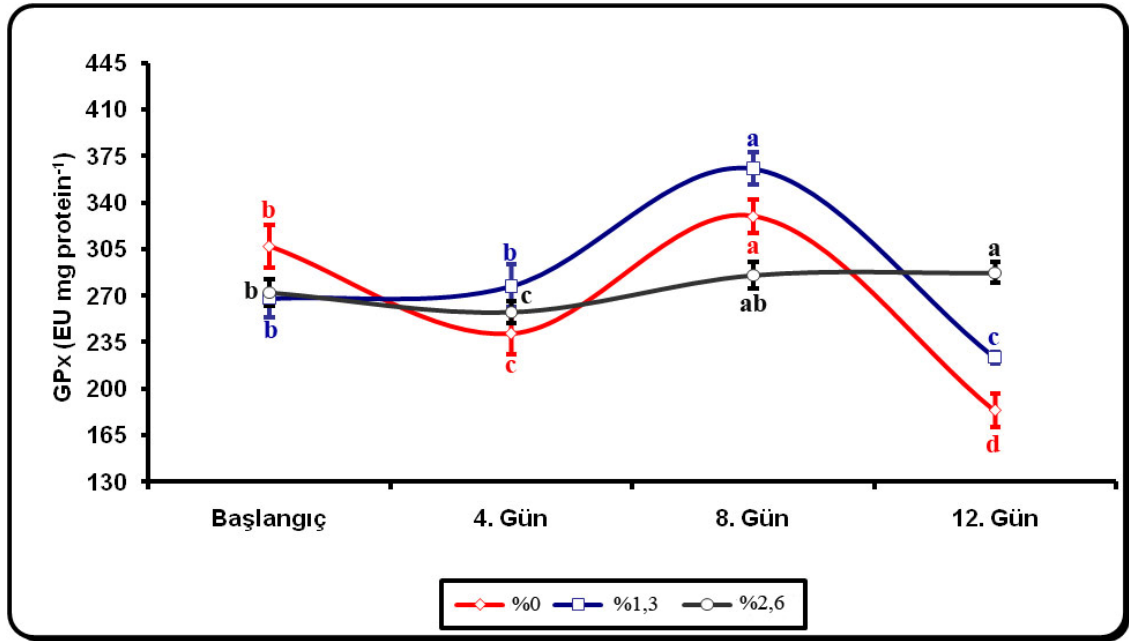
D2 grubunda verilen bulgulara göre %0'lık yemle beslenen balıkların 8. gün GPx enzim aktivitesi $213,73 \pm 9,38$ EU/mg protein ile en düşük değere sahip olurken, en yüksek aktiviteyi $271,15 \pm 4,69$ EU/mg protein ile 12. günde gösterdiği belirlenmiştir. GPx enzim aktivitesi başlangıçta $270,97 \pm 13,82$ EU/mg protein ve 4. gün ise $241,44 \pm 9,62$ EU/mg protein değerlerini almıştır (Şekil 4.19). Analizler sonucunda başlangıç ile 12. gün değerleri arasındaki fark önemsiz çıkarken diğer değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). %1,3'lük yemle beslenen grupta ise başlangıç GPx enzim aktivitesi $317,67 \pm 6,56$ EU/mg protein olup en yüksek değere sahiptir. En düşük değeri ise $238,54 \pm 13,37$ EU/mg protein ile 8. günde alırken, 4. gün $270,24 \pm 12,79$ EU/mg protein ve 12. gün ise $296,45 \pm 8,46$ EU/mg protein değerini

almıştır. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$). %2,6'lık yemle beslenen grupta ise başlangıç GPx enzim aktivitesi $311,47\pm11,53$ EU/mg protein olup en yüksek değere sahiptir. En düşük değer ise $204,84\pm7,96$ EU/mg protein ile 8. günde görülürken, 4. gün $267,65\pm11,63$ EU/mg protein ve 12. gün ise $237,12\pm14,12$ EU/mg protein olarak belirlenmiştir. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.19).

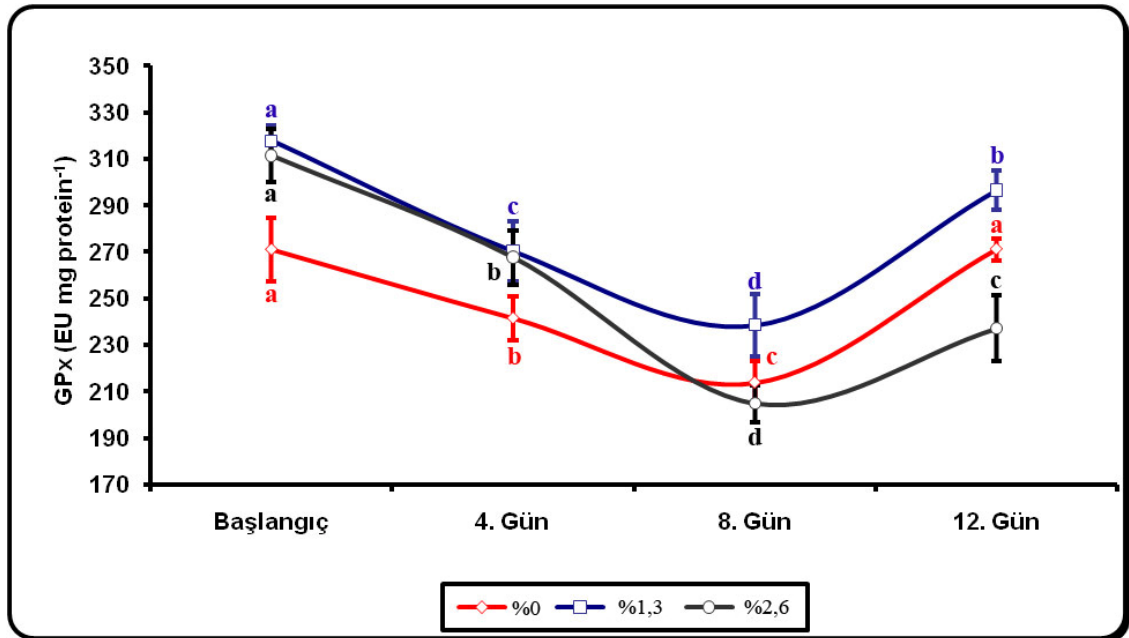
D3 grubunda verilen bulgulara göre %0'lık yemle beslenen balıkların 8. gün GPx enzim aktivitesi $421,63\pm3,89$ EU/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük aktiviteyi $189,03\pm7,53$ EU/mg protein ile 4. günde gösterdiği belirlenmiştir. GPx enzim aktivitesi başlangıçta $293,23\pm8,78$ EU/mg protein ve 12. gün ise $379,44\pm18,20$ EU/mg protein değerlerini almıştır (Şekil 4.20). Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$). %1,3'lük yemle beslenen grupta ise başlangıç GPx enzim aktivitesi $362,69\pm11,59$ EU/mg protein'dir. En yüksek değer $443,99\pm24,33$ EU/mg protein ile 12. gün görülürken en düşük değer ise $319,29\pm8,98$ EU/mg protein ile 4. günde görülmüştür. GPx enziminin 8. gün değeri ise $411,59\pm18,28$ EU/mg protein olarak belirlenmiştir. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$). %2,6'lık yemle beslenen grupta ise başlangıç GPx enzim aktivitesi $316,15\pm10,11$ EU/mg protein'dir. En yüksek değer $340,90\pm17,03$ EU/mg protein bile 8. günde görülürken, en düşük değer $281,09\pm3,45$ EU/mg protein ile 4. günde görülmüş ve 12. günde ise $331,52\pm7,29$ EU/mg protein ve olarak belirlenmiştir. 4. gün değeri diğer günlerden önemli decede düşük çıkarken ($p<0,01$), başlangıç değeri ile 12. gün değeri arasındaki fark önemsiz, başlangıç değeri ile 8. gün değeri arasındaki fark önemli çıkmıştır ($p<0,01$). Yine 8. gün ile 12. gün arasındaki farkın da istatistiksel açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir (Şekil 4.20).

D4 grubunda verilen bulgulara göre %0'lık yemle beslenen balıkların 12. gün GPx enzim aktivitesi $411,63\pm14,69$ EU/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük aktiviteyi $208,61\pm10,70$ EU/mg protein ile 4. günde gösterdiği belirlenmiştir. GPx enzim aktivitesi başlangıçta $371,70\pm21,06$ EU/mg protein ve 8. gün ise

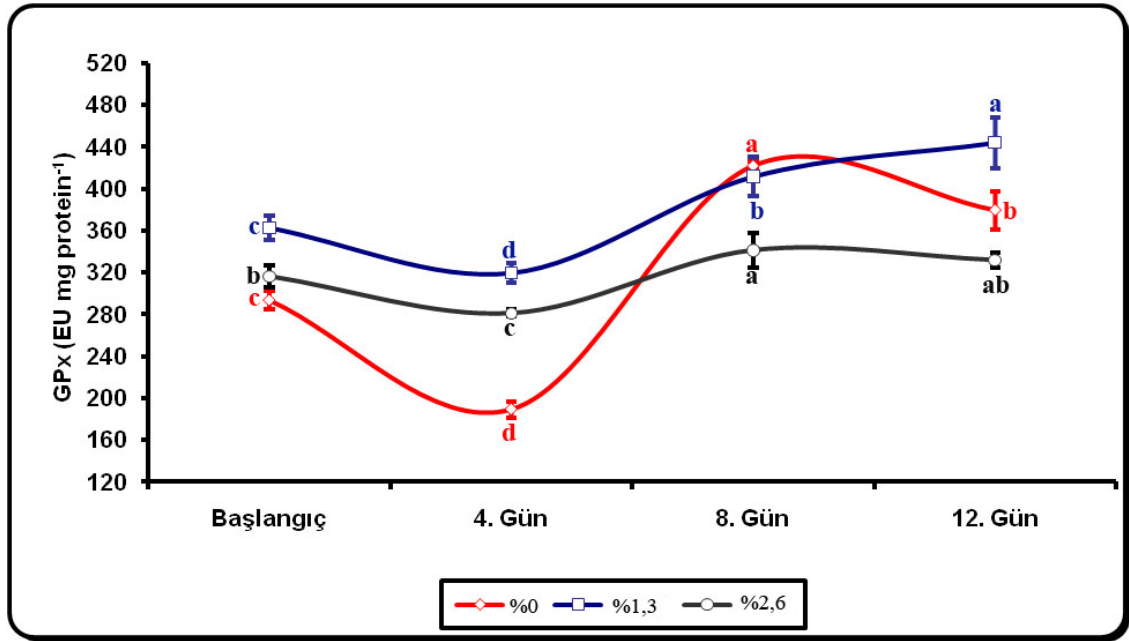
325,34±15,57 EU/mg protein değerlerini almıştır (Şekil 4.21). Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$). %1,3'lük yemle beslenen grupta başlangıç GPx enzim aktivitesi 358±18,31 EU/mg protein ile en yüksek değere sahip olup bunu 265,05±17,69 EU/mg protein ile 12. gün takip etmektedir. En düşük değer 135,49±9,61 EU/mg protein ile 8. günde görülürken, 4. gün değerinin ise 228,29±12,35 EU/mg protein olduğu belirlenmiştir. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak karşılaştırıldığında 8. gün ile 12. gün arasındaki farkın önemsiz, diğer gruplar arasındaki farkların önemli olduğu ortaya çıkmıştır ($p<0,01$) (Şekil 4.21).



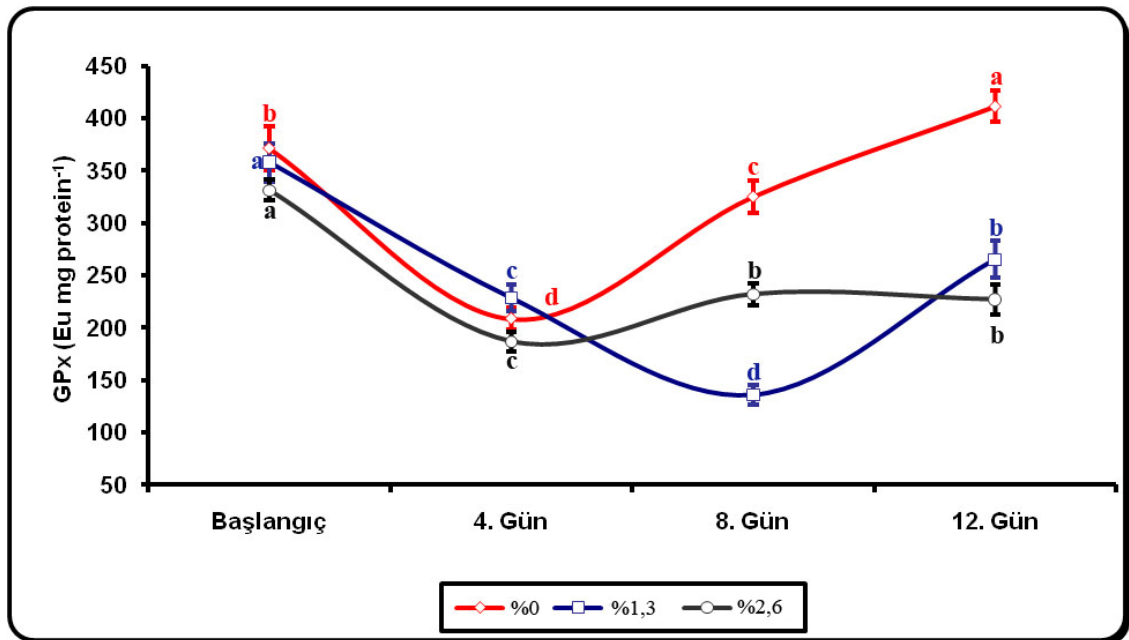
Şekil 4.18. GPx enziminin balık yağı (D1) grubunda yem miktarlarına göre değişimi



Şekil 4.19. GPx enziminin soya lesitini (D2) grubunda yem miktarlarına göre değişimi



Şekil 4.20. GPx enziminin oleik asit (D3) grubunda yem miktarlarına göre değişimi



Şekil 4.21. GPx enziminin keten tohumu yağı (D4) grubunda yem miktarlarına göre değişimi

4.3.4. GR enzim aktivitesine ilişkin sonuçlar

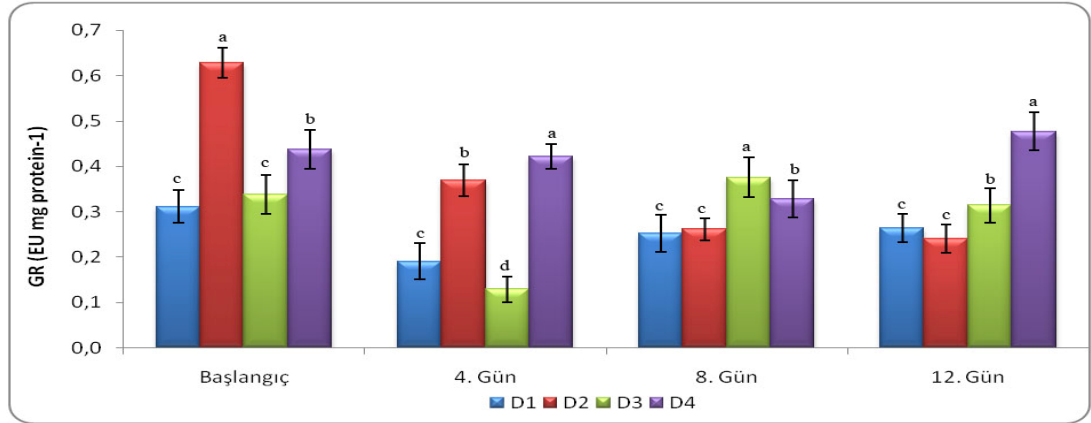
GR enzim aktivitesinin %0 yem verilen gruplar arasında karşılaştırılması yapıldığında; başlangıçta en yüksek değere $0,63 \pm 0,03$ EU/mg protein ile D2 grubunun; en düşük değere ise $0,31 \pm 0,036$ EU/mg protein ile D1 grubunun sahip olduğu; D3 ve D4 gruplarının ise sırayla $0,34 \pm 0,04$ EU/mg protein ve $0,44 \pm 0,04$ EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir (Şekil 4.22). İstatistik analizler sonucunda D1 ve D3 gruplarının farksız olduğu, ancak diğer gruplararsındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0,01$). GR enzim aktivitesinin 4. gün değerlerine baktığımızda D4 grubunun $0,42 \pm 0,03$ EU/mg protein ile en yüksek değere, D3 grubunun ise $0,13 \pm 0,03$ EU/mg protein ile en düşük değere sahip olduğu görülmektedir. D1 ve D2 grupları ise sırayla $0,19 \pm 0,04$ EU/mg protein ve $0,37 \pm 0,04$ EU/mg protein değerlerini almışlardır. Gruplar arasındaki bu farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). GR enzim aktivitesinin 8. gün değerlerine baktığımızda D3 grubunun $0,38 \pm 0,044$ EU/mg protein ile en yüksek değere, D1 grubunun ise $0,25 \pm 0,04$ EU/mg protein ile en düşük değere sahip olduğu görülmektedir. D2 ve D4 grupları ise sırayla $0,26 \pm 0,02$ EU/mg protein ve $0,33 \pm 0,04$ EU/mg protein değerlerini almışlardır. İstatistik analizler sonucunda D1 ve D2 gruplarının farksız olduğu, ancak diğer gruplar arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0,01$). GR enzim aktivitesinin 12. gün değerlerine baktığımızda D4 grubunun $0,48 \pm 0,04$ EU/mg protein ile en yüksek değere, D2 grubunun ise $0,24 \pm 0,03$ EU/mg protein ile en düşük değere sahip olduğu görülmektedir. D1 ve D3 grupları ise sırayla $0,25 \pm 0,03$ EU/mg protein ve $0,31 \pm 0,04$ EU/mg protein değerlerini almışlardır. İstatistik analizler sonucunda D1 ve D2 gruplarının farksız olduğu, ancak diğer gruplar arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0,01$) (Şekil 4.22).

GR enzim aktivitesinin %1,3 yem verilen gruplar arasında karşılaştırılması yapıldığında; başlangıçta en yüksek değere $0,81 \pm 0,03$ EU/mg protein ile D2 grubunun; en düşük değere ise $0,46 \pm 0,034$ EU/mg protein ile D1 grubunun sahip olduğu; D3 ve D4 gruplarının ise sırayla $0,55 \pm 0,03$ EU/mg protein ve $0,66 \pm 0,05$ EU/mg protein

değerlerini aldıkları görülmektedir (Şekil 4.23). Gruplar arasındaki bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$). GR enzim aktivitesinin 4. gün değerlerine baktığımızda D4 grubunun $0,56\pm0,04$ EU/mg protein ile en yüksek değere, D2 grubunun ise $0,31\pm0,03$ EU/mg protein ile en düşük değere sahip olduğu görülmektedir. D1 ve D3 grupları ise sırayla $0,41\pm0,03$ EU/mg protein ve $0,47\pm0,02$ EU/mg protein değerlerini almışlardır. Gruplar arasındaki bu farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,01$). GR enzim aktivitesinin 8. gün değerlerine baktığımızda D3 grubunun $0,60\pm0,03$ EU/mg protein ile en yüksek değere, D2 grubunun ise $0,31\pm0,04$ EU/mg protein ile en düşük değere sahip olduğu görülmektedir. D1 ve D4 grupları ise sırayla $0,49\pm0,06$ EU/mg protein ve $0,51\pm0,03$ EU/mg protein değerlerini almışlardır. İstatistik analizler sonucunda D1 ve D4 gruplarının farksız olduğu, ancak diğer gruplar arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$). GR enzim aktivitesinin 12. gün değerlerine baktığımızda D1 grubunun $0,69\pm0,05$ EU/mg protein ile en yüksek değere, D4 grubunun ise $0,41\pm0,03$ EU/mg protein ile en düşük değere sahip olduğu görülmektedir. D2 ve D3 grupları ise sırayla $0,51\pm0,04$ EU/mg protein ve $0,48\pm0,03$ EU/mg protein değerlerini almışlardır. Gruplar arasındaki bu farklılık istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde sadece D1 grubunun diğerlerinden önemli derecede yüksek çıktığı belirlenmiştir ($p<0,01$) (Şekil 4.23).

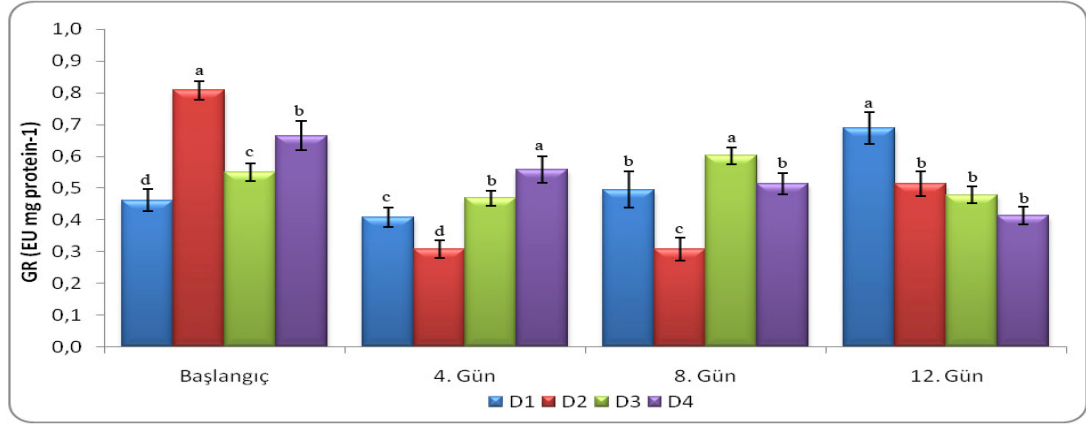
GR enzim aktivitesinin %2,6 yem verilen gruplar arasında karşılaştırılması yapıldığında; başlangıçta en yüksek değere $0,59\pm0,05$ EU/mg protein ile D4 grubunun; en düşük değere ise $0,34\pm0,04$ EU/mg protein ile D2 grubunun sahip olduğu; D1 ve D3 gruplarının ise sırayla $0,45\pm0,03$ EU/mg protein ve $0,43\pm0,04$ EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir (Şekil 4.24). İstatistik analizler sonucunda D1 ve D3 gruplarının farksız olduğu, ancak diğer gruplar arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$). GR enzim aktivitesinin 4. gün değerlerine baktığımızda D1 grubunun $0,43\pm0,04$ EU/mg protein ile en yüksek değere, D4 grubunun ise $0,35\pm0,03$ EU/mg protein ile en düşük değere sahip olduğu görülmektedir. D2 ve D3 grupları ise sırayla $0,38\pm0,04$ EU/mg protein ve $0,37\pm0,04$ EU/mg protein değerlerini almışlardır. İstatistik analizler neticesinde D3 ve D4 ile D2 ve D3 arasındaki fark istatistiksel olarak

önemsiz, ancak D1'in diğer tüm gruplarla arasındaki farkı önemli bulunmuştur ($p<0,01$). 8. gün değerlerine baktığımızda D1 ve D4 gruplarının en düşük ($0,28\pm0,04$ EU/mg protein); D3 grubunun en yüksek ($0,47\pm0,032$ EU/mg protein) ve D2 grubunun ise bu değerler arasında ($0,29\pm0,01$ EU/mg protein) bir aktivite gösterdiği belirlenmiştir. Gruplar arasındaki bu farklılık istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde D3 grubunun diğerlerinden önemli derecede yüksek çıktığı belirlenmiştir ($p<0,01$). GR enzim aktivitesinin 12. gün değerlerine baktığımızda D1 grubunun $0,51\pm0,04$ EU/mg protein ile en yüksek değere, D2 grubunun ise $0,25\pm0,01$ EU/mg protein ile en düşük değere sahip olduğu görülmektedir. D3 ve D4 grupları ise sırayla $0,40\pm0,02$ EU/mg protein ve $0,39\pm0,05$ EU/mg protein değerlerini almışlardır. İstatistik analizler sonucunda D3 ve D4 gruplarının farksız olduğu, ancak diğer gruplar arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$) (Şekil 4.24).



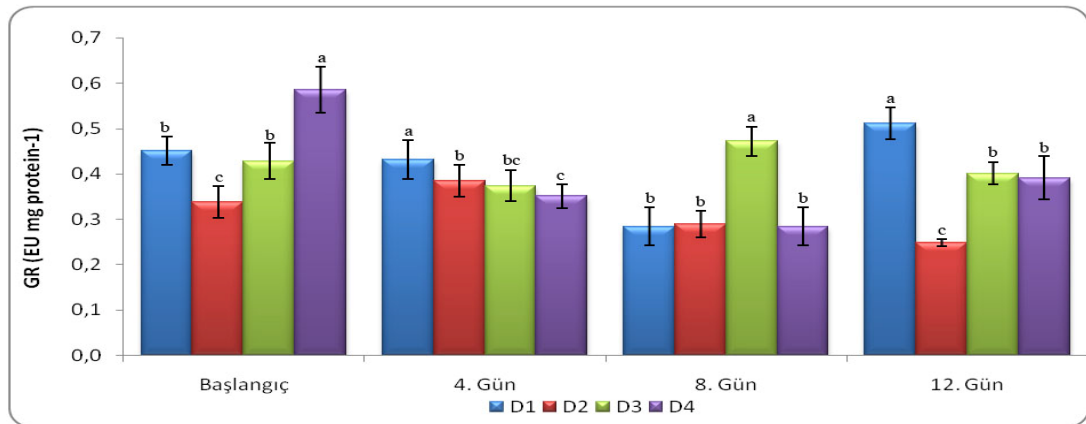
Şekil 4.22. GR enzim aktivitesinin yem verilmeyen gruplara göre değişimi

*D1: Balık yağı, D2: Soya lesitini, D3: Oleik asit, D4: Keten tohumu yağı



Şekil 4.23. GR enzim aktivitesinin %1,3 yem verilen gruplara göre değişimi

*D1: Balık yağı, D2: Soya lesitini, D3: Oleik asit, D4: Keten tohumu yağı



Şekil 4.24. GR enzim aktivitesinin %2,6 yem verilen gruplara göre değişimi

*D1: Balık yağı, D2: Soya lesitini, D3: Oleik asit, D4: Keten tohumu yağı

D1 (diyetlerinde balık yağı bulunan) grubunun %0'lık yemle beslenen balıkların 4. gün GR enzim aktivitesi $0,19 \pm 0,04$ EU/mg protein ile en düşük değere sahip olurken, en yüksek aktiviteyi $0,31 \pm 0,04$ EU/mg protein ile başlangıçta gösterdiği belirlenmiştir. GR enzim aktivitesi 8. günde $0,25 \pm 0,04$ EU/mg protein ve 12. gün ise $0,26 \pm 0,03$ EU/mg protein değerlerini almıştır (Şekil 4.25). 8. ve 12 günler arasındaki fark önemsiz, diğer gruplar arasındaki fark ise istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). %1,3'lük yemle beslenen grupta ise en yüksek GR enzim aktivitesi $0,69 \pm 0,05$ EU/mg protein ile 12. günde, en düşük değer ise $0,41 \pm 0,03$ EU/mg protein ile 4. günde ölçülmüş olup, başlangıç değeri $0,46 \pm 0,03$ EU/mg protein ve 8. gün ise $0,49 \pm 0,06$ EU/mg protein'dir. 12. gün değerinin diğerlerinden önemli derecede yüksek çıktığı ($p < 0,01$) ve diğer günler ölçülen aktiveler arasındaki farklılığın ise istatistiksel açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir. İstatistik analizler sonucunda %2,6'luk yemle beslenen grupta ise en yüksek GR enzim aktivitesi $0,51 \pm 0,04$ EU/mg protein ile 12. günde, en düşük değer ise $0,28 \pm 0,04$ EU/mg protein ile 8. günde ölçülmüş olup, başlangıç değeri $0,45 \pm 0,03$ EU/mg protein ve 4. gün ise $0,43 \pm 0,04$ EU/mg protein. İstatistik analizler sonucunda başlangıç ve 4. gün değerleri arasındaki fark önemsiz çıkarken, diğer günler arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$) (Şekil 4.25).

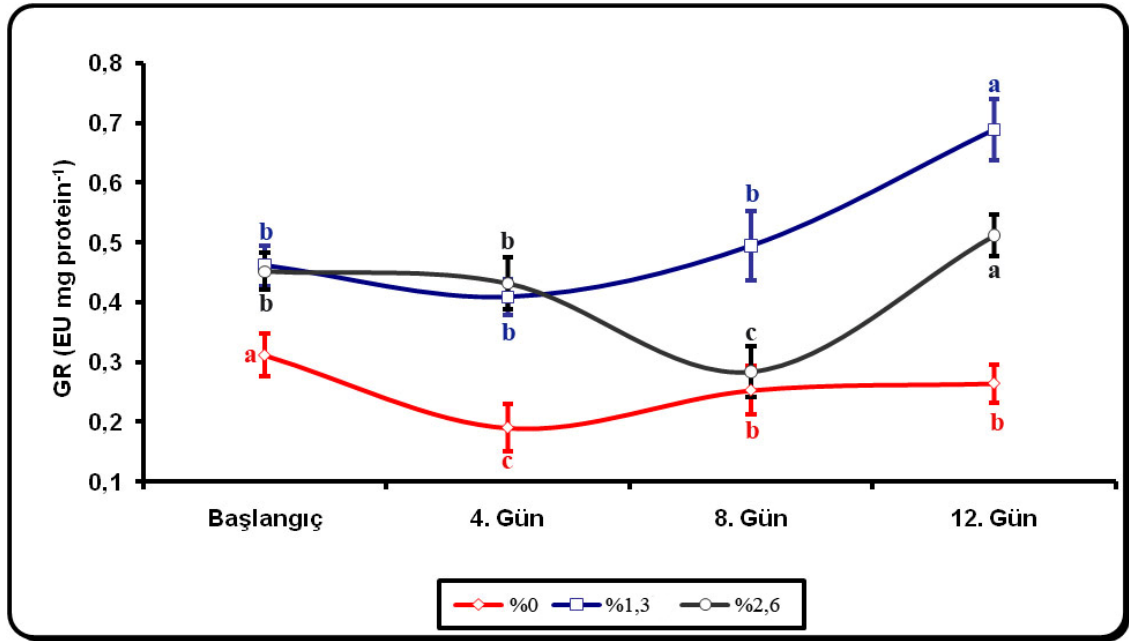
D2 grubunun %0'lık yemle beslenen balıkların başlangıç GR enzim aktivitesi $0,63 \pm 0,03$ EU/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük aktiviteyi $0,24 \pm 0,03$ EU/mg protein ile 12. gün gösterdiği belirlenmiştir. GR enzim aktivitesi 4. günde $0,37 \pm 0,03$ EU/mg protein ve 8. gün ise $0,26 \pm 0,02$ EU/mg protein değerlerini almıştır (Şekil 4.26). İstatistik analizler neticesinde 8. gün ile 12. gün değerleri arasındaki fark önemsiz, ancak diğer günlerdeki değerler arasındaki fark önemli olarak bulunmuştur ($p < 0,01$). %1,3'lük yemle beslenen balıkların başlangıç GR enzim aktivitesi $0,81 \pm 0,03$ EU/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük aktivitenin $0,31 \pm 0,03$ EU/mg protein ile 4. gün gösterdiği belirlenmiştir. GR enzim aktivitesi 8. gün aktivitesinde 4. gün aktivitesiyle aynı değeri göstermektedir ($0,31 \pm 0,04$ EU/mg protein) GR enzim aktivitesinin 12. gün değeri ise $0,51 \pm 0,04$ EU/mg protein'dir. İstatistik analizleri sonucunda 4. ve 8. gün değerleri arasında fark olmazken bu iki gün

değerlerinin diğer günler ıarasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$). %2,6'lık yemle beslenen balıkların başlangıç GR enzim aktivitesi $0,34\pm0,04$ EU/mg protein 'dir. En yüksek değeri $0,38\pm0,04$ EU/mg protein ile 4. günde, en düşük aktivite ise $0,25\pm0,01$ EU/mg protein ile 12. gün ölçülmüştür. GR enzim aktivitesi 8. gün aktiviteside ise $0,29\pm0,03$ EU/mg protein'dir. İstatistik analizler neticesinde başlangıç ile 4. gün arasındaki fark, 8. gün ile 12. gün arasındaki fark ve başlangıçla 8. gün arasındaki fark önemsiz olarak bulunurken; başlangıçla 12. gün arasındaki fark ile 4. gün ile 8. gün arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.26).

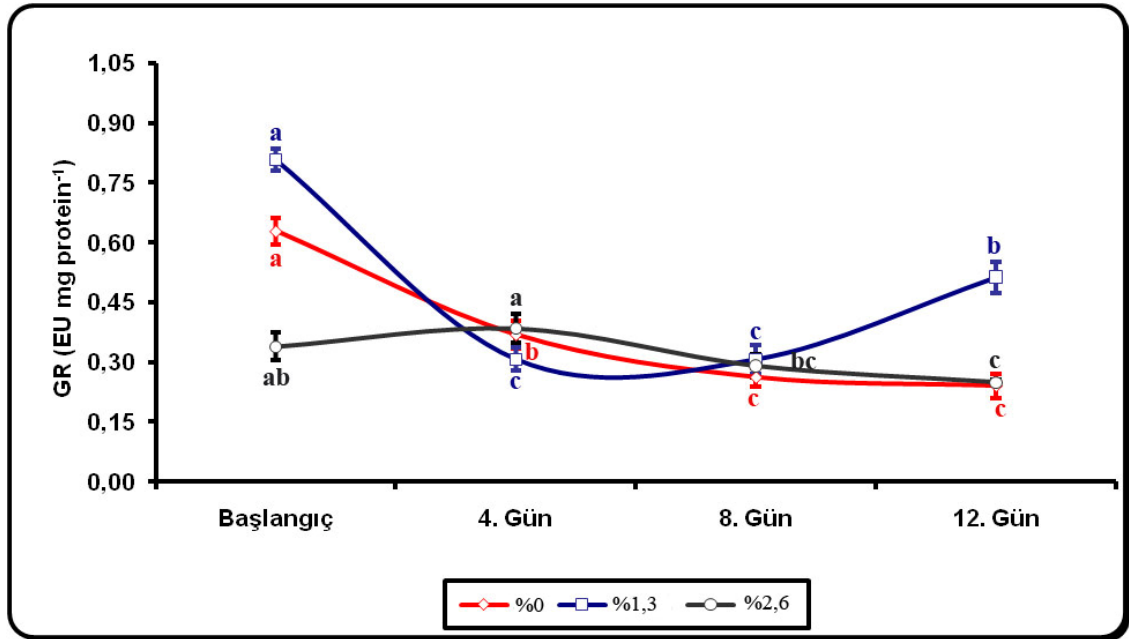
D3 grubunun %0'lık yemle beslenen balıkların 8. gün GR enzim aktivitesi $0,38\pm0,04$ EU/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük aktiviteyi $0,13\pm0,03$ EU/mg protein ile 4. gün gösterdiği belirlenmiştir. Başlangıçta $0,34\pm0,04$ EU/mg protein olan GR enzim aktivitesi 12. gün $0,31\pm0,04$ EU/mg protein değerini almıştır. Başlangıçla 8. gün arasındaki fark ve başlangıçla 12. gün arasındaki fark ve önemsiz bulunurken, diğer günler arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0,01$). %1,3'lük yemle beslenen balıkların 8. gün GR enzim aktivitesi $0,60\pm0,03$ EU/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük aktiviteyi $0,47\pm0,02$ EU/mg protein ile 4. gün gösterdiği belirlenmiştir. Başlangıçta $0,55\pm0,03$ EU/mg protein olan GR enzim aktivitesi 12. gün $0,48\pm0,03$ EU/mg protein değerini almıştır (Şekil 4.27). İstatistik analizler sonucunda 4. gün ile 12. gün arasındaki fark ve başlangıç ile 8. gün arasındaki farkın önemsiz diğerlerinin birbiriyle arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$). %2,6'lık yemle beslenen balıklarında 8. gün GR enzim aktivitesi en yüksek değere sahip olurken ($0,47\pm0,03$ EU/mg protein), en düşük aktiviteyi $0,37\pm0,04$ EU/mg protein ile 4. gün gösterdiği belirlenmiştir. Başlangıçta $0,43\pm0,04$ EU/mg protein olan GR enzim aktivitesi 12. gün $0,40\pm0,02$ EU/mg protein değerini almıştır. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.27).

D4 grubunun %0'lık yemle beslenen balıkların 12. gün GR enzim aktivitesi $0,48\pm0,04$ EU/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük aktiviteyi $0,33\pm0,04$ EU/mg protein ile 8. gün gösterdiği belirlenmiştir. Başlangıçta $0,44\pm0,04$ EU/mg

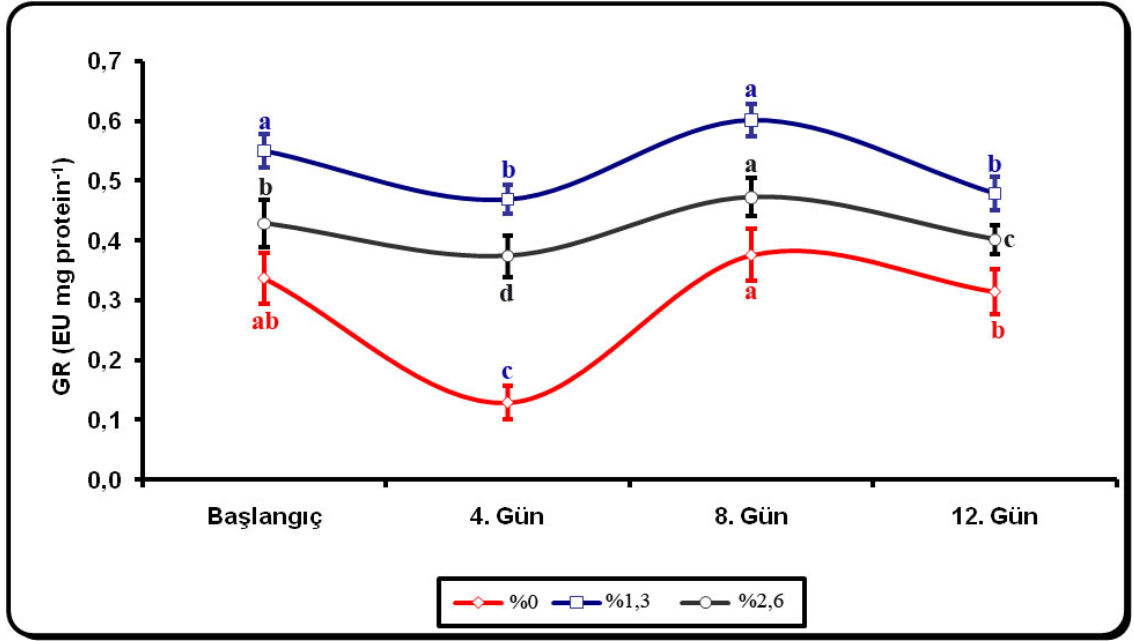
protein olan GR enzim aktivitesi 4. gün $0,42 \pm 0,03$ EU/mg protein değerini almıştır (Şekil 4.28). Başlangıçla 4. gün arasındaki fark ve başlangıçla 12. gün arasındaki fark önemsiz bulunurken başlangıçla 8. gün arasındaki fark ve 4. gün ile 12. gün arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). %1,3'lük yemle beslenen balıkların başlangıç aktivitesi $0,66 \pm 0,046$ EU/mg protein olup en yüksek değere sahiptir. Bu değeri $0,56 \pm 0,04$ EU/mg protein ile 4. gün takip etmektedir. En düşük değer $0,41 \pm 0,03$ EU/mg protein ile 12. günde ölçülürken, 8. gün değeri ise $0,51 \pm 0,03$ EU/mg protein olarak belirlenmiştir. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). %2,6'luk yemle beslenen balıkların başlangıç GR enzim aktivitesi $0,59 \pm 0,05$ EU/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük aktiviteyi $0,28 \pm 0,04$ EU/mg protein ile 8. gün gösterdiği belirlenmiştir. 4. gün $0,35 \pm 0,03$ EU/mg protein olan GR enzim aktivitesi 12. gün $0,39 \pm 0,05$ EU/mg protein değerini almıştır. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$) (Şekil 4.28).



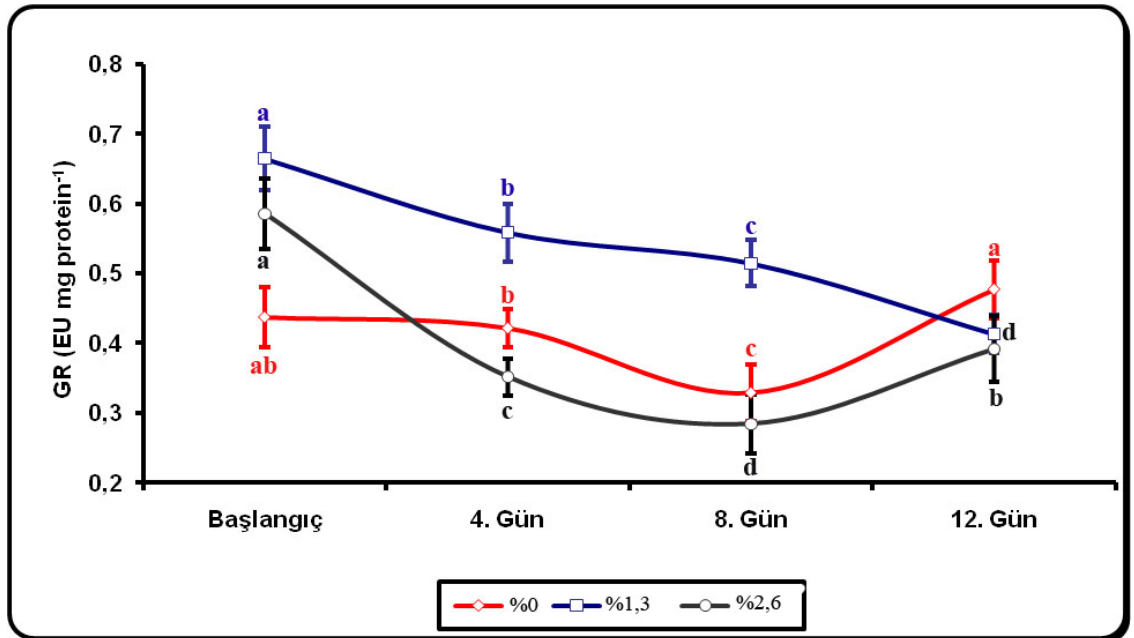
Şekil 4.25. GR enziminin balık yağı (D1) grubunda yem miktarlarına göre değişimi



Şekil 4.26. GR enziminin soya lesitini (D2) grubunda yem miktarlarına göre değişimi



Şekil 4.27. GR enziminin oleik asit (D3) grubunda yem miktarlarına göre değişimi



Şekil 4.28. GR enziminin keten tohumu yağı (D4) grubunda yem miktarlarına göre değişimi

4.3.5. GST enzim aktivitesine ilişkin sonuçlar

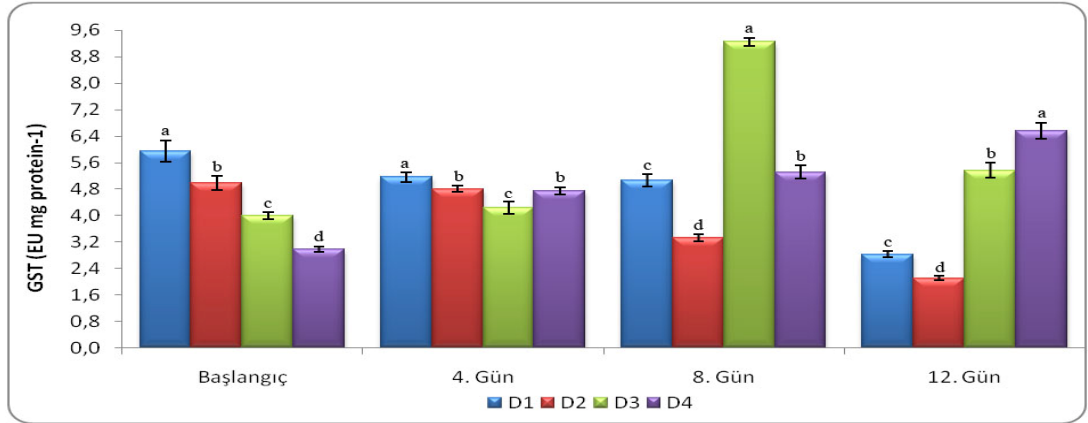
GST enzim aktivitesinin %0 yem verilen gruplar arasında karşılaştırılması yapıldığında; başlangıçta en yüksek değere $5,95 \pm 0,32$ EU/mg protein ile D1 grubunun; en düşük değere ise $2,97 \pm 0,08$ EU/mg protein ile D4 grubunun sahip olduğu; D2 ve D3 gruplarının ise sırayla $4,99 \pm 0,21$ EU/mg protein ve $4,0 \pm 0,11$ EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir (Şekil 4.29). Gruplar arasındaki bu fark istatistiksel olarak önemi bulunmuştur. GST enzim aktivitesinin 4. gün değerlerine baktığımızda D1 grubunun $5,16 \pm 0,14$ EU/mg protein ile en yüksek değere, D3 grubunun ise $4,23 \pm 0,20$ EU/mg protein ile en düşük değere sahip oldukları görülmektedir. D2 ve D4 gruplarının ise sırayla $4,81 \pm 0,09$ EU/mg protein ve $4,75 \pm 0,11$ EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir. İstatistik analizler sonucunda D2 ve D4 gruplarının farksız olduğu, ancak diğer gruplar arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0,01$). 8. gün değerlerine baktığımızda D3 grubunun $9,24 \pm 0,11$ EU/mg protein ile en yüksek değere, D2 grubunun ise $3,31 \pm 0,11$ EU/mg protein ile en düşük değere sahip oldukları görülmektedir. D1 ve D4 gruplarının ise sırayla $5,05 \pm 0,19$ EU/mg protein ve $5,31 \pm 0,21$ EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir. İstatistik analizler sonucunda D1 ve D4 gruplarının farksız olduğu, ancak diğer gruplar arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0,01$). 12. gün değerlerine baktığımızda D4 grubunun $6,56 \pm 0,24$ EU/mg protein ile en yüksek değere, D2 grubunun ise $2,10 \pm 0,069$ EU/mg protein ile en düşük değere sahip oldukları görülmektedir. D1 ve D3 gruplarının ise sırayla $2,82 \pm 0,01$ EU/mg protein ve $5,37 \pm 0,22$ EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir. Gruplar arasındaki bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$) (Şekil 4.29).

GST enzim aktivitesinin %1,3 yem verilen gruplar arasında karşılaştırılması yapıldığında; başlangıçta en yüksek değere $5,10 \pm 0,23$ EU/mg protein ile D2 grubunun; en düşük değere ise $3,16 \pm 0,17$ EU/mg protein ile D4 grubunun sahip olduğu; D1 ve D3 gruplarının ise sırayla $5,02 \pm 0,22$ EU/mg protein ve $3,78 \pm 0,11$ EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir (Şekil 4.30). İstatistik analizler sonucunda D1 ve D2 gruplarının farksız olduğu, ancak diğer gruplar arasındaki farkın önemli olduğu

belirlenmiştir ($p<0,01$). GST enzim aktivitesinin 4. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değere $4,81\pm0,19$ EU/mg protein ile D2 grubunun; en düşük değere ise $4,24\pm0,09$ EU/mg protein ile D3 grubunun sahip olduğu; D1 ve D4 gruplarının ise sırayla $4,59\pm0,198$ EU/mg protein ve $4,39\pm0,10$ EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir. İstatistik analizler sonucunda D1 ile D2 grupları arasındaki fark ve D3 ile D4 grupları arasındaki fark önemsiz D1 ve D2 ‘nin D3 ve D4’le arasındaki fark önemli çıkmıştır ($p<0,01$). GST enzim aktivitesinin 8. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değere D3 ve D4 gruplarının ($5,58\pm0,17$ EU/mg protein ve $5,58\pm0,10$ EU/mg protein), en düşük değere ise D1 grubunun ($2,66\pm0,07$ EU/mg protein) sahip olduğunu ve D2 grubunun ise bu iki değer arasında bir değer ($3,64\pm0,14$ EU/mg protein) aldığını görmekteyiz. İstatistik analizler sonucunda D3 ve D4 gruplarının farksız olduğu, ancak diğer gruplar arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$). GST enzim aktivitesinin 12. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değere $6,03\pm0,24$ EU/mg protein ile D3 grubunun; en düşük değere ise $2,51\pm0,18$ EU/mg protein ile D1 grubunun sahip olduğu; D2 ve D4 gruplarının ise sırayla $3,46\pm0,22$ EU/mg protein ve $4,50\pm0,19$ EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir. Gruplar arasındaki bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.30).

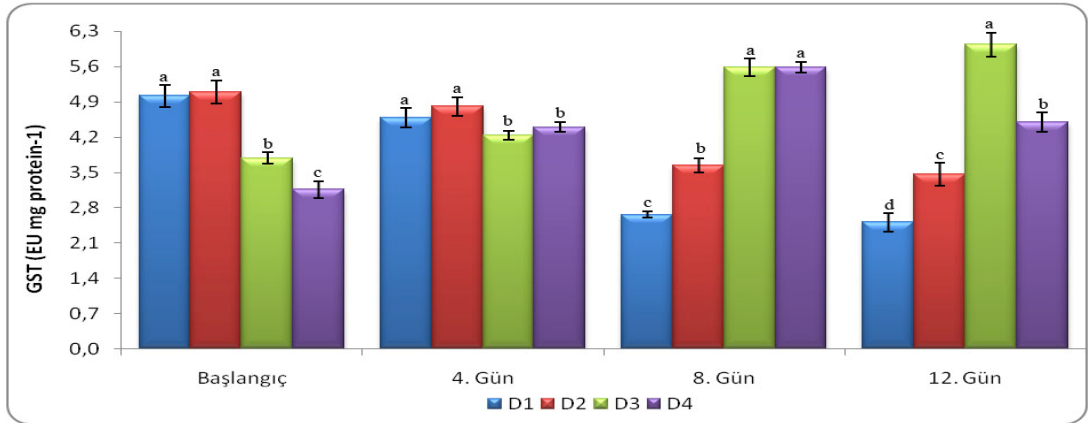
GST enzim aktivitesinin %2,6 yem verilen gruplar arasında karşılaştırılması yapıldığında; başlangıçta en yüksek değere $4,23\pm0,11$ EU/mg protein ile D1 grubunun; en düşük değere ise $3,03\pm0,08$ EU/mg protein ile D4 grubunun sahip olduğu; D2 ve D3 gruplarının ise sırayla $4,22\pm0,07$ EU/mg protein ve $3,96\pm0,05$ EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir (Şekil 4.31). Gruplar arasındaki bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$). GST enzim aktivitesinin 4. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değere $4,47\pm0,15$ EU/mg protein ile D3 grubunun; en düşük değere ise $3,64\pm0,24$ EU/mg protein ile D4 grubunun sahip olduğu; D1 ve D2 gruplarının ise sırayla $3,78\pm0,15$ EU/mg protein ve $4,22\pm0,10$ EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir. İstatistik analizler sonucunda D2 ve D3 gruplarının farksız olduğu, ancak diğer gruplar arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$). GST enzim aktivitesinin 8. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değere

4,24±0,14 EU/mg protein ile D1 grubunun; en düşük değere ise 3,41±0,17 EU/mg protein ile D4 grubunun sahip olduğu; D2 ve D3 gruplarının ise sırayla 3,50±0,08 EU/mg protein ve 4,01±0,17 EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir. İstatistik analizler sonucunda D2 ile D4 grupları arasındaki fark ve D1 ile D3 grupları arasındaki fark önemsiz, D2 ve D4'ün D1 ve D3'le arasındaki fark önemli çıkmıştır ($p<0,01$). GST enzim aktivitesinin 12. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değere 4,66±0,21 EU/mg protein ile D3 grubunun; en düşük değere ise 3,41±0,17 EU/mg protein ile D2 grubunun sahip olduğu; D1 ve D4 gruplarının ise sırayla 3,64±0,26 EU/mg protein ve 3,76±0,16 EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir. İstatistik analizler sonucunda D1 ve D4 arasındaki fark önemsiz çıkarken diğer gruplar arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.31).



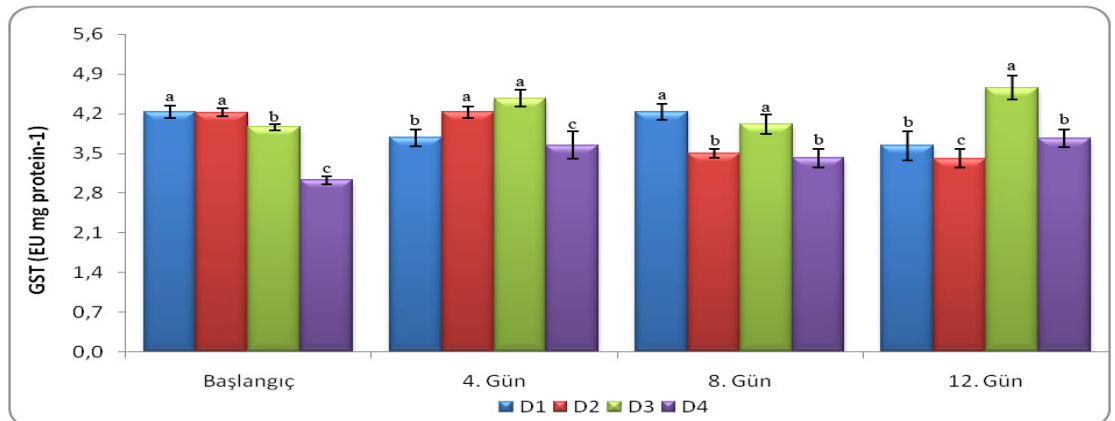
Şekil 4.29. GST enzim aktivitesinin yem verilmeyen gruplara göre değişimi

*D1: Balık yağı, D2: Soya lesitini, D3: Oleik asit, D4: Keten tohumu yağı



Şekil 4.30. GST enzim aktivitesinin %1,3 yem verilen gruplara göre değişimi

*D1: Balık yağı, D2: Soya lesitini, D3: Oleik asit, D4: Keten tohumu yağı



Şekil 4.31. GST enzim aktivitesinin %2,6 yem verilen gruplara göre değişimi

*D1: Balık yağı, D2: Soya lesitini, D3: Oleik asit, D4: Keten tohumu yağı

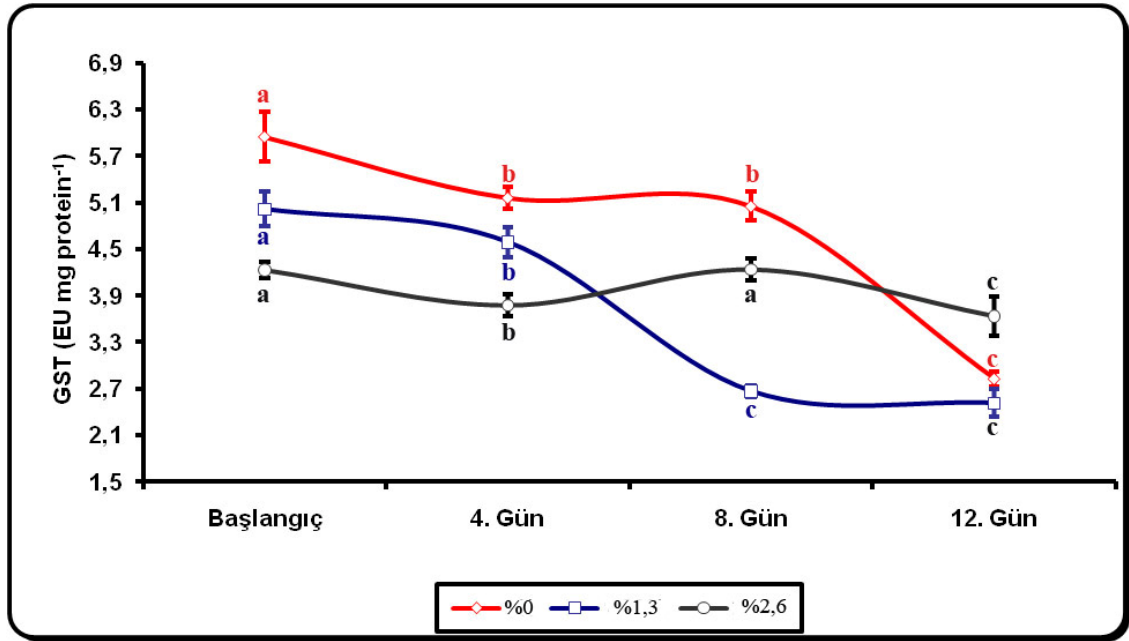
D1 (diyetlerinde balık yağı bulunan) grubunun %0'lık yemle beslenen balıkların başlangıç GST enzim aktivitesi $5,95 \pm 0,32$ EU/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük aktiviteyi $2,82 \pm 0,04$ EU/mg protein ile 12. günde gösterdiği belirlenmiştir. GST enzim aktivitesi 4. günde $5,16 \pm 0,14$ EU/mg protein ve 8. gün ise $5,05 \pm 0,19$ EU/mg protein değerlerini almıştır (Şekil 4.32). İstatistik analizler sonucunda 4. ve 8. Günler arasındaki fark önemsiz, diğer gruplar arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). %1,3'lük yemle beslenen balıkların başlangıç GST enzim aktivitesi $5,02 \pm 0,22$ EU/mg protein ile 12. günde gösterdiği belirlenmiştir. GST enzim aktivitesi 4. günde $4,59 \pm 0,20$ EU/mg protein ve 8. gün ise $2,66 \pm 0,07$ EU/mg protein değerlerini almıştır. İstatistik analizler sonucunda 8. ve 12. günler arasındaki fark önemsiz; diğer günler ölçülen değerler arasındaki farklar önemli olarak belirlenmiştir ($p < 0,01$). %2,6'lık yemle beslenen balıkların 8. gün GST enzim aktivitesi $4,24 \pm 0,14$ EU/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük aktiviteyi $3,64 \pm 0,26$ EU/mg protein ile 12. günde gösterdiği belirlenmiştir. GST enzim aktivitesinin başlangıçta $4,23 \pm 0,11$ EU/mg protein ve 4. gün ise $3,78 \pm 0,15$ EU/mg protein değerlerini aldığı görülmüştür. Başlangıç ve 8. gün değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz çıkarken diğer günler ölçülen değerler arasındaki farklar önemli bulunmuştur ($p < 0,01$) (Şekil 4.32).

D2 grubunun %0'lık yemle beslenen balıkların başlangıç GST enzim aktivitesi $4,99 \pm 0,21$ EU/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük aktiviteyi $2,10 \pm 0,07$ EU/mg protein ile 12. günde gösterdiği belirlenmiştir. GST enzim aktivitesi değeri 4. gün $4,81 \pm 0,09$ EU/mg protein; 8. gün değeri ise $3,31 \pm 0,11$ EU/mg protein olarak belirlenmiştir (Şekil 4.33). Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). %1,3'lük yemle beslenen balıklarında başlangıç GST enzim aktivitesi $5,10 \pm 0,23$ EU/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük aktiviteyi $3,46 \pm 0,22$ EU/mg protein ile 12. günde gösterdiği belirlenmiştir. GST enzim aktivitesi değeri 4. gün $4,81 \pm 0,19$ EU/mg protein; 8. gün değeri ise $3,64 \pm 0,14$ EU/mg protein olarak belirlenmiştir. İstatistik analizler sonucunda 8. ve 12 gün değerleri arasındaki fark önemsiz bulunurken diğer değerler arasındaki farklılık önemli

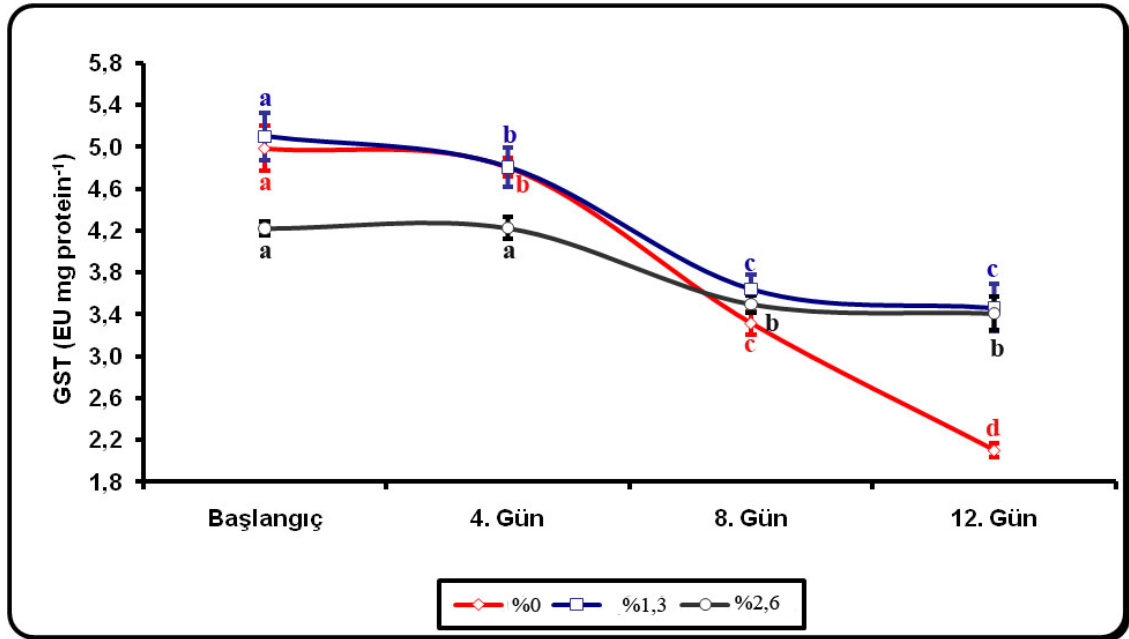
bulunmuştur ($p<0,01$). %2,6'lık yemle beslenen balıklarında başlangıç ve 4. gün GST enzim aktivite değerleri aynı olup en yüksek değere ($4,22\pm0,07$ EU/mg protein ve $4,22\pm0,10$ EU/mg protein) sahip olurken, en düşük aktiviteyi $3,41\pm0,17$ EU/mg protein ile 12. günde gösterdiği ve 8. günün ise bu değerler arasında bir değere ($3,50\pm0,08$ EU/mg protein) sahip olduğu belirlenmiş olup gruplar arasındaki bu farklılık istatistiksel olarak belirlenmiştir. İstatistik analizler sonucunda 8. ve 12. günler arasındaki farklar önemsiz bulunurken diğer günler arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.33).

D3 grubunun %0'lık yemle beslenen balıkların 12. gün GST enzim aktivitesi $5,37\pm0,28$ EU/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük aktiviteyi $4,0\pm0,11$ EU/mg protein ile başlangıçta gösterdiği belirlenmiştir. GST enzim aktivitesi değeri 4. gün $4,23\pm0,20$ EU/mg protein; 8. gün değeri ise $5,31\pm0,11$ EU/mg protein olarak belirlenmiştir (Şekil 4.34). İstatistik analizler sonucunda sadece 8. ve 12. gün arasındaki fark önemsiz çıkarken diğer günlerle karşılaştırıldığında değerler arasındaki fark önemli olduğu görülmüştür ($p<0,01$). %1,3'lük yemle beslenen balıklarında başlangıç GST enzim aktivitesi $3,78\pm0,11$ EU/mg protein ile en düşük değere sahip olurken, en yüksek aktiviteyi $6,03\pm0,24$ EU/mg protein ile 12. günde gösterdiği belirlenmiştir. GST enzim aktivitesi değeri 4. gün $4,24\pm0,09$ EU/mg protein; 8. gün değeri ise $5,58\pm0,17$ EU/mg protein olarak belirlenmiştir. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0,01$). %2,6'lık yemle beslenen balıklarda başlangıç GST enzim aktivitesi $3,96\pm0,053$ EU/mg protein ile en düşük değere sahip olurken, en yüksek aktiviteyi $4,66\pm0,207$ EU/mg protein ile 12. günde gösterdiği belirlenmiştir. GST enzim aktivitesi değeri 4. gün $4,47\pm0,153$ EU/mg protein; 8. gün değeri ise $4,01\pm0,170$ EU/mg protein olarak belirlenmiştir. İstatistik analizler neticesinde 4. ve 12. gün arasındaki fark ve başlangıç ile 8. gün arasındaki fark önemsiz bulunurken, başlangıç değerinin 4. ve 12. gün ile arasındaki fark ve 8. gün ile 4. ve 12. gün arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.34).

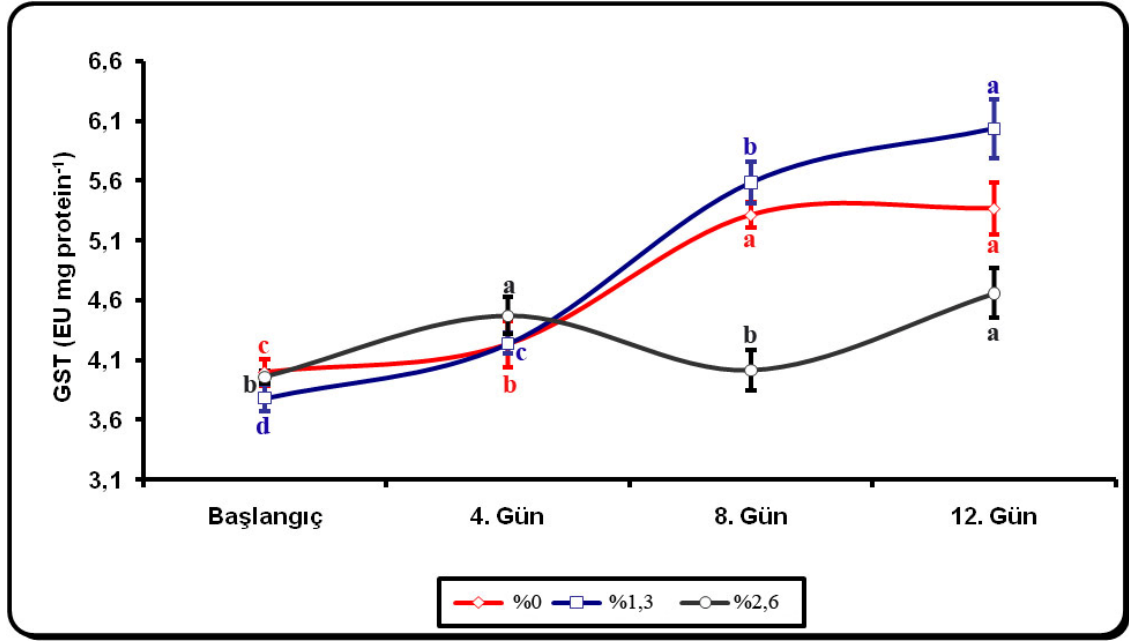
D4 grubunun %0'lık yemle beslenen balıkların 12. gün GST enzim aktivitesi $6,56 \pm 0,24$ EU/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük aktiviteyi $2,97 \pm 0,08$ EU/mg protein ile başlangıçta gösterdiği belirlenmiştir. GST enzim aktivitesi değeri 4. gün $4,75 \pm 0,11$ EU/mg protein; 8. gün değeri ise $5,31 \pm 0,21$ EU/mg protein olarak belirlenmiştir (Şekil 4.35). Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). %1,3'lük yemle beslenen balıklarda başlangıç GST enzim aktivitesi $3,16 \pm 0,17$ EU/mg protein ile en düşük değere sahip olurken, en yüksek aktiviteyi $5,58 \pm 0,10$ EU/mg protein ile 8. günde gösterdiği belirlenmiştir. GST enzim aktivitesi değeri 4. gün $4,39 \pm 0,10$ EU/mg protein; 12. gün değeri ise $4,50 \pm 0,19$ EU/mg protein olarak belirlenmiştir. Analizler sonucunda 4. ve 8. günler arasındaki fark önemsiz bulunurken diğer gruplar arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). %2,6'lık yemle beslenen balıklarda başlangıç GST enzim aktivitesi $3,03 \pm 0,08$ EU/mg protein ile en düşük değere sahip olurken, en yüksek aktiviteyi $3,76 \pm 0,16$ EU/mg protein ile 12. günde gösterdiği belirlenmiştir. GST enzim aktivitesi değeri 4. gün $3,64 \pm 0,24$ EU/mg protein; 8. gün ise $3,41 \pm 0,17$ EU/mg protein olarak belirlenmiştir. İstatistik analizler sonucunda 4. ve 8. günler arasındaki fark önemsiz çıkarken diğer gruplar arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0,01$) (Şekil 4.35).



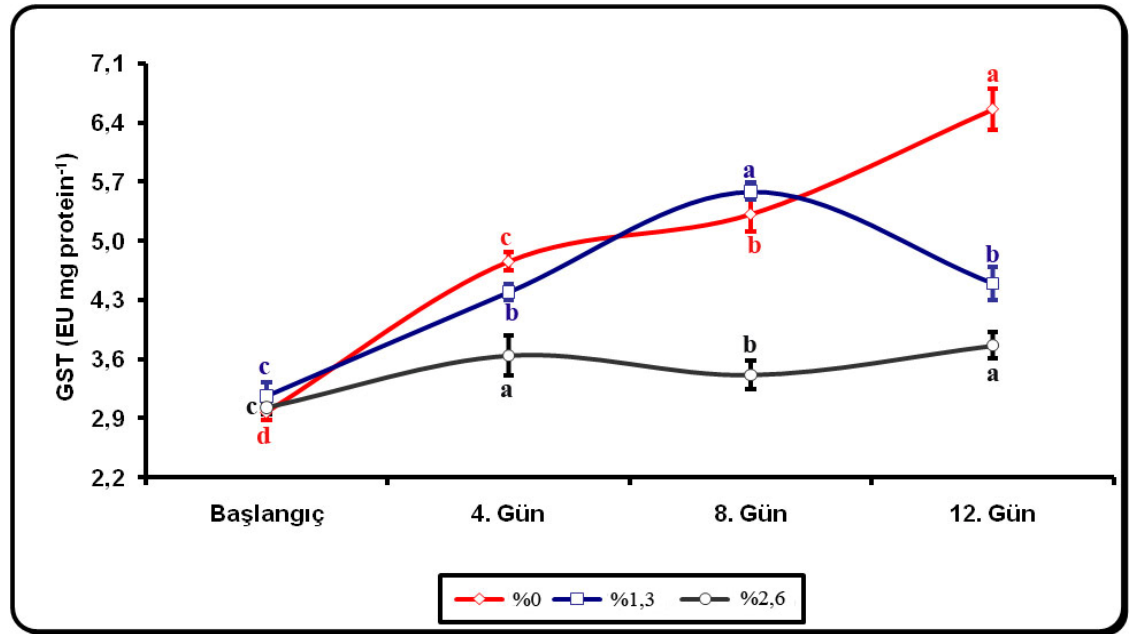
Şekil 4.32. GST enziminin balık yağı (D1) grubunda yem miktarlarına göre değişimi



Şekil 4.33. GST enziminin soya lesitini (D2) grubunda yem miktarlarına göre değişimi



Şekil 4.34. GST enziminin oleik asit (D3) grubunda yem miktarlarına göre değişimi



Şekil 4.35. GST enziminin keten tohumu yağı (D4) grubunda yem miktarlarına göre değişimi

4.3.6. G6PD enzim aktivitesine ilişkin Sonuçlar

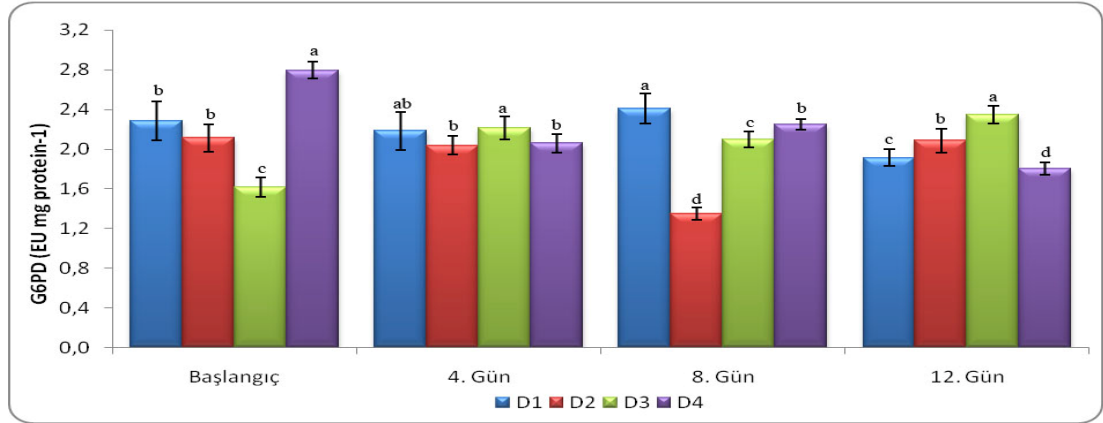
G6PD enzim aktivitesinin %0 yem verilen gruplar arasında karşılaştırılması yapıldığında, başlangıçta en yüksek değere $2,79 \pm 0,09$ EU/mg protein ile D4 grubunun; en düşük değere ise $1,62 \pm 0,095$ EU/mg protein ile D3 grubunun sahip olduğu; D1 ve D2 gruplarının ise sırayla $2,28 \pm 0,20$ EU/mg protein ve $2,11 \pm 0,14$ EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir (Şekil 4.36). İstatistik analizler sonucunda D1 ve D2 arasındaki fark önemsiz çıkarken diğer gruplar arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). 4. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değere $2,22 \pm 0,12$ EU/mg protein ile D3 grubunun; en düşük değere ise $2,04 \pm 0,096$ EU/mg protein ile D2 grubunun sahip olduğu; D1 ve D4 gruplarının ise sırayla $2,18 \pm 0,19$ EU/mg protein ve $2,06 \pm 0,09$ EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir. İstatistik analizler sonucunda D1, D2 ve D4 grupları arasındaki fark ile D1 ve D3 arasındaki fark önemsiz, D3'ün diğer gruplarla arasındaki fark önemli çıkmıştır ($p < 0,01$). 8. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değere $2,41 \pm 0,15$ EU/mg protein ile D1 grubunun; en düşük değere ise $1,35 \pm 0,06$ EU/mg protein ile D2 grubunun sahip olduğu; D3 ve D4 gruplarının ise sırayla $2,10 \pm 0,08$ EU/mg protein ve $2,25 \pm 0,05$ EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir. Gruplar arasındaki bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). 12. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değere $2,35 \pm 0,09$ EU/mg protein ile D3 grubunun; en düşük değere ise $1,81 \pm 0,06$ EU/mg protein ile D4 grubunun sahip olduğu; D1 ve D2 gruplarının ise sırayla $1,91 \pm 0,09$ EU/mg protein ve $2,08 \pm 0,12$ EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir. Gruplar arasındaki bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$) (Şekil 4.36).

G6PD enzim aktivitesinin %1,3 yem verilen gruplar arasında karşılaştırılması yapıldığında; başlangıçta en yüksek değere $2,59 \pm 0,07$ EU/mg protein ile D1 grubunun; en düşük değere ise $1,20 \pm 0,06$ EU/mg protein ile D3 grubunun sahip olduğu; D2 ve D4 gruplarının ise sırayla $2,05 \pm 0,10$ EU/mg protein ve $2,29 \pm 0,11$ EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir (Şekil 4.37). Gruplar arasındaki bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). 4. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değere

2,48±0,13 EU/mg protein ile D3 grubunun; en düşük değere ise 1,83±0,03 EU/mg protein ile D4 grubunun sahip olduğu; D1 ve D2 gruplarının ise sırayla 1,84±0,04 EU/mg protein ve 2,47±0,07 EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir. İstatistik analizler sonucunda D1 ile D4 grupları arasındaki fark ve D2 ile D3 grupları arasındaki fark önemsiz, D1 ve D4'ün D2 ve D3'le arasındaki fark önemli çıkmıştır ($p<0,01$). 8. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değere 3,30±0,15 EU/mg protein ile D3 grubunun; en düşük değere ise 2,10±0,06 EU/mg protein ile D2 grubunun sahip olduğu; D1 ve D4 gruplarının ise sırayla 3,10±0,12 EU/mg protein ve 2,41±0,08 EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir. Gruplar arasındaki bu fark istatistiksel olarakönemli bulunmuştur ($P<0,01$). 12. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değere 3,36±0,21 EU/mg protein ile D2 grubunun; en düşük değere ise 2,17±0,09 EU/mg protein ile D1 grubunun sahip olduğu; D3 ve D4 gruplarının ise sırayla 2,50±0,15 EU/mg protein ve 2,45±0,11 EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir. Gruplar arasındaki bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.37).

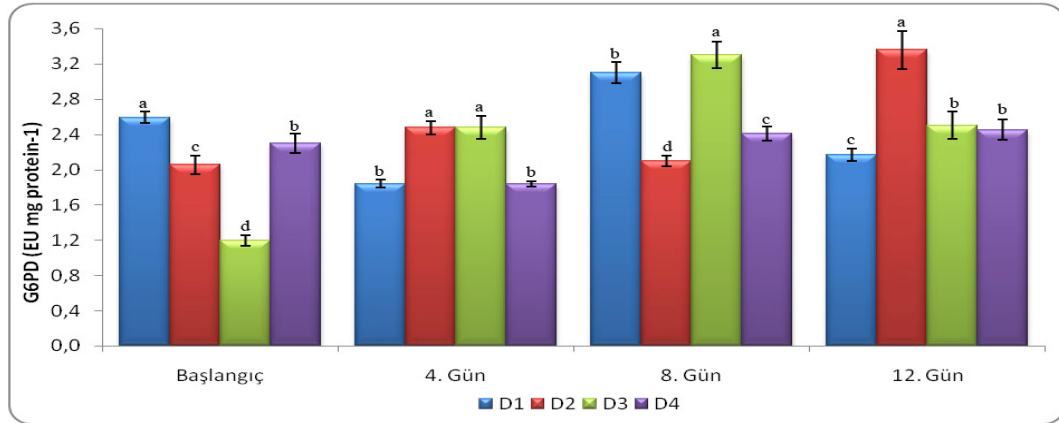
G6PD enzim aktivitesinin %2,6 yem verilen gruplar arasında karşılaştırılması yapıldığında; başlangıçta en yüksek değere 2,36±0,19 EU/mg protein ile D1 grubunun; en düşük değere ise 1,32±0,05 EU/mg protein ile D3 grubunun sahip olduğu; D2 ve D4 gruplarının ise sırayla 2,00±0,11 EU/mg protein ve 1,61±0,06 EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir (Şekil 4.38). Gruplar arasındaki bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$). 4. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değere 2,08±0,11 EU/mg protein ile D2 grubunun; en düşük değere ise 1,34±0,05 EU/mg protein ile D1 grubunun sahip olduğu; D3 ve D4 gruplarının ise sırayla 1,49±0,05 EU/mg protein ve 1,75±0,04 EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir. İstatistik analizler sonucunda gruplar arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0,01$). 8. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değere 2,90±0,10 EU/mg protein ile D1 grubunun; en düşük değere ise 1,45±0,07 EU/mg protein ile D4 grubunun sahip olduğu; D2 ve D3 gruplarının ise sırayla 1,70±0,05 EU/mg protein ve 1,74±0,12 EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir. İstatistik analizler neticesinde D2 ve D3 grupları arasındaki fark önemsiz, çıkarken bunların diğer gruplar ile arasında olan farkın önemli

olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$). 12. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değer 1,99±0,07 EU/mg protein ile D2 grubunun; en düşük değer 1,83±0,09 EU/mg protein ile D1 grubunun sahip olduğu; D3 ve D4 gruplarının ise sırayla 1,69±0,07 EU/mg protein ve 1,46±0,06 EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir. İstatistik analizler neticesinde D1 ve D3 grupları arasındaki fark önemsiz çıkarken bunların diğer gruplar ile arasında olan farkın önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$) (şekil 4.38).



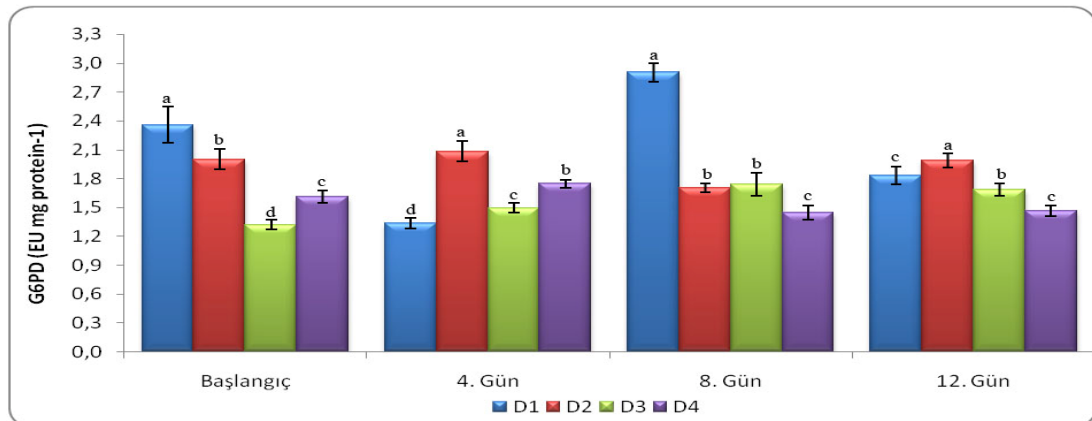
Şekil 4.36. G6PD enzim aktivitesinin yem verilmeyen gruplara göre değişimi

*D1: Balık yağı, D2: Soya lesitini, D3: Oleik asit, D4: Keten tohumu yağı



Şekil 4.37. G6PD enzim aktivitesinin %1,3 yem verilen gruplara göre değişimi

*D1: Balık yağı, D2: Soya lesitini, D3: Oleik asit, D4: Keten tohumu yağı



Şekil 4.38. G6PD enzim aktivitesinin %2,6 yem verilen gruplara göre değişimi

*D1: Balık yağı, D2: Soya lesitini, D3: Oleik asit, D4: Keten tohumu yağı

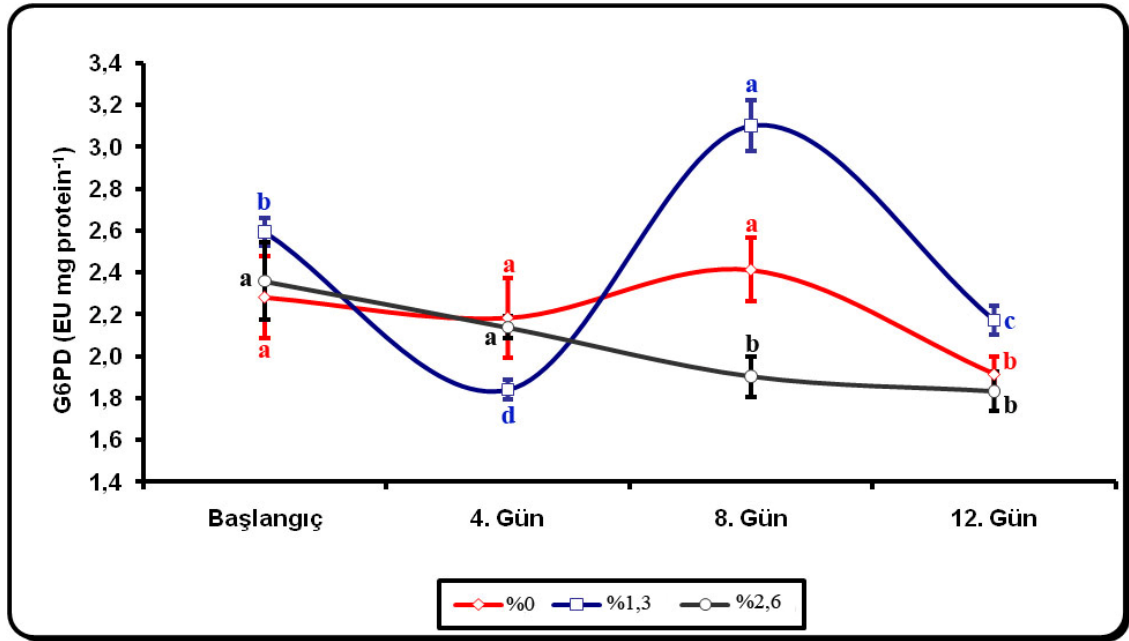
D1 (diyetlerinde balık yağı bulunan) grubunun %0'lık yemle beslenen balıkların 8. gün G6PD enzim aktivitesi $2,41 \pm 0,15$ EU/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük aktiviteyi $1,91 \pm 0,09$ EU/mg protein ile 12. günde gösterdiği belirlenmiştir. G6PD enzim aktivitesi başlangıçta $2,28 \pm 0,20$ EU/mg protein ve 4. günde ise $2,18 \pm 0,19$ EU/mg protein değerlerini almıştır (Şekil 4.39). İstatistik analizler sonucunda sadece 4. Gün değerlerinin diğer günlerden önemli derecede düşük çıktığı tespit edilmiştir ($p < 0,01$). %1,3'lük yemle beslenen balıkların 8. gün G6PD enzim aktivitesi $3,10 \pm 0,12$ EU/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük aktiviteyi $1,84 \pm 0,04$ EU/mg protein ile 4. günde gösterdiği belirlenmiştir. G6PD enzim aktivitesi başlangıçta $2,59 \pm 0,07$ EU/mg protein ve 12. günde ise $2,17 \pm 0,07$ EU/mg protein değerlerini almıştır. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). %2,6'lık yemle beslenen balıkların başlangıç G6PD enzim aktivitesi $2,36 \pm 0,19$ EU/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük aktiviteyi $1,83 \pm 0,09$ EU/mg protein ile 12. günde gösterdiği belirlenmiştir. G6PD enzim aktivitesi 4. günde $2,34 \pm 0,05$ EU/mg protein ve 8. gün ise $1,90 \pm 0,10$ EU/mg protein değerlerini almıştır. Başlangıç ve 4. gün arasındaki fark ile 8. gün ve 12. gün arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz çıkarken; başlangıç değeri ile 8. ve 12 gün arasındaki fark ile 4 günün 8. gün ve 12. gün arasındaki farkı önemli çıkmıştır ($p < 0,01$) (Şekil 4.39).

D2 grubunun %0'lık yemle beslenen balıkların başlangıç G6PD enzim aktivitesi $2,11 \pm 0,14$ EU/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük aktiviteyi $1,35 \pm 0,06$ EU/mg protein ile 8. günde gösterdiği belirlenmiştir. G6PD enzim aktivitesi 4.ve 12. Günlerde sırayla $2,04 \pm 0,096$ EU/mg protein ve $2,08 \pm 0,12$ EU/mg protein değerlerini almıştır (Şekil 4.40). Sadece 8. Gün değerleri diğer günlerden önemli derecede düşük çıkmıştır ($p < 0,01$). %1,3'lük yemle beslenen balıkların 12. gün G6PD enzim aktivitesi $3,36 \pm 0,21$ EU/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük aktiviteyi $2,05 \pm 0,10$ EU/mg protein ile 8. günde gösterdiği belirlenmiştir. G6PD enzim aktivitesi 4. ve 8. günlerde sırayla $2,47 \pm 0,07$ EU/mg protein ve $2,10 \pm 0,06$ EU/mg protein değerlerini almıştır. Başlangıç değeri ile 8. gün değeri arasındaki fark önemsiz bulunurken diğer değerler arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur

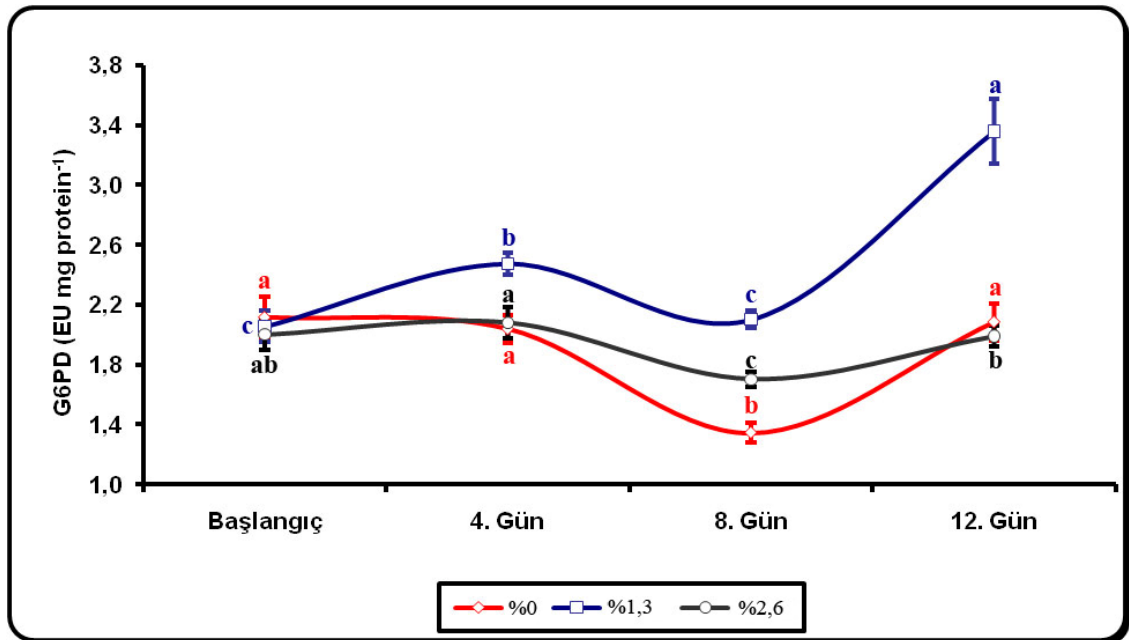
($p<0,01$). %2,6'lık yemle beslenen balıkların 4. gün G6PD enzim aktivitesi $2,08\pm0,14$ EU/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük aktiviteyi $1,70\pm0,05$ EU/mg protein ile 8. günde gösterdiği belirlenmiştir. G6PD enzim aktivitesi başlangıç ve 12. günlerde sırayla $2,00\pm0,11$ EU/mg protein ve $1,99\pm0,07$ EU/mg protein değerlerini almıştır. İstatistik analizler neticesinde başlangıç ve 12. gün değerleri arasındaki fark ile başlangıç ve 4. gün arasındaki fark önemsiz bulunmuş ancak, 8. gün ile diğer günler arasındaki farklılık önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Yine 12. gün ile başlangıç arasındaki farklılık da istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.40).

D3 grubunun %0'lık yemle beslenen balıkların başlangıç G6PD enzim aktivitesi $1,62\pm0,095$ EU/mg protein ile en düşük değere sahip olurken, en yüksek aktiviteyi $2,35\pm0,085$ EU/mg protein ile 12. günde gösterdiği belirlenmiştir. G6PD enzim aktivitesi 4.ve 8. günlerde sırayla $2,22\pm0,12$ EU/mg protein ve $2,10\pm0,08$ EU/mg protein değerlerini almıştır (Şekil 4.41). Analizler neticesinde başlangıç değerinin diğerlerinden önemli decede düşük çıktığı ($p<0,01$) ve diğer değerler arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir. %1,3'lük yemle beslenen balıkların başlangıç G6PD enzim aktivitesi $1,20\pm0,06$ EU/mg protein ile en düşük değere sahip olurken, en yüksek aktiviteyi $3,30\pm0,15$ EU/mg protein ile 8. günde gösterdiği belirlenmiştir. G6PD enzim aktivitesi 4. ve 12. günlerde sırayla $2,48\pm0,13$ EU/mg protein ve $2,50\pm0,15$ EU/mg protein değerlerini almıştır. İstatistik analizler sonucunda 4. ve 12 günler arasındaki fark önemsiz çıkarken diğer günler arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0,01$). %2,6'lık yemle beslenen balıkların başlangıç G6PD enzim aktivitesi $1,32\pm0,05$ EU/mg protein ile en düşük değere sahip olurken, en yüksek aktiviteyi $1,74\pm0,12$ EU/mg protein ile 8. günde gösterdiği belirlenmiştir. G6PD enzim aktivitesi 4. ve 12. günlerde sırayla $1,49\pm0,05$ EU/mg protein ve $1,69\pm0,07$ EU/mg protein değerlerini almıştır. İstatistik analizleri sonucunda sadece 8. ve 12. günler arasındaki fark önemsiz çıkarken, diğer günler arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.41).

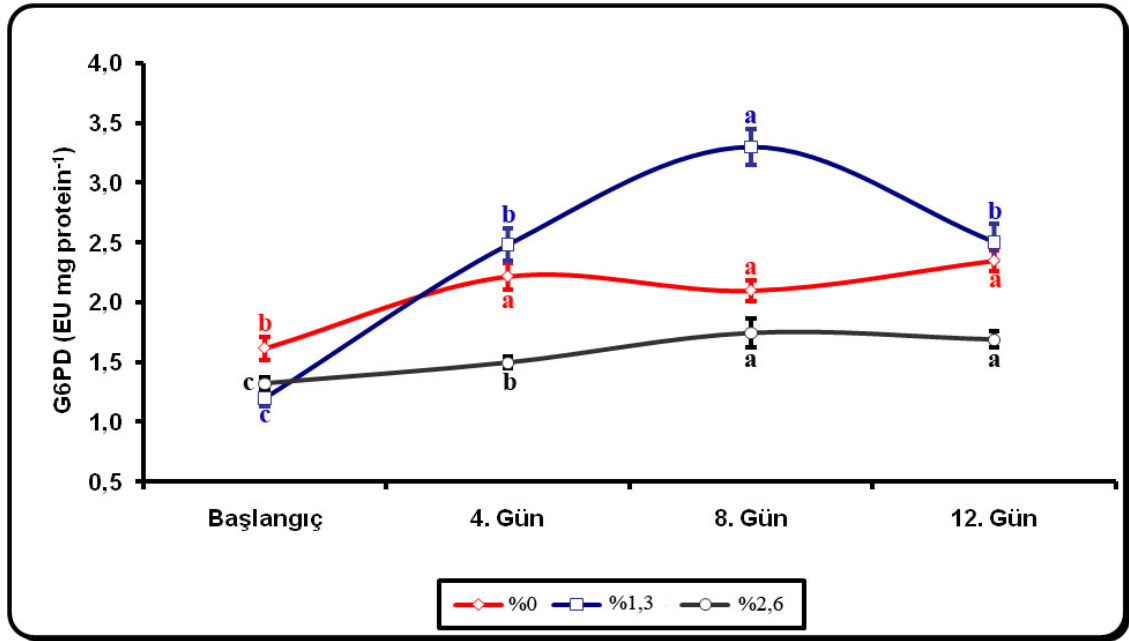
D4 grubunun %0'lık yemle beslenen balıklarının başlangıç G6PD enzim aktivitesi $2,79 \pm 0,09$ EU/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük aktiviteyi $1,81 \pm 0,06$ EU/mg protein ile 12. günde gösterdiği belirlenmiştir. G6PD enzim aktivitesi 4. ve 8. günlerde sırayla $2,06 \pm 0,09$ EU/mg protein ve $2,25 \pm 0,05$ EU/mg protein değerlerini almıştır (Şekil 4.42). Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). %1,3'lük yemle beslenen balıkların 12. gün G6PD enzim aktivitesi $2,45 \pm 0,11$ EU/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük aktiviteyi $1,83 \pm 0,03$ EU/mg protein ile 4. günde gösterdiği belirlenmiştir. G6PD enzim aktivitesi başlangıçta ve 8. günde sırayla $2,29 \pm 0,11$ EU/mg protein ve $2,41 \pm 0,08$ EU/mg protein değerlerini almıştır. Başlangıçla 8. gün arasındaki fark ve 8. gün ile 12. gün arasındaki fark önemsiz bulunurken, 4. gün değerleri ile diğer günler ölçülen tüm değerler arasındaki farklar önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). Yine başlangıç ile 12. gün arasındaki fark da istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). %2,6'lık yemle beslenen balıkların 4. gün G6PD enzim aktivitesi $1,75 \pm 0,04$ EU/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük aktiviteyi $1,45 \pm 0,07$ EU/mg protein ile 8. günde gösterdiği belirlenmiştir. G6PD enzim aktivitesi başlangıçta ve 12. günlerde sırayla $1,61 \pm 0,06$ EU/mg protein ve $1,46 \pm 0,06$ EU/mg protein değerlerini almıştır. İstatistik analizler neticesinde 8. ve 12. günler arasındaki fark önemsiz bulunurken diğer gruplar arasındaki farklar önemli bulunmuştur ($p < 0,01$) (Şekil 4.42).



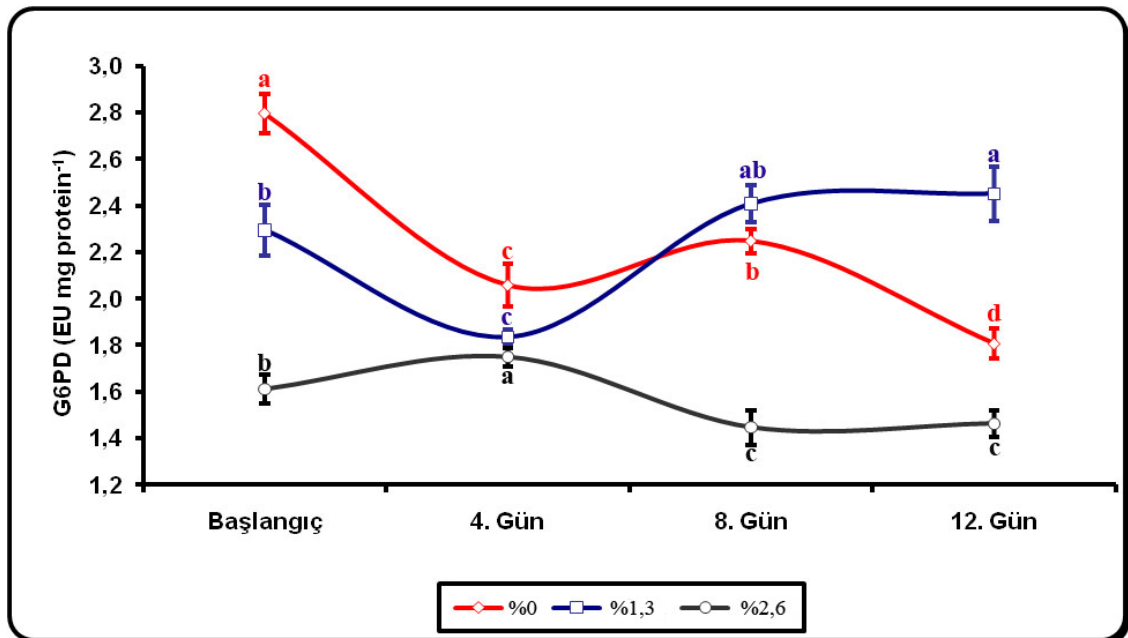
Şekil 4.39. G6PD enziminin balık yağı (D1) grubunda yem miktarlarına göre değişimi



Şekil 4.40. GR enziminin soya lesitini (D2) grubunda yem miktarlarına göre değişimi



Şekil 4.41. G6PD enziminin oleik asit (D3) grubunda yem miktarlarına göre değişimi



Şekil 4.42. G6PD enziminin keten tohumu yağı (D4) grubunda yem miktarlarına göre değişimi

4.3.7. MDA miktarına ilişkin sonuçlar

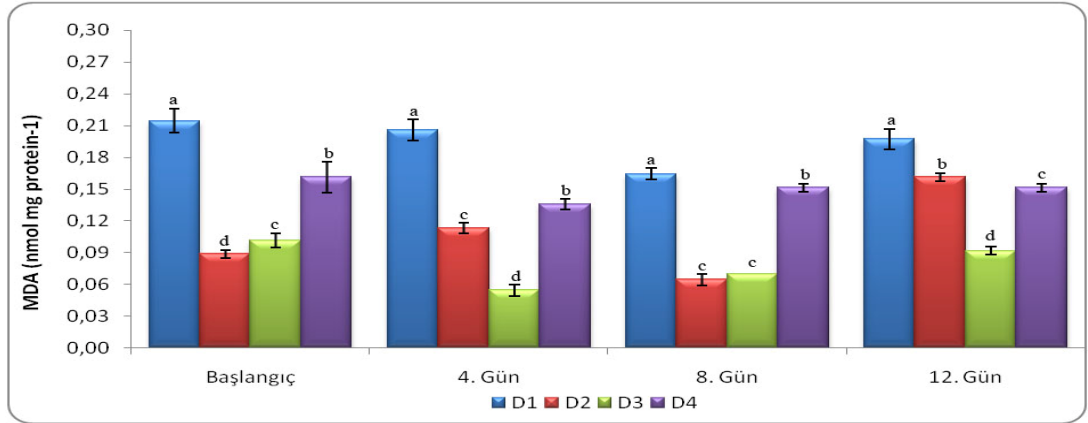
MDA miktarının %0 yem verilen gruplar arasında karşılaştırılması yapıldığında; başlangıçta en yüksek değere $0,214 \pm 0,01$ nmol/mg protein ile D1 grubunun; en düşük değere ise $0,089 \pm 0,00$ nmol/mg protein ile D2 grubunun sahip olduğu; D3 ve D4 gruplarının ise sırayla $0,101 \pm 0,01$ nmol/mg protein ve $0,161 \pm 0,02$ nmol/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir (Şekil 4.43). Gruplar arasındaki bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). 4. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değere $0,206 \pm 0,01$ nmol/mg protein ile D1 grubunun; en düşük değere ise $0,054 \pm 0,01$ nmol/mg protein ile D3 grubunun sahip olduğu; D2 ve D4 gruplarının ise sırayla $0,113 \pm 0,01$ nmol/mg protein ve $0,136 \pm 0,01$ nmol/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir. Gruplar arasındaki bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). 8. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değere $0,164 \pm 0,01$ nmol/mg protein ile D1 grubunun; en düşük değere ise $0,64 \pm 0,01$ nmol/mg protein ile D2 grubunun sahip olduğu; D3 ve D4 gruplarının ise sırayla $0,070 \pm 0,00$ nmol/mg protein ve $0,151 \pm 0,01$ nmol/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir. Gruplar arasındaki bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). 12. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değere $0,197 \pm 0,01$ nmol/mg protein ile D1 grubunun; en düşük değere ise $0,091 \pm 0,00$ nmol/mg protein ile D3 grubunun sahip olduğu; D2 ve D4 gruplarının ise sırayla $0,161 \pm 0,00$ nmol/mg protein ve $0,151 \pm 0,00$ nmol/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir. Gruplar arasındaki bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$) (Şekil 4.43).

MDA miktarının %1,3 yem verilen gruplar arasında karşılaştırılması yapıldığında; başlangıçta en yüksek değere $0,209 \pm 0,01$ nmol/mg protein ile D1 grubunun; en düşük değere ise $0,091 \pm 0,00$ nmol/mg protein ile D2 ve D4 grubunun sahip olduğu; D3 grubunun ise $0,110 \pm 0,01$ nmol/mg protein değerini aldığı görülmektedir (Şekil 4.44). İstatistik analizler neticesinde D2 ve D4 arasındaki fark önemsiz bulunurken diğer gruplar arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). 4. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değere $0,134 \pm 0,00$ nmol/mg protein ile D1 ve D4 gruplarının sahip olduğunu,

en düşük değere ise $0,061 \pm 0,01$ nmol/mg protein ile D3 grubunun sahip olduğu; D2 grubunun ise $0,123 \pm 0,01$ nmol/mg protein değerini aldığı görülmektedir. İstatistik analizler neticesinde D1 ile D4 grupları arasındaki fark önemsiz bulunurken diğer gruplara arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). 8. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değere D4 grubunun ($0,181 \pm 0,01$ nmol/mg protein); en düşük değere ise $0,069 \pm 0,004$ nmol/mg protein ile D3 gruplarının sahip olduğu görülmektedir. D1 grubunun $0,176 \pm 0,00$ nmol/mg protein, D2 grubunun ise $0,071 \pm 0,00$ nmol/mg protein olduğu belirlenmiş olup, D2 ve D3 arasındaki farkın önemsiz, ancak diğer gruplar arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir ($P < 0,01$). 12. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değere $0,234 \pm 0,01$ nmol/mg protein ile D4 grubunun; en düşük değere ise $0,124 \pm 0,01$ nmol/mg protein ile D3 grubunun sahip olduğu; D1 ve D2 gruplarının ise sırayla $0,233 \pm 0,01$ nmol/mg protein ve $0,156 \pm 0,01$ nmol/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir. İstatistik analizler neticesinde D1 ve D4 arasındaki fark önemsiz, çıkarken diğer gruplara arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0,01$) (Şekil 4.44).

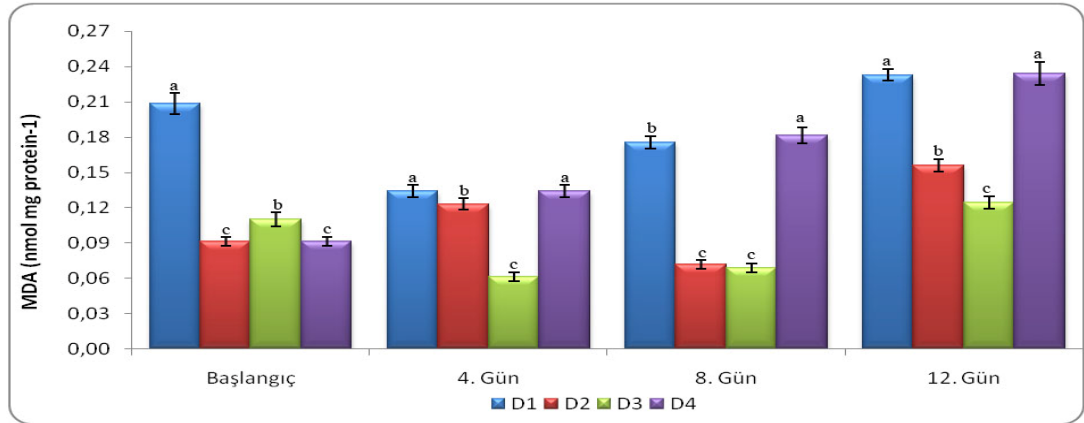
MDA miktarının %2,6 yem verilen gruplar arasında karşılaştırılması yapıldığında; başlangıçta en yüksek değere $0,206 \pm 0,01$ nmol/mg protein ile D1 grubunun; en düşük değere ise $0,094 \pm 0,00$ nmol/mg protein ile D2 ve D3 gruplarının sahip olduğu; D4 grubunun ise $0,137 \pm 0,01$ nmol/mg protein değerini aldığı görülmektedir (Şekil 4.45). İstatistik analizler neticesinde D2 ve D3 arasındaki fark önemsiz, bulunurken diğer gruplar arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). 4. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değere $0,130 \pm 0,00$ nmol/mg protein ile D4 grubunun sahip olduğunu, en düşük değere ise $0,080 \pm 0,00$ nmol/mg protein ile D3 grubunun sahip olduğu; D1 ve D2 gruplarının ise sırayla $0,113 \pm 0,01$ nmol/mg protein ve $0,101 \pm 0,00$ nmol/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir. İstatistik analizler neticesinde gruplar arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). 8. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değere D1 grubunun ($0,124 \pm 0,01$ nmol/mg protein); en düşük değere ise $0,067 \pm 0,01$ nmol/mg protein ile D2 gruplarının sahip olduğu görülmektedir. D3 grubunun $0,090 \pm 0,01$ EU/mg protein, D4 grubunun ise $0,123 \pm 0,008$ EU/mg protein olduğu belirlenmiş olup, D1 ve

D4 arasındaki farkın önemsiz, ancak diğer gruplar arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$). 12. gün değerlerine baktığımızda en yüksek değere $0,144\pm0,01$ EU/mg protein ile D1 grubunun; en düşük değere ise $0,091\pm0,00$ EU/mg protein ile D2 grubunun sahip olduğu; D3 ve D4 gruplarının ise sırayla $0,096\pm0,01$ EU/mg protein ve $0,134\pm0,01$ EU/mg protein değerlerini aldıkları görülmektedir. İstatistik analizler neticesinde D2 ve D3 arasındaki fark önemsiz çıkarken diğer gruplara arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.45).



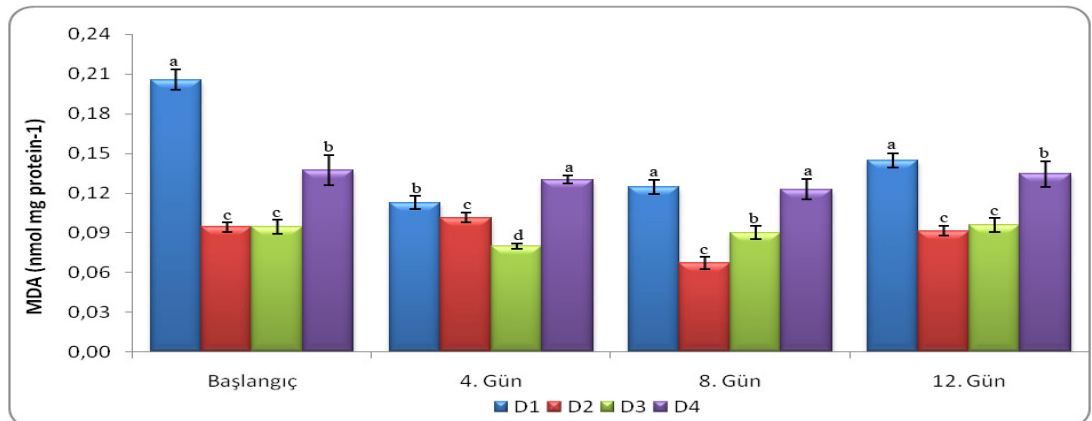
Şekil 4.43. MDA miktarının yem verilmeyen gruplara göre değişimi

*D1: Balık yağı, D2: Soya lesitini, D3:Oleik asit, D4: Keten tohumu yağı



Şekil 4.44. MDA miktarının %1,3 yem verilen gruplara göre değişimi

*D1: Balık yağı, D2: Soya lesitini, D3:Oleik asit, D4: Keten tohumu yağı



Şekil 4.45. MDA miktarının %2,6 yem verilen gruplara göre değişimi

*D1: Balık yağı, D2: Soya lesitini, D3:Oleik asit, D4: Keten tohumu yağı

D1 (diyetlerinde balık yağı bulunan) grubunun %0' lık yemle beslenen balıkların başlangıç MDA miktarı $0,21 \pm 0,01$ nmol/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük miktarı $0,16 \pm 0,01$ nmol/mg protein ile 8. günde gösterdiği belirlenmiştir. MDA miktarı 4. günde $0,21 \pm 0,01$ nmol/mg protein ve 12. günde ise $0,20 \pm 0,01$ nmol/mg protein değerlerini almıştır (Şekil 4.46). İstatistik analizler sonucunda 8. gün miktarının diğer günlerden önemli derecede düşük çıktığı tespit edilmiştir ($p < 0,01$). Ayrıca 4. ve 12. gün arasındaki farkın ve başlangıç ile 4. gün arasındaki farkın önemsiz olduğu, ancak başlangıç ile 12. gün arasındaki farklılığında istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,01$). %1,3'lük yemle beslenen balıkların 12. gün MDA miktarı $0,23 \pm 0,01$ nmol/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük aktiviteyi $0,13 \pm 0,01$ nmol/mg protein ile 4. günde gösterdiği belirlenmiştir. MDA miktarı başlangıçta $0,21 \pm 0,01$ nmol/mg protein ve 8. günde ise $0,18 \pm 0,01$ nmol/mg protein değerlerini almıştır. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). %2,6'luk yemle beslenen balıkların başlangıç MDA miktarı $0,21 \pm 0,01$ nmol/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük miktarın $0,11 \pm 0,01$ nmol/mg protein ile 4. günde olduğu belirlenmiştir. MDA miktarı 8. günde $0,12 \pm 0,01$ nmol/mg protein ve 12. gün ise $0,14 \pm 0,01$ nmol/mg protein değerlerini almıştır. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$) (Şekil 4.46).

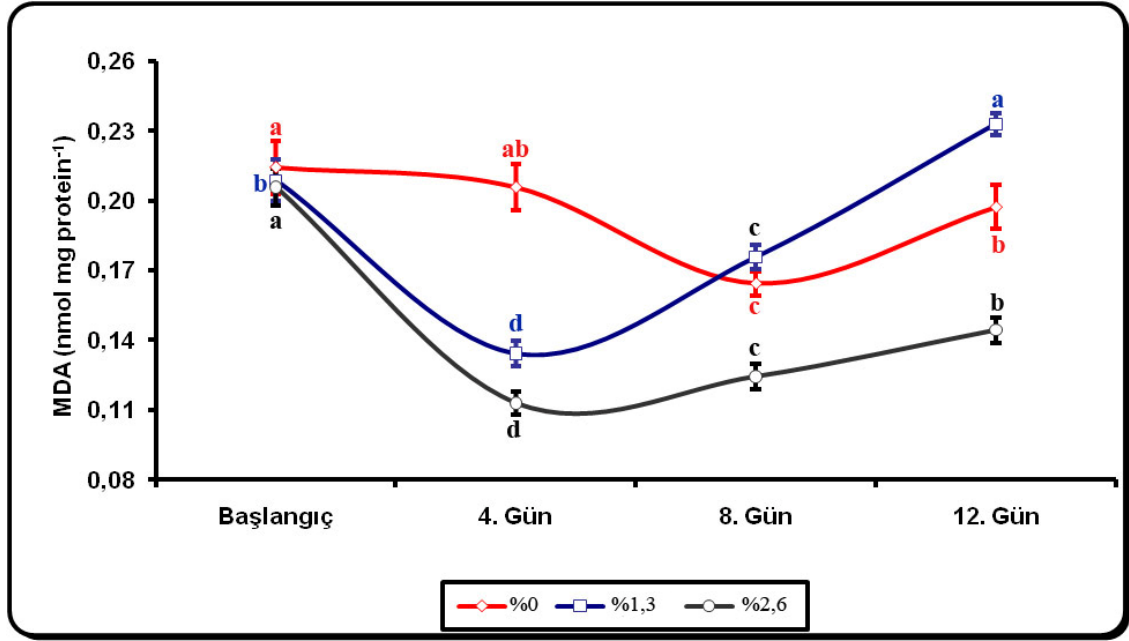
D2 grubunun %0' lık yemle beslenen balıkların 12. gün MDA miktarı $0,16 \pm 0,00$ nmol/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük miktarı $0,06 \pm 0,00$ nmol/mg protein ile 8. günde gösterdiği belirlenmiştir. MDA miktarı başlangıçta $0,09 \pm 0,00$ nmol/mg protein ve 4. günde ise $0,11 \pm 0,01$ nmol/mg protein değerlerini almıştır (Şekil 4.47). İstatistik analizler sonucunda gruplar arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0,01$). %1,3'lük yemle beslenen balıkların 12. gün MDA miktarı $0,16 \pm 0,01$ nmol/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük aktiviteyi $0,07 \pm 0,01$ nmol/mg protein ile 8. günde gösterdiği belirlenmiştir. MDA miktarı başlangıçta $0,09 \pm 0,00$ nmol/mg protein ve 4. günde ise $0,12 \pm 0,00$ EU/mg protein değerlerini almıştır. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli

bulunmuştur ($p<0,01$). %2,6'lık yemle beslenen balıkların başlangıç MDA miktarı $0,09\pm0,004$ EU/mg protein olup en düşük miktar $0,07\pm0,01$ nmol/mg protein ile 8. günde, en yüksek miktarın $0,10\pm0,01$ EU/mg protein ile 4. günde olduğu belirlenmiştir. MDA miktarı 12. günde $0,09\pm0,00$ nmol/mg protein olarak belirlenmiştir. İstatistik analizler sonucunda başlangıç ile 12. gün miktarı arasındaki fark önemsiz çıkarken diğer gruplar arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0,01$) (Şekil 4.47).

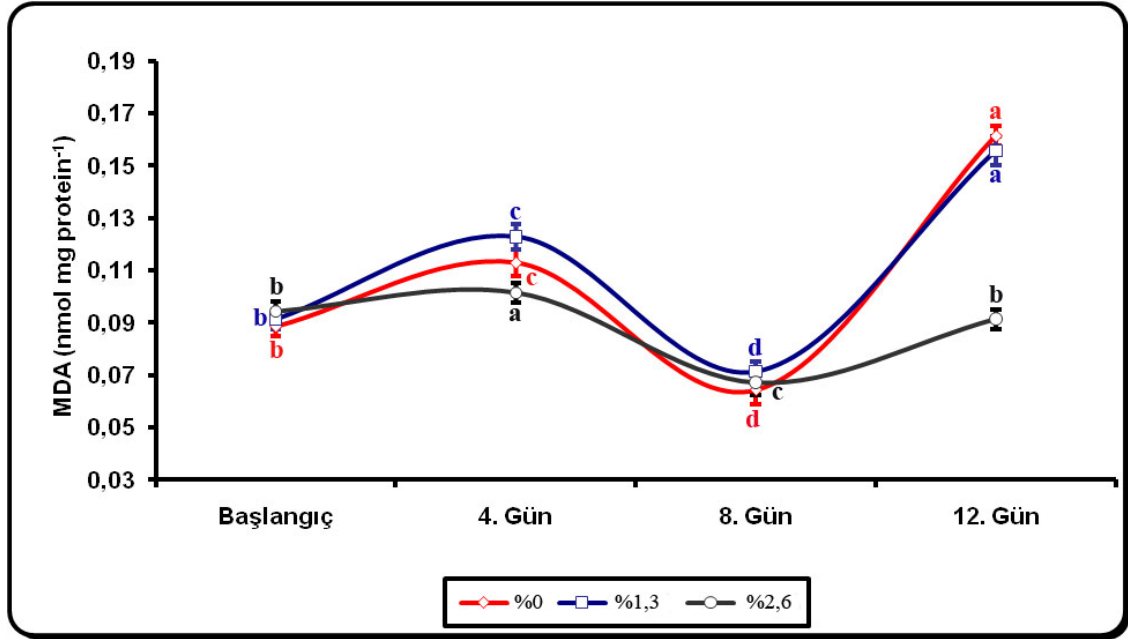
D3 grubunun %0'lık yemle beslenen balıkların başlangıç MDA miktarı $0,10\pm0,01$ nmol/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük miktarı $0,05\pm0,01$ nmol/mg protein ile 4. günde gösterdiği belirlenmiştir. MDA miktarı 8. günde $0,07\pm0,00$ nmol/mg protein ve 12. günde ise $0,09\pm0,00$ nmol/mg protein değerlerini almıştır (Şekil 4.48). İstatistik analizler sonucunda gruplar arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$). %1,3'lük yemle beslenen balıkların 12. gün MDA miktarı $0,12\pm0,01$ nmol/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük aktiviteyi $0,06\pm0,00$ nmol/mg protein ile 4. günde gösterdiği belirlenmiştir. MDA miktarı başlangıçta $0,11\pm0,01$ nmol/mg protein ve 8. günde ise $0,07\pm0,00$ nmol/mg protein değerlerini almıştır. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$). %2,6'lık yemle beslenen balıkların başlangıç MDA miktarı $0,09\pm0,01$ nmol/mg protein olup en düşük miktar $0,08\pm0,00$ nmol/mg protein ile 4. günde, en yüksek miktarın $0,10\pm0,01$ nmol/mg protein ile 12. günde olduğu belirlenmiştir. MDA miktarı 8. günde $0,09\pm0,01$ nmol/mg protein olarak belirlenmiştir. İstatistik analizler sonucunda sadece 4. gün ölçülen miktar diğerlerinden önemli derecede küçük çıkarken ($p<0,01$) diğer miktarlara arasındaki fark önemsiz bulunmuştur (Şekil 4.48).

D4 grubunun %0'lık yemle beslenen balıkların başlangıç MDA miktarı $0,16\pm0,02$ nmol/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük miktarı $0,14\pm0,01$ EU/mg protein ile 4. günde gösterdiği belirlenmiştir. MDA miktarı 8. ve 12. günde ise $0,15\pm0,00$ nmol/mg protein olarak ölçülmüştür (Şekil 4.49). İstatistik analizler sonucunda sadece 4. gün ölçülen MDA miktarının diğerlerinden önemli derecede düşük

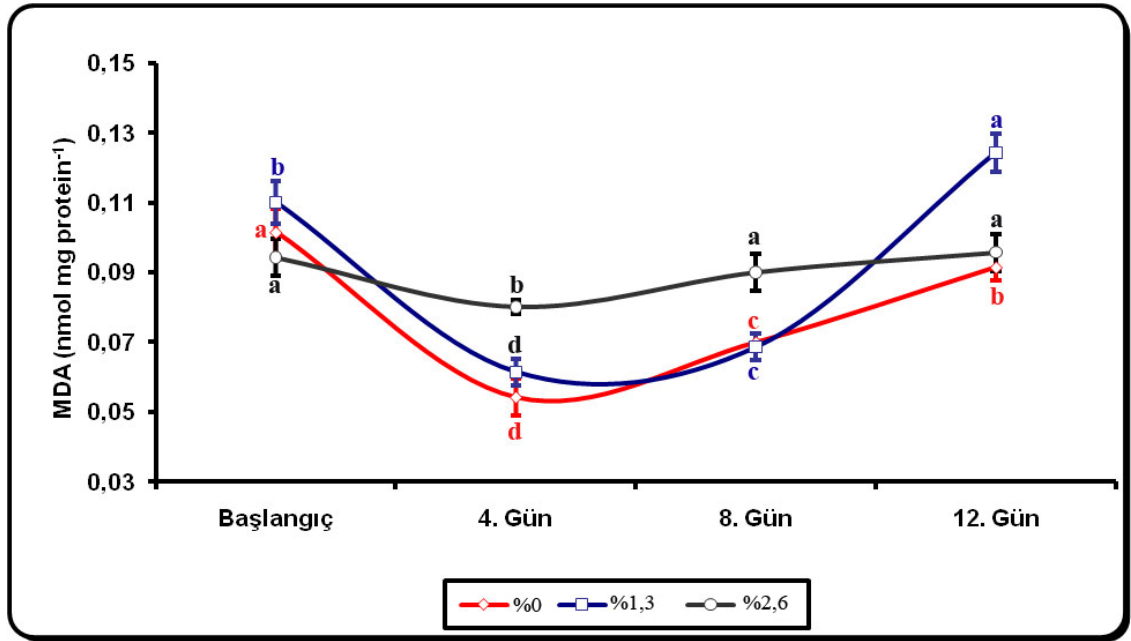
olduğu belirlenmiştir ($p<0,01$). %1,3'lük yemle beslenen balıkların 12. gün MDA miktarı $0,23\pm0,01$ nmol/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük aktiviteyi $0,09\pm0,00$ nmol/mg protein ile başlangıçta gösterdiği belirlenmiştir. MDA miktarı 4. günde $0,13\pm0,01$ nmol/mg protein ve 8. günde ise $0,18\pm0,01$ EU/mg protein olarak ölçülmüştür. Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$). %2,6'lık yemle beslenen balıkların başlangıç MDA miktarı $0,14\pm0,01$ nmol/mg protein ile en yüksek değere sahip olurken, en düşük aktiviteyi $0,12\pm0,01$ nmol/mg protein ile 8. günde gösterdiği belirlenmiştir. MDA miktarı 4. günde $0,13\pm0,00$ nmol/mg protein ve 12. günde ise $0,13\pm0,01$ nmol/mg protein olarak ölçülmüştür. İstatistik analizler sonucunda 4. gün ile diğer günler arasındaki fark önemsiz çıkarken, 8. gün ile diğer günler arasındaki fark önemli çıkmıştır ($p<0,01$). Başlangıçla 12. gün arasındaki farkta istatistiksel olarak önemli değildir (Şekil 4.49).



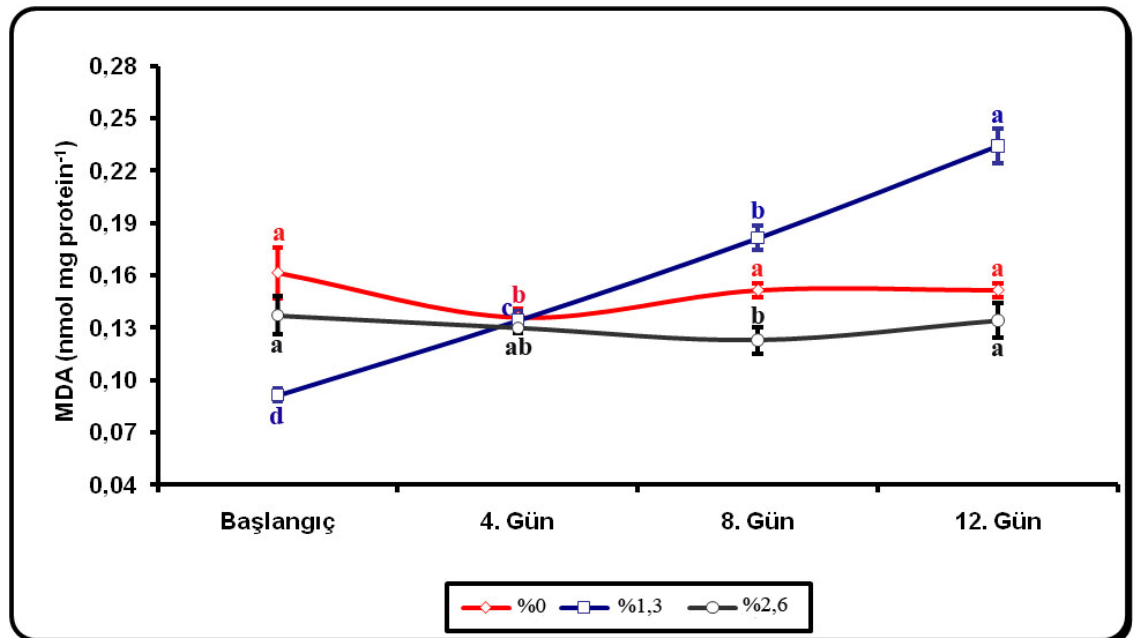
Şekil 4.46. MDA miktarının balık yağı (D1) grubunda yem miktarlarına göre değişimi



Şekil 4.47. MDA miktarının soya lesitini (D2) grubunda yem miktarlarına göre değişimi



Şekil 4.48. MDA miktarının oleik asit (D3) grubunda yem miktarlarına göre değişimi



Şekil 4.49. MDA miktarının keten tohumu yağı (D4) grubunda yem miktarlarına göre değişimi

4.4. Yağ Asidi Kompozisyonuna İlişkin Sonuçlar

Balıkların yağ asidi kompozisyonları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Yemlerin ve balık etinin yağ asidi kompozisyonlarında %9 yağlı balık unundan gelen katkı değerlendirilmelerde göz önüne alınmalıdır.

4.4.1. SFA profillerine ilişkin sonuçlar

Çizelge 4.1’den de görülebileceği gibi grupların SFA değerleri $11,10 \pm 1,43$ (D4) ile $21,94 \pm 1,08$ (D2) değerleri arasında değişmiş ve dört grup arasında en yüksek toplam SFA değerleri D2 grubunda belirlenmiştir. Diğer iki grubun SFA değerleri ise D3 grubunda $13,77 \pm 1,79$ ve D1 grubunda ise $20,03 \pm 1,57$ olarak belirlenmiştir. İstatistiksel analizler neticesinde gruplar birbiriyle karşılaştırıldığında D1 grubunun D2 grubu ile arasındaki farkın önemli olmadığı, ancak D3 ve D4 gruplarından önemli derecede ($p < 0,05$) farklı olduğu tespit edilmiştir. D3 ile D4 grupları arasındaki fark ise istatistiksel olarak önem arz etmemektedir.

4.4.2. MUFA profillerine ilişkin sonuçlar

Tekli doymamış yağ asitleri bakımından örnekler incelendiğinde toplam MUFA miktarının $17,40 \pm 1,23$ (D4) ile $49,10 \pm 2,83$ (D3) aralığında değişim gösterdiği saptanmıştır. D2 grubu değeri $19,88 \pm 0,96$ D1 grubu ise $25,76 \pm 1,57$ olarak tespit edilmiş ve sadece D2 ile D4 arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz olarak bulunurken diğer grupların birbiri ile arasındaki farkın önemli ($p < 0,05$) olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$) (Çizelge 4.1).

4.4.3. n–3 çoklu doymamış yağ asidi profillerine ilişkin sonuçlar

Toplam n–3 çoklu doymamış yağ asitleri (n–3 PUFA) miktarı incelendiğinde gruplar arasında en yüksek değerin D4 grubunda (%54,67±3,04), olduğu ve diğer grupların ise sırayla %39,19±2,22 (D1); %14,32±2,01 (D2) ve %22,25±2,32 (D3) değerlerini aldığı görülmüştür. İstatistik analizler neticesinde oleik asit ile soya lesitini grupları arasındaki fark önemsiz çıkarken, bunların diğer iki gruba arasındaki fark önemli bulunmuştur. Ketten tohumu yağı grubunun diğer gruplardan önemli derecede yüksek çıktığı tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Linolenik asit önemli bir n–3 PUFA'dır. En yüksek değeri %33,64±1,82 ile D4 grubunda alırken, en düşük değeri ise %0,84±0,30 ile D3 grubunda almıştır. D2 grubunda %2,19±0,26 ve D1 grubunda %2,43±0,31 değerlerini almıştır. İstatistik analizler sonucunda sadece D4 grubu diğer gruplardan önemli derecede yüksek çıkmıştır ($p<0,05$).

Diğer önemli bir n-3 PUFA ise DHA'dır. En yüksek değeri %22,90±1,13 ile D1 grubunda alırken %15,98±0,69 ile D3 grubu onu takip etmektedir. D2 ve D4 grupları ise sırayla %14,71±1,40 ve %12,11±2,10 değerlerini almıştır. İstatistik analizler neticesinde D2 ve D3 grupları arasındaki farkın önemli olmadığı ve bu iki grubun diğer gruplar ile arasındaki farkın önemli olduğu ortaya çıkmıştır. Yine D1 diğer üç gruba arasındaki farkında istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir.

EPA, DHA'nın ardından n–3 PUFA grubuna dahil olan diğer bir önemli yağ asididir. EPA gruplar arasında en yüksek değerini D1'de gösterirken (%7,88±0,70), en düşük değeri ise %2,45±0,22 ile D4 grubunda almıştır. D2 grubunda %1,42±0,04 ve D3'te ise %1,17±0,30 değerlerini almış olup tüm gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir.

4.4.4. n–6 çoklu doymamış yağ asidi profillerine ilişkin sonuçlar

Toplam n–6 çoklu doymamış yağ asitleri (n–6 PUFA) bakımından gruplar incelendiğinde en yüksek değerin $19,38 \pm 0,74$ ile D2 grubuna ait olduğu ve sonra sırayla D4, D3 ve D1 ($13,97 \pm 0,23$ $11,86 \pm 0,65$ ve $8,47 \pm 0,33$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.1). D4 ve D3 grubu arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli olarak bulunmazken, bunların diğer gruplarla arasındaki fark ve D1 ile D2 grubu arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$).

Linoleik asit (18:2n-6) önemli bir n-6 PUFA olup en yüksek değeri $15,83 \pm 0,35$ ile D2 grubunda alırken en düşük değeri ise $5,88 \pm 0,25$ ile D1 grubunda almıştır. D3 grubu $8,73 \pm 0,48$ ve D4 grubu $12,57 \pm 0,27$ değerlerini almışlardır. Bu dört grup arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli ($p < 0,05$) olduğu bulunmuştur.

Araşidonik asit ise diğer önemli bir n–6 PUFA’dır. Gruplar arasında bu yağ asidinin en yüksek miktarı D2 grubunda ($3,26 \pm 0,40$), en düşük miktarı ise $0,46 \pm 0,06$ değeri ile D4 grubunda belirlenmiştir. D3 grubu $0,95 \pm 0,04$ ve D1 grubu $0,94 \pm 0,00$ değerlerini almıştır (Çizelge 4.1). D3 ve D1 grupları arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz olarak bulunurken, bu iki grubun D2 ile D4 grupları arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Yine D2 grubu ile D4 grupları arasındaki farkta istatistiksel açıdan önemlidir ($p < 0,05$).

4.4.5. n–3/n–6 PUFA ve EPA+DHA değerleri

n–3/n–6 PUFA oranı tüm gruplarda en yüksek değerine D1 grubu’nda ($4,63 \pm 0,28$) ulaşmıştır. D4 grubu için bu değer $3,92 \pm 0,26$ ve D3 grubu için $1,89 \pm 0,30$; D2 grubu için ise $1,26 \pm 0,16$ olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). D1 grubu ile D4 grubu arasındaki fark önemsiz, D3 grubu ve D2 grubu arasındaki fark önemsiz, ancak D1 ve D4 grupları D3 ve D2 gruplarından önemli dercede yüksek bulunmuştur. ($p < 0,05$).

Çalışmada son olarak EPA+DHA değerinin söz konusu gruplarda nasıl bir değişim gösterdiği test edilmiştir. Buna göre en yüksek değer D1 grubunda ($30,78 \pm 1,78$) en düşük değer D4 ($14,56 \pm 2,31$) grubunda belirlenmiştir. D2 grubu $19,18 \pm 1,93$; D3 grubu ise $19,12 \pm 1,56$ değerlerini almış ve D2 ile D3 arasındaki farkın önemsiz olduğu, ancak bu iki grubun diğer gruplarla arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). D1 grubu ile diğer gruplar arasındaki farkta yine istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$).

Çizelge 4.3. Farklı yağ kaynaklarıyla (balık yağı, soya lesitini, oleik asit, keten tohumu yağı) beslenen kahverenkli alabalık (*S. trutta*)’ın deneme sonu yağ asidi kompozisyonu

Yağ Asitleri	Başlangıç	Balık yağı (D1)	Soya lesitini(D2)	Oleik asit (D3)	Keten tohumu yağı (D4)
14:0	2,87	3,43±0,14 ^a	2,42±0,11 ^b	1,79±0,14 ^c	0,99±0,05 ^d
15:0	0,31	0,36±0,02 ^b	0,41±0,02 ^a	0,21±0,02 ^c	0,15±0,001 ^d
16:0	16,62	11,74±0,99 ^b	14,81±0,80 ^a	8,89±1,08 ^c	7,58±0,76 ^c
17:0	0,41	0,40±0,05 ^a	0,42±0,03 ^a	0,26±0,01 ^b	0,18±0,01 ^c
18:0	4,48	2,54±0,35 ^b	3,41±0,24 ^a	2,28±0,41 ^b	2,90±0,52 ^{ab}
20:0	0,36	0,20±0,04 ^{ab}	0,29±0,07 ^a	0,15±0,02 ^b	0,15±0,05 ^b
22:0	1,54	1,56±0,23 ^a	0,48±0,12 ^b	0,36±0,16 ^b	0,19±0,10 ^b
Σ SFA	26,23	20,03±1,57 ^a	21,94±1,08 ^a	13,77±1,79 ^b	11,10±1,43 ^b
14:1	0,11	0,19±0,01 ^a	0,12±0,00 ^b	0,08±0,00 ^d	0,05±0,00 ^d
15:1	0,07	0,08±0,01 ^a	0,07±0,00 ^a	0,04±0,00 ^a	0,03±0,00 ^a
16:1 n-7	4,31	5,08±0,27 ^a	3,43±0,26 ^b	2,16±0,30 ^c	1,46±0,12 ^d
17:1	0,44	0,10±0,00 ^a	0,12±0,01 ^a	0,11±0,08 ^a	0,08±0,02 ^a
18:1 n-9	12,52	19,08±1,55 ^b	14,96±0,61 ^c	44,95±2,87 ^a	14,84±1,05 ^c
18:1 n-7	3,19	2,83±0,12 ^a	2,41±0,09 ^b	1,63±0,21 ^c	1,24±0,16 ^d
20:1 n-9	2,00	2,24±0,16 ^a	1,00±0,07 ^c	1,43±0,23 ^b	0,56±0,05 ^d
20:1 n-11	0,33	0,28±0,04 ^a	0,05±0,00 ^b	0,14±0,08 ^b	0,07±0,04 ^b
22:1 n-9	0,47	0,31±0,11 ^b	0,48±0,03 ^a	0,33±0,07 ^{ab}	0,23±0,09 ^b
22:1 n-11	0,03	0,14±0,13 ^a	0,24±0,18 ^a	0,15±0,10 ^a	0,07±0,05 ^a
24:1 n-9	0,56	0,50±0,13 ^a	0,42±0,24 ^a	0,24±0,18 ^a	0,24±0,07 ^a
Σ MUFA	19,71	25,76±1,57 ^b	19,88±0,96 ^c	49,10±2,83 ^a	17,40±1,23 ^c
18:3 n-3	1,08	2,43±0,31 ^b	2,19±0,26 ^b	0,84±0,30 ^b	33,64±1,82 ^a
18:4 n-3	1,02	1,95±0,18 ^b	0,80±0,09 ^c	0,66±0,18 ^c	3,45±0,21 ^a
20:3 n-3	0,05	0,26±0,03 ^b	0,17±0,08 ^{bc}	0,09±0,03 ^c	0,98±0,11 ^a
20:4 n-3	0,72	1,13±0,13 ^a	0,56±0,09 ^b	0,36±0,09 ^b	1,27±0,23 ^a
20:5 n-3	8,22	7,88±0,70 ^a	4,47±0,58 ^b	3,14±0,90 ^c	2,45±0,22 ^c
22:5 n-3	0,22	2,64±0,32 ^a	1,42±0,04 ^b	1,17±0,30 ^c	0,78±0,11 ^c
22:6 n-3	24,36	22,90±1,13 ^a	14,71±1,40 ^a	15,98±0,69 ^b	12,11±2,10 ^c
Σ n-3 PUFA	38,60	39,19±2,22 ^b	24,32±2,01 ^c	22,25±2,32 ^d	54,67±3,04 ^a
18:2 n-6	5,99	5,88±0,25 ^d	15,83±0,35 ^a	8,73±0,48 ^c	12,57±0,27 ^b
18:3 n-6	0,14	0,22±0,04 ^b	0,32±0,02 ^b	0,78±0,25 ^a	0,24±0,02 ^b
20:2 n-6	0,42	0,51±0,00 ^b	0,97±0,12 ^a	0,48±0,06 ^b	0,31±0,00 ^c
20:3 n-6	0,24	0,26±0,03 ^b	0,64±0,06 ^a	0,71±0,20 ^a	0,20±0,01 ^b
20:4 n-6	1,53	0,94±0,00 ^b	1,21±0,03 ^a	0,95±0,04 ^b	0,46±0,06 ^c
22:2 n-6	0,46	0,53±0,09 ^a	0,20±0,12 ^b	0,16±0,04 ^b	0,11±0,08 ^b
22:4 n-6	0,04	0,13±0,04 ^{ab}	0,21±0,14 ^a	0,05±0,01 ^b	0,07±0,04 ^{ab}
Σ n-6 PUFA	8,80	8,47±0,33 ^d	19,38±0,74 ^a	11,86±0,65 ^c	13,97±0,23 ^c
16: 2 n-4	0,82	0,68±0,02 ^a	0,45±0,09 ^b	0,35±0,09 ^b	0,20±0,09 ^c
16: 3 n-4	1,17	0,59±0,03 ^a	0,32±0,13 ^b	0,36±0,05 ^b	0,16±0,03 ^c
Σ n-3/n-6 PUFA	4,38	4,63±0,28 ^a	1,26±0,16 ^b	1,89±0,30 ^b	3,92±0,26 ^a
Σ PUFA	49,39	54,47±1,32 ^b	38,93±0,88 ^c	34,81±0,98 ^d	68,99±1,61 ^a
EPA+DHA	32,58	30,78±1,78 ^a	19,18±1,93 ^a	19,12±1,56 ^b	14,56±2,31 ^c

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

Çizelge 4.4. Farklı yağ kaynaklarıyla (balık yağı, soya lesitini, oleik asit, keten tohumu yağı) hazırlanan yemlerin yağ asidi kompozisyonu

Yemler	Balık yağı (D1)	Soya lesitini (D2)	Oleik asit (D3)	Keten tohumu yağı (D4)
14:0	4,27	2,98	1,69	1,04
15:0	0,44	0,43	0,19	0,16
16:0	13,89	16,21	8,01	7,21
17:0	0,33	0,43	0,17	0,15
18:0	3,11	3,63	2,01	3,07
20:0	0,43	0,52	0,37	0,29
22:0	2,86	0,50	0,20	0,20
Σ SFA	24,89	24,17	12,25	11,82
14:1	0,24	0,15	0,07	0,05
15:1	0,10	0,07	0,04	0,02
16:1 n-7	5,45	3,39	1,37	1,18
17:1	0,09	0,10	0,05	0,04
18:1 n-9	18,58	14,77	60,87	14,78
18:1 n-7	2,85	1,96	1,22	1,90
20:1 n-9	2,81	0,66	0,61	0,48
20:1 n-11	0,33	0,11	0,08	0,04
22:1 n-9	0,36	0,42	0,18	0,16
24:1 n-9	0,63	0,32	0,10	0,11
Σ MUFA	25,98	18,56	63,21	16,76
18:3 n-3	2,56	3,87	0,36	45,16
18:4 n-3	2,23	0,93	0,39	0,34
20:3 n-3	0,24	0,05	0,04	0,08
20:4 n-3	0,90	0,24	0,13	0,09
20:5 n-3	11,00	7,70	3,18	2,86
22:5 n-3	2,04	0,63	0,26	0,22
22:6 n-3	15,25	7,16	7,24	6,40
Σ n-3 PUFA	34,21	20,57	11,60	55,15
18:2 n-6	5,51	20,52	10,01	13,53
18:3 n-6	0,16	0,09	0,06	0,18
20:2 n-6	0,53	0,16	0,07	0,09
20:3 n-6	0,15	0,09	0,02	0,07
20:4 n-6	0,79	0,79	0,33	0,16
22:2 n-6	0,50	0,12	0,12	0,20
22:4 n-6	0,11	0,40	0,09	0,15
Σ n-6 PUFA	7,76	21,81	10,68	14,39
16: 2 n-4	0,72	0,63	0,24	0,22
16: 3 n-4	0,56	0,35	0,28	0,18
Σ n-3/ Σ n-6 PUFA	4,41	0,94	1,09	3,83
Σ PUFA	43,26	43,36	22,79	69,94
EPA+DHA	26,25	14,86	10,42	9,26

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmada farklı lipit kaynakları içeren (balık yağı, soya lesitini, oleik asit ve keten tohumu yağı) diyetlerle 8 hafta süresince beslemenin kahverengi alabalıkların besin madde ve yağ asidi kompozisyonuna etkileri araştırılmıştır. Ayrıca 8 haftalık süre sonunda her dört diyetle beslenen balıkların birer grubu 12 gün boyunca aç bırakılırken, öteki gruplara canlı ağırlıklarının %1,3'ü ve %2,6'sı kadar yem verilerek açlık ve düşük yem stresinin antioksidan enzim aktiviteleri ve lipit peroksidasyona etkileri araştırılmıştır.

Yukarda arz edilen bilgiler ışığında araştırmadan elde edilen sonuçlar dört ana başlık altında tartışılmaya çalışılmıştır.

5.1. Büyüme Değerlerine İlişkin Tartışma

Su ürünlerinin büyüme özellikleri, yem değerlendirmeleri gibi parametrelerinin belirlenmesi amacıyla büyüme ve besleme denemeleri sıkça yapılmaktadır.

Yetiştiricilik işletmelerinin kendine özgü birçok sorunları vardır. Bu sorunlardan biri, belkide en önemlisi, balıkların besin gereksinimlerinin kalitatif ve kantitatif yönden karşılanması, yani uygun rasyon hazırlama ve uygun yemleme stratejisini geliştirmedir. Bilindiği gibi entansif balık yetiştiriciliğinde tüm üretim giderlerinin %30-70'ini yem giderleri teşkil etmektedir. Bu nedenle de alabalık yetiştiriciliğinde üzerinde durulması gereken en önemli sorunlardan birisi olan yem giderlerinin mümkün olduğunca azaltılabilmesi için çalışmalar yapılmaktadır (Kocaman vd 1996).

Balıkların yaşama, normal gelişim ve büyümesinin tüm safhalarında özellikle yeterli ve orantılı olarak yağ asitlerince zengin besin miktarının sağlanması gerekmektedir (Bell *et*

al. 1995; Sargent *et al.* 1999a,b). Balığın büyüme performansı ve yem alım miktarı üzerine yemin nem içeriğinin etkisi pek çok balık türünde çalışılmış olup, bu çalışmalarda türe bağlı olarak değişim gösterdiği belirlenmiştir (Bromley 1980; Higgs *et al.* 1985; Hughes 1989; Ekanem 1996; Lee *et al.* 1997, 2000; Grove *et al.* 2001). Çalışmamıza ait oransal büyüme, spesifik büyüme ve yem değerlendirme oranları ile yaşama gücü Çizelge 4.1’de verilmiştir. Büyüme değerlerine ilişkin tablodan da görüldüğü gibi, D3 grubunun oransal büyüme ve spesifik büyüme oranı diğer gruplardan önemli derecede küçük çıkarken, yaşama gücü bakımından gruplar arasında fark olmadığı ortaya çıkmıştır. Yem değerlendirme oranına bakıldığında ise D4 grubu ile diğer üç grup arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli olmayıp, sadece D3 grubunun D1 ve D2 gruplarından önemli derecede küçük olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Soya lesitini ile beslenen balıkların büyüme oranının diğer gruplardan yüksek oluşunun nedeni fosfotidil kolinlerin büyümeyi teşvik edici etkisinden kaynaklandığı (Craig and Gatlin 1997) düşünülmektedir. Ayrıca diyetle n-3 HUFA miktarının artmasıyla doğru orantılı olarak pek çok balık türünde büyümenin arttığını bildiren birçok literatür mevcuttur (Bell and Sargent 2003; Izquierdo *et al.* 2003; Lee *et al.* 2003).

Bilgüven ve Barış (2008)’in yüksek ve düşük oranda tam yağlı soya içeren yemle besledikleri gökkuşağı alabalıklarında, yüksek derecede soya yağı içeren yemle beslenen balıkların yem değerlendirme oranının daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Diyetlere lesitin ilave etmenin balıklarda büyümeyi ve yem değerlendirme oranını artırdığını bildiren pek çok literatür vardır (Poston 1990; Kanazawa 1997; Salhi *et al.* 1999; Cahu *et al.* 2003; Arslan *et al.* 2008). Bizim çalışmamızda keten tohumu yağı ve soya lesitini içeren yemler ile beslenen balıkların yem değerlendirme oranının balık yağı ve oleik asit içeren diyetler ile beslenen balıklardan çok daha iyi değere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Lochmann and Brown (1997) *C. auratus*’ta soya fasülyesi soya lesitini, balık yağı ve soya yağının, canlı ağırlık artışı, yem değerlendirme ve yaşama oranı üzerine etkisini araştırmışlar ve büyüme oranı ile yem değerlendirme bakımından soya lesitini grubunun diğer gruplardan önemli derecede yüksek çıktığını tespit etmişlerdir. Bizim çalışmamız bu literatür ile uyum gösterirken Tucker *et al.* (1997)’nin

çalışma sonuçlarıyla çelişmektedir. Çünkü söz konusu çalışmada *Sciaenops ocellatus*'un yemlerine katılan farklı düzeylerde balık yağı ve soya yağının farklı düzeylerde yemlere katılmasının etkisini araştırmışlar ve çalışmada balık yağı içeren diyetle beslenen grup soya yağı içeren diyetle beslenen gruptan daha iyi büyümüştür. Bizim çalışmamızda ise balık yağıyla arasındaki fark önemli olmamakla beraber en iyi büyüme soya lesitini ile hazırlanan yemle beslenen balıklarda görülmüştür. Bu iki çalışma arasındaki farkın ise bizim çalışmamızda kullandığımız balığın tatlı su balığı, diğer çalışmanın materyal balığının ise deniz balığı olmasından ve yem yağ yüzdeleri arasındaki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir. Balık yağında yaklaşık %11,4-14,3 EPA ve %9,1-9,6 DHA bulunduğu, soya yağının %51-64 oranında linoleik asit içeren zengin bir bitkisel yağ kaynağı olduğu bildirilmiştir (Tucker *et al.* 1997). Dolayısıyla bildirilen bu oranlar, iki çalışma sonuçları arasındaki farkı açıkça ortaya koymaktadır. Sirkecioğlu vd. (2008)'in çalışmasında ise soya lesitinin balık yağına kıyasla büyümeyi artırıcı etkisinin olmadığı rapor edilmiştir. Yine çalışmamızın uyum içinde olduğu literatürlere baktığımızda; Kenneth *et al.* (2004) başlangıç ağırlığı 46 g olan gökkuşağı alabalıklarında, diyetlerine balık yağı yerine soya fasülyesi/mısır lesitini ile kümes hayvanı yağının ikame edilebilirliğini araştırmışlar ve deneme sonunda gruplar arasında büyüme oranı bakımından önemli bir farklılık bulunmadığından dolayı hem kümes hayvanlarının yağının, hem de soya lesitinin, gökkuşağı alabalığı rasyonlarında balık yağı yerine kullanılabileceği sonucuna varmışlardır. Ng *et al.* (2003) Afrika kedi balıkları (*C. gariepinus*) üzerinde yaptıkları çalışmada diyetlerinde yağ kaynağı olarak çeşitli bitkisel yağların (ayçiçeği yağı, palm oil, palm çekirdeği yağı) bulunan grupların balık yağı bulunan gruptan daha fazla büyüme gösterdiğini bildirmişlerdir. Arslan *et al.* (2008)'in yağ kaynağı olarak oleik asit, linolenik asit, linoleik asit ile soya lesitini ve balık yağı kullanarak hazırladıkları yemlerle besledikleri Amerika kedi balıkları (*P. fasciatum*)'nda deneme sonunda yaşama oranı bakımından gruplar arasında önemli bir farkın olmadığı tespit edilirken, soya lesitini ile beslenen grubun canlı ağırlık artışının diğer gruplardan önemli derecede yüksek olduğu kaydedilmiştir. Bizim çalışmamızda da benzer şekilde keten tohumu ve soya lesitini içeren yemle beslenen grupların büyüme oranlarının istatistiksel olarak önemli

olmamakla beraber balık yağı içeren grupla beslenen balıklardan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçları, fosfolipitlerin büyümeyi teşvik ettiğinin bir ispatı olarak da görmemiz mümkündür.

Işık (1995) tilapia zilli larvalarının beslenmesinde *B. calyciflorus* 'un (rotifer) farklı yağ oranlarına sahip mikroalg (*S. abundans*, *M. minutum*, *C. vulgaris*) türleri kullanılarak beslemiş ve yağ asidi profilleri bakımından bazı farklılıkların olduğunu, özellikle *C. vulgaris* ile beslenen balıkların yağ asidi profillerinde diğer uygulamalarda görülmeyen EPA ve DHA tespit edildiğini bildirmiştir. Ayrıca bu grubun palmitik, stearik, linoleik, linolenik ve araşidik asitleri en fazla içeren grup olduğu da anlaşılmıştır. Fakat bu farklılıklara rağmen 21 günlük deneme süresi sonunda yaşama oranı ve ağırlık artışı bakımından gruplar arasında önemli bir farklılığın olmadığı vurgulanmıştır. Sonuç itibariyle bitkisel yağlar, balık yemlerinde balık yağı yerine kullanılabilecek en iyi alternatif olarak düşünülmektedir. Pek çok çalışma balık yağının yerine bitkisel yağların kullanılabileceğini belirtmektedir (Olsen *et al.* 1999a, 2000; Bayır *et al.* 2011; Ng *et al.* 2003; Arslan *et al.* 2008).

5.2. Besin Madde Kompozisyonuna İlişkin Tartışma

Al-Owafeir and Belal (1996) soya yağı yerine %0, %1, %2, %3 düzeylerinde hindistan cevizi yağı katarak hazırladıkları yemlerin tilapia balıklarının besin maddesi kompozisyonunda bir değişikliğe neden olmadığını belirlemişlerdir. Regost *et al.* (2003), kalkan (*P. maxima*) balığı karma yemlerinde balık yağı yerine tamamen soya ve keten yağı kullanmışlar ve vücut besin madde kompozisyonunun, yem yağ kaynaklarından etkilenmediğini tespit etmişlerdir. Ancak 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 (Bell *et al.* 2001, 2003; Grisdale-Helland *et al.* 2002; Torstensen *et al.* 2000). Yapmış olduğumuz bu çalışmada da balıkların vücut besin madde

kompozisyonuna baktığımızda yağ bakımından, yemlerinde oleik asit ve keten tohumu yağı bulunan gruplar arasında bir fark bulunmazken bu iki grubun yemlerinde balık yağı bulunan gruptan daha az yağ içerdiği ancak yemlerinde soya lesitini bulunan gruptan ise daha fazla yağ içerdiği görülmektedir. Arslan *et al.* (2008)'de kedi balıklarında yağ kaynağı olarak soya lesitini kullandıkları grupta balıkların yağ miktarının düşük çıktığını bildirmekte ve çalışmamızla bu literatür arasında uyum olduğu görülmektedir. En yüksek protein değerinin ise yemlerinde keten tohumu bulunan grupta olduğu görülmüştür. Balık eti nem içeriğini incelediğimizde ise, soya lesitini ile beslenen grubun diğer gruplardan önemli derecede yüksek çıktığı, balık yağı ve keten tohumu ile beslenen grupların arasındaki farkın önemsiz olduğu ve bu iki grubun hem oleik asit grubundan hem de soya lesitini grubundan önemli derecede küçük olduğu görülmektedir.

5.3. Enzim Aktivitelerine İlişkin Tartışma

Enzim çalışmalarında, biyomarkır olarak kullanılabilen üç ana antioksidan enzim SOD, CAT ve GPx'dir (Filho *et al.* 2000). Ancak glutatyon disülfitten (GSSG) gelen GSH'nin yerini doldurmak için yedekleme görevi yapan GR ve harcanana eşit miktarda GSH üreten G6PD'de biyomarkır olarak kullanılabilir. Ayrıca detoksifikasyon enzimleri ve özellikle de GST enzimi glutatyonla beraber reaktif bileşikler konjüge eder (daha küçük bileşiklerine parçalar) ve daha sonra onları merkapturik asit olarak uzaklaştırır. Böylelikle hücreleri ROS'lardan gelen zarara karşı korumaya yardımcı olur. Dolayısıyla GST enzimi de oksidatif stresi ölçmede önemli bir enzimdir (Rodriguez-Ariza *et al.* 1992). Bütün bu nedenlerden dolayı kahve renkli alabalık (*S. trutta*)'ta açlığın oluşturabileceği oksidatif stresi ölçmede sözü geçen enzim aktivitelerinden yararlanılmıştır.

Serbest radikaller ve reaktif türler, balıklarda dahil olmak üzere tüm aerobik biyolojik sistemlerde sürekli olarak üretilmektedir. Serbest radikallerin lipitlerle reaksiyonundan

doğan lipid peroksidasyonun organizmada yaygın olduğu düşünülmektedir. Biyomembranlar, membran fosfolipitlerinin içerdiği çoklu doymamış yağ asitleri nedeniyle oksidatif etkiye özellikle duyarlıdır (Gönenç 1995).

Biyolojik sistemlerde son elektron alıcısı olarak kullanılması, yüksek oksidasyon potansiyeline sahip olması ve final indirgemesinde toksik olmayan ürünler oluşturması gibi nedenlerle oksijen pek çok organizma için vazgeçilmez bir bileşiktir (Buechter 1988). Ancak bütün hücreler, metabolizma gidişatı içerisinde serbest radikaller adı verilen ve bünyesinde bir veya daha fazla eşleşmemiş elektron bulunduran atom veya bileşik ile herhangi bir eşleşmemiş elektrona sahip olmamasına rağmen oldukça reaktif olan oksijen türevleri oluştururlar ve bu türevlerin ikisine beraber reaktif oksijen türleri (ROS) adı verilir (Halliwell 1991; Lindsay and Astley 2002; Bartosz 2003).

Canlı sistemlerde oluşturulan bu ROS'ler biyolojik olarak yararlı molekülleri okside ederek normal hücre ve doku fonksiyonlarında değişikliklere yol açabilirler. Bu oksidasyon oldukça kompleks bir sistem olan antioksidan savunma sistemi (ASS) tarafından minimize edilir. Bu sebeple, aerobik hücrelerde ve dokularda ROS üretimi, molekül oksidasyonu ve antioksidan tüketiminin kararlı bir durumu sürekli olarak devam eder (Filho *et al.* 2000).

Balıklarda açlık, yaşlanmayı, kimyasalların toksisitesini ve patolojik durumlarda hastalıklara yakalanma oranını artırır. Bu etkiler, oksidatif stresin oluşmasına neden olan, açlık tarafından üretilmiş olan reaktif oksijen türlerinin katılımının ana sebebi olabilir (Robinson *et al.* 1997). Antioksidan savunma, prooksidan güçler ve reaktif oksijen türlerinin yeterince uzaklaştırılmasıyla giderildiğinde, oksidatif stres biter (Sies 1986). Yaşayan organizmalar, SOD, CAT, GPx, GR gibi antioksidan enzimleri içeren birçok savunma mekanizması tarafından reaktif oksijen türlerinden korunur. GR, vitamin E ve vitamin C gibi düşük molekül ağırlıklı antioksidanlar, böyle enzimatik savunma sistemleri ile birlikte rol oynar (Domenicalli *et al.* 2001).

Gerek kültürü yapılan gerekse doğadaki balıkların ASS ve lipit peroksidasyonu üzerine oldukça sınırlı sayıda çalışma mevcuttur (Murata and Yamauchi 1989; Sekiya *et al.* 1991; Sakai *et al.* 1992; Murata *et al.* 1996; Bayır 2005). Bununla beraber alabalıklarda ve tatlı su balıklarında (Bell *et al.* 1985, 1987; Cowey *et al.* 1985; Radi *et al.* 1987; Roy *et al.* 1995) ve deniz balıklarında yapılan (Stephan *et al.* 1995; Murata *et al.* 1996) birkaç çalışma mevcuttur (Mourente *et al.* 1999).

Balıklarda antioksidan enzimler üzerine birkaç çalışma mevcut olup (Roche and Boge 1993; Murata *et al.* 1996), özellikle spesifik stres üzerine olan (Pedrajas *et al.* 1995; Rana and Singh, 1996) ve yaş ile gelişim arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalarda (Otto and Moon 1996) mevcuttur. Ancak özellikle bazı çalışmalar larva dönemindeki enzim aktivitelerini belirlemek amacıyla yapılmıştır (Aceto *et al.* 1994; Peters *et al.* 1994; Peters and Livingstone 1996; Mourente *et al.* 1999).

Balık diyetlerinde farklı enerji kaynaklarının ASS üzerine etkilerinin olduğunu gösteren bazı araştırmalar mevcut olmakla beraber, makronutrientler ile antioksidan savunma sistemi arasında ilişki olduğuna dair çok az literatür vardır (Sagone *et al.* 1983; Radi *et al.* 1985, 1987; Álvarez *et al.* 1998, 1999; Lygren and Hemre 2002; Rueda-Jasso *et al.* 2004). Bu bakımdan diyet formülasyonu ve oksidatif durum arasındaki bağlantıyla ilgili olan mekanizma akvakültür ve kısmen bilinen balık fizyolojisi için önemli bir değişimdir (Pérez-Jiménez *et al.* 2009a,b).

5.3.1 SOD enzim aktivitesine ilişkin tartışma

Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'ten de görüleceği gibi diyetlerinde yağ kaynağı olarak balık yağı, soya lesitini, oleik asit ve keten tohumu yağı bulunan dört farklı yem grubunda da, hem %0'lık hem de %1,3'lük yem verilen tekerrürlerde SOD enzim aktivitesi 4. gün değeri başlangıç değerine oranla önemli derecede bir düşüş göstermiş, daha sonra 8. gün ise ani bir yükselme göstererek en yüksek değerine ulaşmıştır. 12. gün

ise tekrar bir düşüş göstermiştir. Çalışma süresince SOD enzim aktivitesinin dağılımı incelendiğinde, balıkların 8. günde en fazla stresi yaşayarak en yüksek aktiviteyi gösterdikleri, daha sonra ise strese adapte olarak daha düşük aktivite gösterdikleri belirlenmiştir. SOD süperoksit radikalini (O_2^-) ortamdan uzaklaştıran bir enzimdir. Bu nedenle SOD enzim aktivitesinde meydana gelen yükselişler doğrudan O_2^- radikalının artışıyla alakalıdır. Bu çalışmada en yüksek SOD enzim aktivitesi gün olarak 8. günde, yem grubu olarak ise oleik asit grubunda olduğu görülmüştür. Açlık stresinin görüldüğü hiç yem verilmeyen grupta ve %1,3 yem verilen grupta SOD enzim aktivitesindeki artışın, yükselen O_2^- radikalının zararlı etkilerinden korunmak için bir ihtiyacın göstergesi olabileceği sonucuna varılmıştır. Yine hiç yem verilmeyen ve %1,3 yem verilen grupların başlangıçtan 12. güne kadar belirli aralıklarla ölçülen SOD enzim aktivitesinin oleik asit grubunda (D3) en yüksek bulunması aynı sebeple açıklanabilir. Çünkü materyal balığımız olan kahverenkli alabalık (*S. trutta*) negatif kontrol olarak hazırladığımız D3 grubu yemle beslenince en yüksek SOD enzim aktivitesinin bu grupta olduğu görülmüştür. Bayır (2005)'in siraz balığı (*C. umbla*)'nın antioksidan enzim aktivitelerinin mevsimsel değişimini incelediği çalışmasında, eritrosit SOD enzim aktivitesinin üreme stresinin görüldüğü mayıs ayında en yüksek seviyede olduğunu ve genel olarak soğuk dönemlerde aktivitenin düştüğünü, sıcak sezonlarda ise yükseldiğini bildirmektedir. Bu çalışmada olduğu gibi bizim çalışmamızda da stresin yoğun olduğu dönemlerde SOD enzim aktivitesi artış göstermiştir. Yine Roche and Bogé (1996) deniz levrekleri (*D. labrax*)'nde çeşitli stres faktörlerinin antioksidan enzim aktiviteleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bunun için balıklara sıcaklık, düşük tuz konsantrasyonu (osmotik şok) ve kimyasal toksisite stresleri uygulanmıştır. Araştırmacılar sıcaklık ve osmotik şok streslerinin balıklarda SOD, aktivitesini artırdığını bildirmiş olup çalışmamız sonuçlarıyla bu çalışmada örtüşmektedir. Çalışmamızda ağırlıklarının %2,6'sı kadar yem verilen grupta ise SOD enzim aktivitesi günlere ve yem gruplarına göre farklılık göstermektedir. Ancak genellikle en yüksek değer başlangıç gününde ölçülmüş olup diğer günlerde ise çok büyük ölçülerde olmamakla beraber dalgalanmalar görülmektedir. İstikrarsız olan bu dalgalanmaların

balıkların fizyolojik aktiviteleri nedeniyle oluşabilecek kabul edilebilir dalgalanmalar olduğu düşünülmektedir.

5.3.2. CAT enzim aktivitesine ilişkin tartışma

Diyetlerinde yağ kaynağı olarak balık yağı bulunan grubun CAT enzim aktivitesi değerlerine baktığımızda, hiç yem verilmeyen grubun ve %1,3 yem verilen grubun en yüksek aktiviteyi $44,564 \pm 0,926$ EU/mg protein ve $51,35 \pm 1,402$ EU/mg protein ile 8. günde, en düşük aktiviteyi ise başlangıçta ($21,556 \pm 1,236$ EU/mg protein ve $19,59 \pm 1,214$ EU/mg protein) gösterdikleri belirlenmiştir. %2,6 yem verilen grubun ise başlangıçta ölçülen CAT enzim aktivitesinin diğer günler ölçülenlerden düşük çıktığı ve diğer gün değerlerinin birbirleri arasındaki farkın önemsiz olduğu belirlenmiştir. Diyetlerinde yağ kaynağı olarak soya lesitini bulunan grubun CAT enzim aktivitesi değerlerine baktığımızda, hiç yem verilmeyen grupta başlangıç değeri $20,56 \pm 1,261$ EU/mg protein iken, 4. günde balıkların çok fazla strese girdiği ve $41,87 \pm 0,968$ EU/mg protein değerine ulaştığı, ancak 8. gün adapte olarak tekrar bir düşüş gösterdiği ($19,99 \pm 1,140$ EU/mg protein) ve 12. gün ise $39,35 \pm 2,523$ EU/mg protein değerine ulaştığı belirlenmiştir. Ağırlıklarının %1,3'ü kadar yem verilen grupta ise en düşük aktivite 8. gün ($21,69 \pm 0,625$ EU/mg protein) görülürken, en yüksek aktivite 12. gün ($41,51 \pm 1,798$ EU/mg protein) görülmüştür. %2,6'lık yemle beslenen grupta, en yüksek CAT enzim aktivitesi 8. günde $41,21 \pm 1,269$ EU/mg protein olarak ölçülmüş olup, bu değeri $37,39 \pm 0,884$ ile 12. gün ölçülen aktivite takip etmektedir. En düşük değerin ise $31,94 \pm 1,528$ EU/mg protein ile 4. günde olduğu ve başlangıç değerinin ise $34,036 \pm 2,131$ EU/mg protein olduğu tespit edilmiştir. Diyetlerinde yağ kaynağı olarak oleik asit ve keten tohumu yağı bulunan grupların CAT enzim aktivitelerine bakıldığında, her iki grubunda hem yem verilmeyen grupta hemde ağırlıklarının %1,3'ü kadar yem verilen grupta en düşük aktiviteyi başlangıçta en yüksek aktiviteyi ise 12. günde gösterdikleri görülecektir. Ağırlıklarının %2,6'sı kadar yemle beslenen grupta ise oleik asit grubunda yine en yüksek aktivitenin 12. günde olduğu ancak en düşük aktivitenin ise 4. günde olduğu, keten tohumu yağı grubunda ise en yüksek değer

başlangıçta, en düşük değerin ise 8. günde olduğu görülmüştür. Gruplar arasında karşılaştırma yapıldığında ise hiç yem verilmeyen grupta en yüksek CAT enzim aktivitesinin başlangıçta ve 12. günde D4 grubunda, 4. günde D2 grubunda, 8. günde D1 grubunda olduğu görülmüştür. En düşük CAT enzim aktivitesi ise başlangıçta D3 grubunda, 4. günde D4 grubunda, 8. gün D2 grubunda, 12. gün ise D1 grubunda olduğu görülmüştür. Ağırlıklarının %1,3'ü kadar yem verilen grupta en yüksek CAT enzim aktivitesi başlangıçta D2 grubunda, 4. ve 8. günde D1 grubunda, 12. günde ise D4 grubunda görülmüştür. En düşük CAT enzim aktivitesi ise hiç yem verilmeyen grupta olduğu gibi başlangıçta D3 grubunda, 4. günde D4 grubunda, 8. günde D2 grubunda, 12. günde ise D1 grubunda olduğu görülmüştür. Ağırlıklarının % 2,6'sı kadar yem verilen grupta en yüksek CAT enzim aktivitesi başlangıçta, 4. günde 12. günde D4 grubunda, 8. günde D2 grubunda görülmüştür. En düşük CAT enzim aktivitesi başlangıçta ve 4. günde D3 grubunda, 8. günde 12. günde ise D3 grubunda olduğu görülmüştür. CAT pek çok hücrenin peroksizomlarında bulunduğu ve yağ asitleri metabolizması ile ilişkilendirildiği için aktivitesindeki değişiklikleri yorumlamak zor olabilir (van der Oost *et al.* 2003). Pascual *et al.* (2002) çipura (*S. aurata*) ile yapmış oldukları 46 günlük çalışmayı kontrol grubu, %1; %0,5 ve hiç yem verilmeyen gruplar olmak üzere dört grupta yürütmüşler ve katalaz aktivitesinin %2 yem verilen grupta en yüksek değere ulaştığını ve %0 ve %0,5 yem verilen grupta düşüş gösterdiğini tespit etmişlerdir. Ancak bizim sonuçlarımıza baktığımızda 4 grupta da CAT enzim aktivitesi değerlerinin 4. günde, 8. günde ve 12. günde başlangıç değerinden daha yüksek çıktığı belirlenmiştir. Bu iki çalışmadaki uyumsuzluğun materyal balığın farklılığından kaynaklandığı düşünülmekle beraber, aynı balık üzerinde çalışan Özmen *et al.* (2004a) ile çalışmamız uyum içerisindedir. Özmen *et al.* (2004a) sürekli su akışı olan tanklarla su akışı olmayan ancak suyu bir filtre ile sürekli olarak temizlenen tankta (resirkülasyon tankı) tutulan gökkuşağı alabalıklarında antioksidan enzim aktivitelerini karşılaştırmışlardır. Bu çalışmaya göre resirkülasyon uygulanan grupta G6PD, GR ve SOD enzim aktiviteleri düşerken, GPx ve CAT aktiviteleri artmıştır. Araştırmacılar resirkülasyon uygulanan grubun oksidatif stres altında kaldıklarını ve bu sebeple de

antioksidan enzim aktivitelerinde kontrol grubuna nazaran önemli değişikliklerin olduğunu belirtmişlerdir.

5.3.3. GPx enzim aktivitesine ilişkin tartışma

Diyetlerinde yağ kaynağı olarak balık yağı bulunan grubun GPx enzim aktivitesi değerlerine baktığımızda, hiç yem verilmeyen grubun ve %1,3 yem verilen grubun en yüksek değeri 8. günde, en düşük değeri ise 12 günde aldıkları; %2,6 yem verilen grubun ise en yüksek değeri 12. günde, en düşük değeri ise 4. günde aldıkları görülmektedir. Diyetlerinde yağ kaynağı olarak soya lesitini bulunan grubun GPx enzim aktivitesi değerlerine baktığımızda, %0, %1,3 ve %2,6'lık grupların hepsinde en düşük aktivitenin 8. günde olduğu, en yüksek aktivitenin ise yem verilmeyen grupta 12. günde; %1,3 ve %2,6 yem verilen grupta ise başlangıçta olduğu gözlemlenmiştir. Diyetlerinde yağ kaynağı olarak oleik asit bulunan grubun GPx enzim aktivitesi değerlerine baktığımızda, hiç yem verilmeyen grubun ve %2,6 yem verilen grubun en yüksek değere 8. gün, en düşük değere ise 4. gün sahip oldukları; %1,3'lük yemle beslenen grubun ise en yüksek 12. gün en düşük ise diğer iki grupta olduğu gibi 4. gün sahip olduğu görülmektedir. Diyetlerinde yağ kaynağı olarak keten tohumu yağı bulunan grubun GPx enzim aktivitesi değerlerine baktığımızda, hiç yem verilmeyen grubun en yüksek değere 12. gün, en düşük değere ise 4. gün sahip olduğu, %1,3 yem verilen grubun en yüksek değere başlangıçta en düşük değere 8. gün sahip olduğu, %2,6 yem verilen grubun ise en yüksek değere başlangıçta, en düşük değere ise 4. gün sahip olduğu görülmektedir. Gruplar arasında karşılaştırma yapıldığında ise hiç yem verilmeyen grupta en yüksek GPx enzim aktivitesi başlangıçta ve 12. günde D4 grubunda, 4. günde D1 grubunda ve 8. günde ise D3 grubunda olduğu, en düşük GPx enzim aktivesinin ise başlangıçta, 8. ve 12. günlerde D2 grubunda 4. günde ise D3 grubunda olduğu görülmüştür. Ağırlıklarının %1,3'ü kadar yem verilen grubun en yüksek GPx enzim aktivitesi ölçülen dört günde de D3 grubunda olurken en düşük GPx enzim aktivitesi ise başlangıç ve 12. günde D1 grubunda; 4. ve 8. günde ise D4 grubunda belirlenmiştir. Ağırlıklarının %2,6'sı kadar yem verilen grubun en yüksek

GPx enzim aktivitesi başlangıçta D4 grubunda, diğer günlerde ise D3 grubunda belirlenmiş; en düşük aktivitenin ise başlangıçta D1 grubunda; 4. ve 12. günlerde D4 grubunda ve 8. günde ise D2 grubunda olduğu görülmüştür. Bu çalışmada oleik asit ile beslenen grupta ve tüm gruplarda da 8. gün ölçülen SOD aktivitesinde gözlenen artış GPx tarafından parçalanabilen daha yüksek bir hidrojen peroksit (H_2O_2) oluşumunu akla getirmektedir. O_2^- radikalının H_2O_2 'ye dismutasyonunun katalizlenmesinde SOD Fe(III)'ün Fe(II)'ye indirgenmesini önlemeye yardım eder. O_2^- radikalini üreten bir reaksiyon da Fenton tepkimesidir. CAT ve GPx fenton reaksiyonunun başka bir ürünü olan H_2O_2 'nin uzaklaştırılmasında merkezi bir role sahiptirler. Bu nedenle balıkların en fazla 8. günde (D1 grubunun %0 ve %1,3'lük yemle beslenen gruplarında ve D3 grubunun %0 ve %2,6 yemle beslene grubunda) ve negatif kontrol olan oleik asit (D3) grubunda (%0 yem verilen grubun 8. gün değeri, %1,3 yem verilen grubun ölçülen tüm gün değerleri ve %2,6 yem verilen grubun 4, 8. ve 12. günleri) GPx aktivitesinin daha fazla olduğu görülmektedir.

5.3.4. GR enzim aktivitesine ilişkin tartışma

Pentoz fosfat yolunun temel görevi NADPH üretmektir (Keha ve Küfrevioğlu 1997). Burada üretilen NADPH, GR enzim aktivitesinde koenzim olarak gerekli olup CAT enzim aktivitesi için de esansiyeldir (Ciardiello *et al.* 1997). GSH ise GPx enzim aktivitesinin sürekliliğini sağlamak için yeniden üretilmek zorundadır ve bu üretim için GR enzimi esansiyeldir. Diyetlerinde yağ kaynağı olarak balık yağı bulunan grubun GR enzim aktivitesi değerlerine baktığımızda, hiç yem verilmeyen grubun en yüksek değeri başlangıç gününde, en düşük değeri ise 4. günde; %1,3 yem verilen grup ile %2,6 yem verilen grubun en yüksek değerleri 12. günde ve en düşük değerleri ise sırayla 4. ve 8. günde aldığı görülmektedir. Diyetlerinde yağ kaynağı olarak soya lesitini bulunan grubun GR enzim aktivitesi değerlerine baktığımızda, hiç yem verilmeyen grubun ve %1,3 yem verilen grubun en yüksek değerleri başlangıç gününde en düşük değerlerinin ise sırayla 12. ve 4. günde olduğu %2,6 yem verilen grubun ise en yüksek değerinin 4. günde en düşük değerinin 12. günde olduğu görülmektedir. Diyetlerinde yağ kaynağı olarak oleik

asit bulunan grubun GR enzim aktivitesi değerlerine baktığımızda, %0, %1,3 ve %2,6 yem verilen grupların üçünde de en yüksek değerin 8. günde, en düşük değerin ise 4. günde olduğu görülmektedir. Diyetlerinde yağ kaynağı olarak keten tohumu yağı bulunan grubun GR enzim aktivitesi değerlerine baktığımızda hiç yem verilmeyen grubun en yüksek değerinin 12. günde, en düşük değerinin ise 8. günde olduğu; %1,3 ve %2,6 yem verilen grupların en yüksek değerlerinin başlangıç gününde en düşük değerlerinin ise sırayla 4. ve 8. günde olduğu görülmüştür. Gruplar arasında karşılaştırma yapıldığında ise hiç yem verilmeyen grupta en yüksek GR enzim aktivitesinin başlangıçta D2 grubunda, en düşük D1 grubunda; 4. gün ve 12. gün en yüksek D4 grubunda, en düşük ise sırayla D3 ve D2 gruplarında; 8. gün ise en yüksek D3 grubunda, en düşük D1 grubunda olduğu belirlenmiştir. Ağırlıklarının %1,3'ü kadar yemle beslenen grupta en yüksek GR enzim aktivitesinin başlangıçta D2 grubunda; 4. günde D4 grubunda 8. günde D3 grubunda, 12. günde ise D1 grubunda olduğu; en düşük değerlerin ise sırayla D1, D2, D2 ve D4 gruplarında olduğu belirlenmiştir. %2,6 yem verilen grupta ise en yüksek GR enzim aktivitesi başlangıçta D4'te 4. gün ve 12. günde D1 grubunda 8. günde ise D3 grubunda olduğu, en düşük değerlerin ise başlangıçta D2; 4. günde D4; 8. günde D1 ve D4, 12. günde ise D2 grubunda olduğu belirlenmiştir. Sonuçlardanda görüleceği gibi 12. gün GR enzim aktivite değerleri bütün yem gruplarında başlangıç değerine oranla düşüş göstermiştir. Akuatik organizmaların sağlığı oksidatif strese dolaylı tehlikeye girebilmektedir. Pentoz fosfat yolu (PPP) eritrositlerdeki NADPH'nin tek kaynağıdır. NADPH ise proteinler, nükleik asitler ve membran lipitlerini içeren hücrelerin bir kısmındaki serbest radikallerin sebep olduğu oksidatif strese hücreleri korur (Özmen *et al.* 2004a). GR enzim aktivitesindeki azalma muhtemelen *in vivo* şartlarda PPP'de ki G6PD aktivitesinden kaynaklanan NADPH uygunluğunun değişiminden kaynaklanmaktadır. Çünkü GR aktivitesi NADPH'nin kullanılabilirliğine bağlıdır (Halliwell 1991).

5.3.5. GST enzim aktivitesine ilişkin tartışma

Glutasyon oksidatif strese karşı savunmanın en önemli basamağını oluşturmaktadır (Ahmed vd 2000; Çinkiloğlu 2007). Oksidatif stresin zayıf olduğu durumlarda devreye giren adaptasyon mekanizmaları sonucunda GSH düzeyi artmaktadır. Ancak, oksidatif stresin güçlü olduğu durumlarda zayıflayan adaptasyon mekanizmalarına ve artan GSSG oluşumuna bağlı olarak GSH düzeyi azalmaktadır (Zhang *et al.* 2005; Çinkiloğlu 2007).

Diyetlerinde yağ kaynağı olarak balık yağı bulunan grubun GST enzim aktivitesi değerlerine baktığımızda, hiç yem verilmeyen grup ile %1,3 yem verilen grubun en yüksek değeri başlangıç gününde, %2,6 yem verilen grup grubun en yüksek değerleri 8. günde aldığı, bu üç grubunda en düşük değeri 12. günde aldığı görülmüştür. Diyetlerinde yağ kaynağı olarak soya lesitini bulunan grubun GST enzim aktivitesi değerlerine baktığımızda, üç grubunda en yüksek değerleri başlangıç gününde en düşük değerleri ise 12. günde olduğu görülmektedir. Diyetlerinde yağ kaynağı olarak oleik asit bulunan grubun ise soya lesitini grubunun tam tersi olarak üç grupta da en yüksek değeri 12. günde en düşük değeri başlangıç gününde gösterdikleri belirlenmiştir. Diyetlerinde keten tohumu yağı bulunan grubun en yüksek GST enzim aktivitesi %0 ve %2,6'lık gruplarda 12. günde; %1,3'lük yem verilen grubun ise 8. günde olduğu ve bu üç grubunda en düşük aktiviteyi başlangıçta gösterdikleri belirlenmiştir. Gruplar arasında karşılaştırma yapıldığında ise hiç yem verilmeyen grupta en yüksek GST enzim aktivitesinin başlangıçta D1 grubunda, en düşük D4 grubunda; 4. gün en yüksek D1 grubunda en düşük D3 grubunda, 8. gün en yüksek D3 grubunda en düşük D2 grubunda 12. gün ise en yüksek D4 grubunda, en düşük ise sırayla D2 grubunda olduğu görülmüştür. Ağırlıklarının %1,3'ü kadar yem verilen grupta en yüksek GST enzim aktivitesinin başlangıçta ve 4. gün D2 grubunda, 8. günde D3 ve D4 grubunda, 12. gün ise D3 grubunda olduğu en düşük aktivitelerin ise başlangıçta D4 grubunda, 4. gün D3 grubunda 8. ve 12. günler ise D1 grubunda olduğu belirlenmiştir. Ağırlıklarının %2,6'sı kadar yem verilen grupta en yüksek GST enzim aktivitesinin başlangıçta ve 8. günde

D1 grubunda; 4. ve 12. günde ise D3 grubunda olduğu, en düşük aktivitelerin ise başlangıçta D3 grubunda, 4. ve 8. günde D4 grubunda, 12. gün ise D2 grubunda olduğu belirlenmiştir.

Çinkıloğlu (2007) oksidatif strese bağlı olarak GST enzim aktivitesinin arttığını belirtmiştir. Çalışmamızda da kontrol grubu olan balık yağı grubunda ve yağ kaynağı olarak soya lesitini kullanılan grupta 12. gün sonunda GST enzim aktivitesinde bir artış gözlenmezken, yağ kaynağı olarak oleik asit kullanılan diyetle beslenen grupta ve keten tohumu yağı kullanılan grupta 12. gün sonunda GST enzim aktivitesinde yükselme olduğu görülmekte ve bu yükselmenin oksidatif stresi azaltmak amacıyla olduğu düşünülmektedir.

5.3.6. G6PD enzim aktivitesine ilişkin tartışma

G6PD, temel görevi NADPH üretmek olan PPP'nin ilk basamağını katalizleyen anahtar enzimdir (Pilz *et al.* 1984; Keha ve Küfrevioğlu 1997; Lehninger 2000). Bu yolla üretilen NADPH'lar genel olarak; yağ asitlerinin, steroidlerin, bazı aminoasitlerin, indirgenmiş glutatyonun ve DNA'nın sentezinde kullanılmaktadır (Bonsignore *et al.* 1966; Bonsignore and Flora 1972). Ayrıca NADPH büyüme ve üreme proseslerinde esansiyel olup bu proseslerde elektron ve hidrojen kaynağı olarak görev yapar (Kan *et al.* 1988). G6PD aktivitesinde meydana gelebilecek aksaklıklar balık metabolizmasında çok önemli hasarlara yol açacaktır. Balıklarda G6PD enzim aktivitesi özellikle beslenme ve çevre şartlarına göre değişiklik göstermektedir (Bayır 2002). Diyetlerinde yağ kaynağı olarak balık yağı bulunan grubun G6PD enzim aktivitesi değerlerine baktığımızda, hiç yem verilmeyen grup ile %1,3 yem verilen grubun en yüksek değeri 8. günde, %2,6 yem verilen grubun en yüksek değeri 8. günde aldığı, en düşük değerleri ise %0 ve %2,6'lık yem verilen grupların 12. günde; %1,3 yem verilen grupta ise 4. günde aldığı görülmüştür. Diyetlerinde yağ kaynağı olarak soya lesitini bulunan grubun G6PD enzim aktivitesi değerlerine baktığımızda, hiç yem verilmeyen grubun en yüksek

değeri başlangıçta, %1,3 yem verilen grubun 12. günde, %2,6 yem verilen grubun 4. günde aldığı ve tüm üç grubunda en düşük değeri 8. günde aldığı görülmüştür. Diyetlerinde yağ kaynağı olarak oleik asit bulunan grubun G6PD enzim aktivitesi değerlerine baktığımızda, hiç yem verilmeyen grup en yüksek aktiviteyi 12. günde %1,3 ve %2,6 yem verilen gruplar ise 8. günde göstermişlerdir. En düşük aktiviteleri ise üç grupta başlangıçta göstermiştir. Balıklarda açlık, proteinin hapsedilmesi ve kısmende hazım sırasında proteinlerin parçalanmasını daha hassas yapan G6PD'nin tamamen okside olmuş formlarını ortadan kaldırmakla sonuçlanır (Barroso 1998). Çalışma sonucumuzda da hiç yem verilmeyen grupta diyetlerinde oleik asit bulunan grup dışındaki diğer grupların 12. gün değerlerinin başlangıç değerlerine göre düşüş gösterdiği belirlenmiş olup, Barroso (1998) literatürü ile doğrulanmaktadır. Gruplar arasında karşılaştırma yapıldığında ise hiç yem verilmeyen grupta en yüksek G6PD enzim aktivitesinin başlangıçta D4 grubunda; 4. ve 12. günlerde D3 grubunda; 8. günde ise D1 grubunda olduğu ve en düşük G6PD enzim aktivitelerinin ise başlangıçta D3 grubunda, 4. ve 8. günlerde D2 grubunda, 12. günde ise D4 grubunda olduğu görülmüştür. Ağırlıklarının %1,3'ü kadar yem verilen grupta en yüksek G6PD enzim aktivitesinin başlangıçta D1 grubunda; 4. ve 8. günlerde D3 grubunda ve 12. günde ise D2 grubunda olduğu; en düşük değerlerin ise başlangıçta D3; 4. günde D4; 8. günde D2 ve 12. günde D1 grubunda olduğu görülmüştür. Ağırlıklarının %2,6'sı kadar yem verilen gruta en yüksek G6PD enzim aktivitesi başlangıçta ve 8. günde D1 grubunda; 4. ve 12. günlerde ise D2 grubunda; en düşük enzim aktivitelerinin ise başlangıçta D3 grubunda, 4. ve 12. günlerde D1 grubunda ve 8. günde D4 grubunda olduğu görülmüştür. G6PD enziminin temel görevi; NADPH üretmek olan pentoz fosfat yolunun ilk basamağını katalizlemektir. Dolayısıyla bu enzim pentoz fosfat yolunun ilk ve kilit enzimidir (Slenzka *et al.* 1994; Keha ve Küfrevioğlu 1997). Burada üretilen NADPH, GR enzim aktivitesinde koenzim olarak gerekli olup CAT enzim aktivitesi için de esansiyeldir (Ciardiello *et al.* 1997). GSH ise GPx enzim aktivitesinin sürekliliğini sağlamak için yeniden üretilmek zorundadır ve bu üretim için GR enzimi esansiyeldir. Bu nedenle yem verilmeyen grupta yüksek GR ve G6PD aktivitesi H_2O_2 'nin dekompozisyonu için kritiktirler. Yem verilmeyen grupta ve diyetlerinde yağ

kaynağı olarak oleik asit bulunan grubun G6PD aktivitesindeki artış daha yüksek NADPH üretim kapasitesi oluşturur ve bu NADPH oksidatif stresi önlemede GR aracılığı ile GSH döngüsü için gerekli ve önemli bir kofaktördür (Bainy *et al.* 1996; Lushchak *et al.* 2001). Balıkların oksidatif şartlara adapte olma eğiliminde oldukları bilinmektedir (Lenartova *et al.* 1997). Dolayısıyla yem verilmeyen grupta ve diyetlerinde yağ kaynağı olarak oleik asit bulunan grupta yüksek G6PD aktivitesi detoksifikasyon prosesi için NADPH üretiminin arttığını göstermektedir. Bu durumun muhtemelen balıklarda oksidatif strese adapte olmak için geliştirilen bir refleks olduğu düşünülmektedir.

5.3.7. MDA mikrarına ilişkin tartışma

Oksidatif stresin hastalıkların patogenezinde rolü anlaşıldıkça bu alandaki çalışmalar da yoğunlaşmıştır. Oksidatif stres çalışmalarında serbest radikallerin artışı veya antioksidan savunma sistemlerinin yetersizliği araştırılmaktadır. Bunun için plazma, serum, eritrosit, doku örnekleri gibi çeşitli materyallerde analiz yapmaya uygun yöntemler geliştirilmiştir. Serbest radikaller son derece reaktif ve kısa ömürlüdürler. Bu yüzden direkt olarak ölçülmeleri zordur. Serbest radikalleri direkt olarak ölçen tek analitik teknik spin rezonans spektrometrisidir. Spin rezonans spektrometrisi ileri teknik donanım gerektirir, ayrıca çok duyarlı olmaması ve mikromolar düzeyde sabit konsantrasyonlarda serbest radikaller gerektirmesi nedeniyle kullanımı yaygın değildir. Serbest radikal üretimi artışının belirlenmesi için bunların lipidlerle, proteinlerle ve DNA ile reaksiyonları sonucu oluşan çeşitli ürünlerin ölçümü gibi indirekt yöntemler kullanılır. Bu yöntemler arasında lipid peroksidasyonunun son ürünlerinin ölçümü en çok kullanılan yöntemdir (Pascual 2002). MDA, membranlarda yaygın olarak kullanılan oksidatif hasarların belirteci olan lipid peroksidasyonun son ürünlerinden biridir (Yeh *et al.* 2005). Biz çalışmamızda açlığın oksidatif strese sebep olduğunu doğrulamak amacıyla MDA miktarını çalıştık. Çalışma sonucunda diyetlerinde yağ kaynağı olarak balık yağı bulunan grubun MDA miktarlarına baktığımızda, hiç yem verilmeyen grup ile %2,6 yem verilen grubun en yüksek değeri başlangıçta, %1,3 yem verilen grubun en

yüksek değeri 12. günde aldığı, en düşük değerleri ise %0 yem verilen grubun 8. günde; %1,3 ve %2,6 yem verilen grupların ise 4. günde aldığı görülmüştür. Diyetlerinde yağ kaynağı olarak soya lesitini bulunan grubun MDA miktarlarına baktığımızda yem verilmeyen grubun ve %1,3 yem verilen grubun en yüksek değere 12. günde; %2,6 yem verilen grubun ise 4. günde sahip oldukları en düşük değere ise üç grubunda 8. gün sahip oldukları görülmüştür. Diyetlerinde yağ kaynağı olarak oleik asit bulunan grubun MDA miktarlarına baktığımızda en yüksek miktarı hiç yem verilmeyen grubun başlangıçta; %1,3 ve %2,6 yem verilen grupların ise 12. günde aldıkları, en düşük değerleri ise yem verilmeyen grup ile %1,3 yem verilen grubun 4. günde; %2,6 yem verilen grubun ise başlangıçta aldığı görülmektedir. Diyetlerinde yağ kaynağı olarak keten tohumu yağı bulunan grubun MDA miktarlarına baktığımızda en yüksek miktarı hiç yem verilmeyen grubun ve %1,3 yem verilen grubun başlangıçta; %2,6 yem verilen grubun ise 12. günde aldığı; en düşük değerleri ise yem verilmeyen grubun 4. günde; %1,3 yem verilen grubun başlangıçta ve %2,6 yem verilen grubun ise 8. günde aldığı görülmüştür. Gruplar arasında karşılaştırma yapıldığında ise hiç yem verilmeyen grupta en yüksek GST enzim aktivitesinin ölçüm yapılan tüm günlerde D1 grubunda, en düşük miktarının ise başlangıç ve 8. günde D2 grubunda, 4. gün ve 12. gün ise D3 grubunda olduğu görülmektedir. Ağırlıklarının %1,3'ü kadar yem verilen grupta ise en yüksek MDA miktarı başlangıçta D1 grubunda; 4. günde D1 ve D4 grubunda 8. gün ve 12. günde ise D4 grubunda olduğu ve en düşük MDA miktarlarının ise başlangıçta D2 ve D4 gruplarında ölçüm yapılan diğer üç günde ise D3 grubunda olduğu görülmüştür. Ağırlıklarının %2,6'sı kadar yem verilen grupta ise en yüksek MDA miktarı başlangıçta, 8. günde ve 12. günde D1 grubunda, 4. günde ise D4 grubunda olduğu; en düşük MDA miktarının ise başlangıçta D2 ve D3 gruplarında; 4. günde D3 grubunda; 8. gün ve 12. günde ise D2 grubunda olduğu görülmüştür. Bu sonuçlardan da görüldüğü gibi verilen tüm yem seviyelerine en yüksek MDA miktarı D1 ve D4 gruplarında görülürken en düşük MDA miktarları da D2 ve D3 gruplarında görülmüştür. Bunun en büyük nedenin doku lipidlerindeki toplam PUFA miktarının olduğu düşünülmektedir. Doku lipidlerindeki PUFA miktarlarına baktığımızda D1 grubunda ve D4 grubunda en yüksek seviyede olduğu (sırayla %54,47 ve %68,99); D2 ve D3 gruplarında ise %38,93

ve %34,81 olduğu ve MDA miktarlarında PUFA miktarlarıyla doğru orantılı olarak arttığı görölmektedir. Çünkü doku lipitlerinin PUFA içeriğı ve kompozisyonu lipit peroksidasyonda önemli bir faktördür ve balık dokusu yüksek miktarda n-3 HUFA içerdiği için memelilere oranla peroksidatif saldırılara karşı daha çok risk altındadırlar (Bell and Cowey 1985). Bununla beraber deniz balıkları için PUFA'lar optimum büyüme ve gelişme için esansiyel olmalarına rağmen, aynı zamanda balığa bir peroksidasyon yüküde empoze ederler. Normal fizyolojik şartlarda, hücre membranına zarar verebilen ve oksidatif strese neden olan reaktif oksijen türlerinin (ROS) sürekli bir üretimi söz konusudur. Lipit peroksidasyonun, özelliklede ROS ve serbest radikaller tarafından oluşturulan PUFA oksidasyonunun, hücresel biyomembranların ve özellikle de oldukça fazla miktarda PUFA içeren hücrealtı organellerin zarar görmesine neden olan yüksek derecede zararlı olduğu bilinmektedir (Tappel 1975). PUFA'daki çift bağlar ROS veya serbest radikallerin varlığında, hidrojen ile bağlanmış enerjileri içerir ve onların genellikle otooksidasyon olarak bilinen tek zincir reaksiyonunu başlatan ve yayan hidrojen abstraksiyon reaksiyonları için oldukça hassas olmasına neden olur (Gardner 1989; Porter *et al.* 1995). PUFA'nın otooksidasyonu, hidrokarbon ve MDA gibi aldehitleri, yağ asidi hidroksitleri ve yağ asidi hidroksiperoksitleri gibi bileşenleri üretir. Yine başka bir açıdan ele aldığımızda en düşük MDA miktarlarının soya lesitini grubunda bulunması lipid oksidasyonunu önlemesi ile de açıklanabilir (Rinchard *et al.* 2007).

5.4. Yağ Asidi Profillerine İlişkin Tartışma

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).

Omega-3 yağ asitleri daha çok balık, merada beslenen hayvan eti, özgür dolaşan kümes hayvanlarının yumurtası ve keten tohumu yağlarında bulunur. Omega-6 yağ asitleri ise en çok mısır, soya, pamuk, ayçiçeği gibi yağlarda bulunur (Aydın 2004).

Balıkların yağ ihtiyaçlarına ilişkin ilk çalışmalar Oregon Devlet Üniversitesi'nde yapılmış olup, neticede gökkuşağı alabalığının noksanlık arazlarını önlemek ve normal büyümek için diyetlerinde omega-3 yağ asitlerine ihtiyaç duydukları tespit edilmiştir. (Castel *et al.* 1972) alabalıklar diyetlerinde, diyetteki lipit seviyesine ve yaşama dönemine bağlı olarak %0,5-1 arasında n-3 yağ asitine ihtiyaç duyduğunu bildirmektedir. Pek çok diğer balık türü gibi alabalıklarda eicosapentaenoic (EPA) asit ve docosahexaenoic asiti (DHA) birleştirerek phospholipitlere dönüştürürler. Deniz balıklarından farklı olarak alabalıklar linoleik asiti (18:3) desatü rasyon (doymamış hale getirmek) ederek, elongate (uzatmak) etmektedirler. Dolayısıyla bu daha kısa zincirli prekursorlardan (ön madde) EPA ve DHA üretmektedirler. Alabalıklar az miktarda n-6 yağ asitine, özellikle araşidonik (C20:4) asite fosfolipit ve prostaglandin sentezi için ihtiyaç duymaktadırlar (Cho and Cowey 1991). Omega 3 yağ asitleri genellikle diyetlere deniz balığı yağı ilave etmekle karşılanır. Normalde diyetlere %4-5 deniz balığı yağı ilavesi noksanlığı önlemek için yeterli miktarda n-3 yağ asitini sağlar. Alabalıklar yemlerinde hayvansal ya da bitkisel orjinli katı veya sıvı yağ katılarak diyetel n-3 yağ asiti seviyesi %1'in üzerine çıkarıldığında normal büyüme sağlar (Yanık 2010).

Alabalık diyetlerinde bitkisel yağların başarılı ve güvenli bir şekilde kullanımı için, bu yağların balıklarda kemik gelişimi üzerine olumlu veya olumsuz etkilerinin olup olmadığının belirlemek önemlidir. Diyetlerde balık yağının azaltılarak bitkisel yağların kullanılması sonucunda n6/n3 oranının artması beklenmektedir. Alabalıklar gibi karnivorlar muhtemelen diyetlerinde düşük n6/n3 oranına adapte olmuşlardır (Berge *et al.* 2009).

Yapılan araştırmalar neticesinde balık yağı üretimi yaklaşık 10 yıl içerisinde akvakültür için gerekli ihtiyaçlara cevap veremez duruma geleceği tahmin edilmektedir (New and Wijkstroem 2002; Kaushik 2004). Önümüzdeki 10 yıl içerisinde akuakültür için gerekli olan balık yağı ihtiyacı mevcut kaynakların çok üstünde olacağıda yine bu konuda yapılan araştırmalar sonucunda karşımıza çıkan bir gerçektir (Pike and Barlow 2003; Tacon 2005). Dolayısıyla alternatif lipid kaynakları bulmak, balıkçılık endüstrinin geleceğini garanti altına almak anlamında taşımaktadır. Bitkisel yağların, 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). Bununla beraber pek çok çalışma, balıklarda büyümeyi ve balık eti besin madde kompozisyonu olumsuz yönde etkilemeden, bitkisel yağların balık yağlarının yerine kullanılabileceğini bildirmektedir (Torstensen *et al.* 2000; Bell *et al.* 2001, 2002; Caballero *et al.* 2002; Montero *et al.* 2003, 2005; Izquierdo *et al.* 2003, 2005).

5. 4. 1. SFA profillerine ilişkin tartışma

SFA, gruplar arasında keten tohumu yağı ile hazırlanan grupta en düşük çıkarken, en yüksek değeri ise soya lesitini içeren yemle beslenen balıklarda göstermiştir. Fosfolipidlerin (özellikle fosfatidilkolin ve fosfatidiletanolamin'in) ana bileşeni olmasından dolayı embriyogenesis boyunca membran oluşumunda çok önemli bir yer tutan 16:0 (Dantagnan *et al.* 2007) ise SFA'lar içerisinde dominant yağ asidi olup SFA'ların %58 (balık yağı)-%68 (keten tohumu yağı)'ini oluşturmaktadır. Haliloğlu *et al.* (2003)'ün yaptığı çalışmada gökkuşağı alabalığında erken geleişim döneminde SFA'nın toplam yağ asitlerinin %21 ile %25 arasında değiştiğini ve 16:0'ın SFA'lar içerisinde dominant yağ asidi olduğunu belirtmişlerdir. Sirkecioğlu (2008)'in kahverenkli alabalıkta yaptığı çalışmada ise 16:0 serbest yüzme evresinde %28,34 olarak bulurken bizim çalışmamızda gruplarda sırasıyla %11,74; %14,81; %8,89 ve %7,58 (D1, D2, D3, D4) bulunmuş olup çalışmalar arasındaki farklılığın hem balıklara

verilen yemlerin farklılığından hem de balıkların yaşam evrelerine göre yağ asit yüzdelерinin farklılık göstermesine dayandığı düşünülmektedir. Genel olarak balıklarda döllenmeden sonra ve özellikle serbest yüzmeye başladıklarında enerji ihtiyaçları arttığından lipidlerin kullanımının da arttığı kaydedilmiştir (Tocher 2003). Larval ve embriyonal gelişim esnasında bazı yağ asitleri larva dokularındaki yapısal lipitlere katılırken diğer bazı yağ asitleri katabolize olurlar (Wiegand 1996). Ayrıca pek çok balık türünde larval gelişim esnasında MUFA'ların tüketildiği, oysa SFA, araşidonik asit ve DHA'nın karkas dokularının bileşenleri olduklarından dolayı miktarlarının arttığını bildirmiştir (Wiegant *et al.* 1991). Vázquez *et al.* (1994) ise balıkların ana SFA olan 16:0'ı kuluçka evresinde enerji kaynağı olarak kullandıkları bilgisini vermektedir.

5. 4. 2. MUFA profillerine ilişkin tartışma

Tekli doymamış yağ asitleri bakımından örnekler incelendiğinde toplam MUFA miktarının $17,40 \pm 1,23$ (keten tohumu yağı) ile $49,10 \pm 2,83$ (oleik asit) aralığında değişim gösterdiği saptanmıştır. Soya lesitini grubu değeri $19,88 \pm 0,96$ balık yağı grubu ise $25,76 \pm 1,57$ olarak tespit edilmiş ve sadece soya lesitini ile keten tohumu arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz olarak bulunurken diğer grupların birbiri ile arasındaki farkın önemli ($p < 0,05$) olduğu tespit edilmiştir. Sirkecioğlu (2008), Zengin ve Akpınar (2006) ve Haliloğlu *et al.* (2003)'de gökkuşuğı alabalığında en düşük MUFA değerlerinin frylarda belirlendiğini bildirmişlerdir. Genel olarak balıklarda döllenmeden sonra ve özellikle serbest yüzmeye başladıklarında enerji ihtiyaçları arttığından dolayı lipidlerin kullanımının da arttığı kaydedilmiştir (Tocher 2003). Doyalsıyla bu çalışmada toplam MUFA miktarının frylarda düşük çıkmasının nedeni MUFA'ların embriyonik gelişim sırasında enerji kaynağı olarak önemli olmalarındandır. Çünkü balıklarda yumurtadan ilk beslenme evresinden larvalara kadar geçen sürede 16:n-7, 18:1n-7 ve 18:1n-9 gibi ana MUFA'lar enerji kaynağı olarak kullanılmaktadırlar (Vázquez *et al.* 1994). Bizim bulgularımıza paralel sonuçlar bir soğuk su balığı olan *G. maculatus* (Dantagnan *et al.* 2007), Senegal dil balığında (Mourente and Vazquez 1996) ve morina balığında da kaydedilmiştir (Finn *et al.* 1995).

Aynı araştırmanın sonuçlarından anlaşılabacağı üzere MUFA'da dominant yağ asidi olarak 18:1 n-9 belirlenmiştir. Bizim çalışmamızda da MUFA'da dominant yağ asidi olan oleik asidin değerleri balık dokusunda sırayla %19,08; %14,96; %44,95 ve %14,84 (D1, D2, D3, D4) tespit edilmiştir. Yemlerde ise oleik asit yüzdesi %18,54; %14,77; %60,87 ve %14,78 olarak belirlenmiştir. Balıklar doğada yağı depo etme eğiliminde olduğundan kültür balıklarının yağının yemden alınan yağa benzeme eğiliminde olduğu ortaya konmuştur. Bu nedenle balığın yeminin balık tarafından depo edilen yağın tipini belirlediği saptanmıştır. Özellikle yemde kullanılan yağın kaynağı ve molekül büyüklüğüne bağlı olarak esansiyel yağ asit kompozisyonunun değiştiği bildirilmektedir (Watanabe 1982; Ensminger *et al.* 1990; Grene and Selivonchick 1990; Tucker 1998). Çalışmamız sonucu bu literatürle uyum içerisinde olup, yukardaki sonuçlara bakıldığında yemde verdiğimiz yağ asidi yüzdesi ile balık dokusundaki aynı yağ asidi yüzdesinin doğru orantılı olarak değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

5. 4. 3. n-3 çoklu doymamış yağ asidi profillerine ilişkin tartışma

Toplam n-3 çoklu doymamış yağ asitleri (n-3 PUFA) miktarı incelendiğinde gruplar arasında en yüksek değer, yağ kaynağı olarak balık yağı kullanılan yemle beslenen grupta, en düşük ise oleik asit ile beslenen grupta olduğu görülmüştür. İstatistik analizler neticesinde keten tohumu yağı ile beslenen grubun diğer gruplardan önemli derecede yüksek olduğu; yine balık yağıyla beslenen grubunda soya lesitini ve oleik asit ile beslenen gruplardan önemli derecede yüksek olduğu, ancak soya lesitini ve oleik asit ile beslenen grupların arasındaki farkın önemsiz olduğu tespit edilmiştir. 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; Almada-Pgan *et al.* 2007; Bessonarat *et al.* 1999; Piedecausa *et al.* 2007). Yapılan çalışmalarla linolenik ve linoleik yağ asitlerinin balıklar için esansiyel olduğu anlaşılmıştır. Daha sonraki yıllarda ise bütün doymamış yağ asitlerinin esansiyel olduğu iddia edilmiştir (Halver and Hardy 2002). Balıklar özellikle n-3 ve n-6 grubu yağ

asitlerini sentezleme yetenekleri olmadığından bu yağ asitlerin balıklar için EFA olduğu ve yemlerle birlikte alınması gerektiği görüşüne varılmıştır. Keten tohumu yağının yağ asidi bileşimi, yetiştiği iklim koşullarına göre değişir, oransal olarak daha çok linolenik asitten oluşmakta olup, doymamış yağ asitleri oranı %84-95 arasında değişmektedir (Kayahan 2004). Buna paralel olarak Łukaszewicz *et al.* (2004), çeşitli keten kültürlerinin yağ asitleri bileşiminin birbirinden farklı olduğunu, fakat yağ asidi bileşiminde en çok olan yağ asidinin linolenik asit olduğunu vurgulamışlardır. 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 keten tohumu ve soya lesitini ile hazırlanan yemlerle beslenen kahverenkli alabalıkların balık eti yağ asidi kompozisyonuna baktığımızda 18 karbonlu yağ asitleri bakımından ise zengin olduğunu görmekteyiz. Çalışmamızda yağ kaynağı olarak keten tohumu yağının kullanıldığı D4 grubunun 18:3n-3 miktarının en yüksek olduğu ve diğer gruplarla arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca diğer bir çalışmada yemlerde 22:6n-3 yağ asidinin oldukça önemli olduğu, yeterli düzeyde ihtiva etmeleri gerektiği ve yemlerin yapımında kullanılan kara bitkilerinin özellikle 18:2n-6 bakımından zengin oldukları belirtilmiştir (Lovell and Wilson 1993). Yemlerde tespit edilen 18 karbonlu yağ asitlerinin fazlalığı özellikle karasal bitkilerin tohumları ya da yağlarının kullanılmış olması bunu açıklamaktadır. Halver (1988); Santos *et al.* (1993); Lim *et al.* (1997); Bessonart *et al.* (1999) balıkların yağ asidi içeriğinin alınan yeme bağlı olarak etkilendiklerini, 22:6n-3'ü 20:5n-3 den daha fazla içerdiklerini, özellikle alabalıklarda vücut kompozisyonun rasyonun yağ asidi profilini yansıttığını, rasyondaki linolenik yağ asidinin vücutta depolanmadığını belirtmişlerdir. Yaptığımız çalışmada yemde linolenik asit miktarının yemlerde sırayla D1'de %2,56; D2'de %3,87; D3'te %0,36 ve D4'te %45,16 olduğu bu oranların balıklarda ise sırayla % 2,43±0,31; %2,19±0,26; %0,84±0,30 ve %33,64±1,82 olduğu, dolayısıyla yukardaki literatürdede belirtildiği gibi balık dokusundaki linolenik asit yüzdesinin yemdekinden düşük olduğu tespit edilmiştir. Özellikle balıklarda vücut kompozisyonunun rasyonun yağ asidi kompozisyonunu yansıttığını rasyondaki linolenik yağ asitlerinin vücut dokularında

depolanmadığını, fakat vücutta 22:6n-3 yağ asidine dönüşmüş olarak bulunduğu ve özellikle alabalıklarda 20:5n-3'ün 22:6n-3'e çevrilerek depolandığını bildiren Skuladottir *et al.* (1990) ile de çalışmamız uyum içerisinde olup, linolenik asitin 22:6n-3'e çevrilerek depolandığını çalışma sonuçlarında görmekteyiz. 22:6n-3 miktarı D1'de yemde %15,25 iken balıkta %22,90; D2'de yemde %7,16 iken balıkta %14,71; D3'te yemde %7,24 iken balıkta %15,98 ve D4'te yemde %6,40 iken balıkta %12,11'e çıktığı tespit edilmiştir. Coutteau *et al.* (2000) *P. vannamei boone*'de farklı yağ kaynaklarının kullanımında (soya ve balık yağı) yağların ihtiva ettiği fosfatidilkolin'in postlarva dönemlerinde %1,5 seviyesinde katılması gelişmeyi olumlu etkilediğini, fakat osmatik strese karşı hassasiyeti düşürdüğünü ifade etmişlerdir. Ayrıca soya yağı ilavesiyle *P. vannamei*'de DHA ve linoleik asit miktarları yükselirken EPA miktarında bir değişimin görülmediğini de ifade etmişlerdir. Çalışmamız sonuçlarında bu literatürü destekler durumda olup, balığın vücut kompozisyonuna baktığımızda yemde DHA miktarı %7,16 iken soya lesitini verilen grupta %14,71'e yükselmiştir. EPA miktarı ise yemde %7,70 iken balık etinde %4,47'e düşmüştür.

Diğer önemli bir n-3 PUFA ise DHA'dır. En yüksek değeri $22,90 \pm 1,13$ ile balık yağı grubunda alırken oleik asit grubu $15,98 \pm 0,69$ ile onu takip etmektedir. Soya lesitini ve keten tohumu yağı grupları ise sırayla $14,71 \pm 1,40$ ve $12,11 \pm 2,10$ değerlerini almıştır. Balık yağı grubu diğer gruplardan önemli derecede yüksek çıkarken, soya lesitini ve oleik asit grupları arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. Ancak keten tohumu yağı grubu bu iki gruptanda istatistiksel olarak önemli derecede düşük bulunmuştur. Çalışmamızın uyum içinde olduğu literatürlerden biri olan Ganga *et al.* (2011) diyetlerinde yağ kaynağı olarak keten tohumu yağı bulunan çipuraların diyetlerinde balık yağı bulunan yemle beslenen çipuralarla karşılaştırıldığında kaslarındaki araşidonik asit, EPA, DHA ve n-3 HUFA yüzdesi önemli derecede düşük çıkarken linolenik asit, linoleik asit ve 18 karbonlu PUFA yüzdeleri ise önemli derecede yüksek çıktığını tespit etmişlerdir.

EPA, DHA'nın ardından n-3 PUFA grubuna dahil olan diğer bir önemli yağ asitidir. EPA gruplar arasında en yüksek değerini balık yağı ile hazırlanan diyetle beslenen grupta gösterirken, en düşük değeri ise keten tohumu yağı ile beslenen balıklarda almıştır. Tüm gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. Son zamanlarda alabalıklarda bitkisel yağlardan özellikle keten tohumu yağı ve kanola tohumu yağının yağ asidi kompozisyonunun etkilerinin araştırıldığı çalışmalar yapılmıştır (Bell *et al.* 2003; Thomassen and Rosjo 1989). Balık yemlerindeki bitkisel yağlar üzerine ilk çalışmalar Thomassen and Røsjø (1989) tarafından yapılmış ve daha sonra bitki yağları karışımı ile deneyler yapılmaya başlanmıştır. Keten tohumu yağı, konola tohumu yağı ve kenevir tohumu yağı önemli miktarda n-3 yağ asidini içeren bitki yağlarıdır. Fakat bunlar önemli uzun zincirli n-3 PUFA'lar yönünden eksiktirler. Çalışmamız sonuçlarında keten tohumu yağı ile beslenen balıkların EPA ve DHA değerinin gruplar arasında en düşük çıkması ve 18:3n-3 değerinin ise en yüksek çıkması bu literatür ile uyum göstermektedir. Yemlerde balık yağı yerine bitkisel yağların kullanıldığında balık yağ asidi kompozisyonunun önemli derecede değişiklik gösterdiği kolayca farkedilebilmektedir (Pickova and Morkore 2007). AA ve EPA balıklarda biyolojik aktivite ve hormonların dengeli bir şekilde oluşmasında etkili olduğu bildirilmiştir (Alexis 1997; Sargent *et al.* 2002). Balıkların hücre zarlarında yüksek oranda DHA ve EPA; düşük oranda ise araşidonik asit (AA) bulunmaktadır. Balıkların hücre zarlarında özellikle DHA bol miktarda bulunmaktadır. Dolayısıyla balıkların diyetlerinde n-3 PUFA'ya yüksek miktarda, AA'ya ise daha düşük miktarlarda gereksinim duyulmaktadır. Yapılan araştırmalarda farklı türlerin diyetlerinde yer alan LNA/LA oranları ve bu diyetlerle beslenen balıkların dokularındaki DHA/EPA/AA oranlarının temel belirleyicisi olduğu bildirilmiştir (Sargent *et al.* 1999a, 2002; Astuirano 2001).

5. 4. 4. n-6 çoklu doymamış yağ asidi profillerine ilişkin tartışma

Toplam n-6 çoklu doymamış yağ asitleri (n-6 PUFA) bakımından gruplar incelendiğinde en yüksek değerin % 19,38±0,74 ile soya lesitini grubuna ait olduğu ve

sonra sırayla keten tohumu yağı, oleik asit ve balık yağı ($13,97 \pm 0,23$; $11,86 \pm 0,65$ ve $8,47 \pm 0,33$) olduğu belirlenmiştir. Keten tohumu yağı ve oleik asit grubu arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli olarak bulunmazken, bunların diğer gruplarla arasındaki fark ve balık yağı ile soya lesitini grubu arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). 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. Tüketilen balıklarda özellikle çoklu doymamış yağ asitlerinin miktarının yüksek olması istendiğine göre balıkların kas dokusu PUFA miktarının fazla olması tercih sebebi olabilir.

Balıklar linolenik ve linoleik serisinden yağ asitlerini sentezleyememektedirler. Diyetlerdeki linolenik asit, 20 ve 22 karbonlu n-3 HUFA'ların ve linoleik asit n-6 HUFA'lardan araşidonik asidin öncüleridir. Linoleik asit kültür balığı diyetlerinde yüksek miktarlarda bulunmasından dolayı balığın vücut yağında da yüksek miktarlarda bulunmaktadır. Çalışmamız bu literatür ile uyum içerisinde olup, yemdeki linoleik asit miktarı ile balık vücut yağı linoleik asit miktarı paralel sonuçlar göstermiştir. Çalışmamızda linoleik asit miktarları balık yağı grubunda yemde $5,51$; balıkta $5,88 \pm 0,25$; soya lesitini grubunda yemde $20,52$ ve balıkta $15,83 \pm 0,35$; oleik asit grubunda yemde $10,01$ ve balıkta $8,73 \pm 0,48$ son olarak keten tohumu yağı grubunda yemde $13,53$ ve balıkta $12,57 \pm 0,27$ olarak tespit edilmiştir. Balıkların linoleik asit değerleri gruplar arasında önemli derecede farklılık göstermiştir.

Araşidonik asit ise diğer önemli bir n-6 PUFA'dır. Gruplar arasında bu yağ asidinin en yüksek miktarı soya lesitini grubunda ($1,21 \pm 0,03$), en düşük miktarı ise $0,46 \pm 0,06$ değeri ile keten tohumu yağı grubunda belirlenmiştir. Oleik asit grubu $0,95 \pm 0,04$ ve balık yağı grubu $0,94 \pm 0,00$ değerlerini almıştır. Oleik asit ve balık yağı grupları arasındaki fark istatistiksel açıdan önemsiz olarak bulunurken, bu iki grubun soya lesitini ile keten tohumu yağı grupları arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0,05$).

Yine soya lesitini grubu ile keten tohumu yağı grupları arasındaki farkın da istatistiksel açıdan önemli ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir.

5. 4. 5. n-3/n-6 PUFA ve EPA+DHA değerlerine ilişkin tartışma

n-3/n-6 PUFA oranı tüm gruplarda en yüksek değerine balık yağı grubunda ($\%4,63\pm0,28$) ulaşmıştır. Keten tohumu yağı grubu için bu değer $\%3,92\pm0,26$ ve oleik asit grubu için $\%1,89\pm0,30$, soya lesitini grubu için ise $\%1,26\pm0,16$ olarak tespit edilmiştir. Balık yağı grubu ile keten tohumu yağı grubu arasındaki fark ile oleik asit grubu ve soya lesitini grubu arasındaki fark önemsiz bulunurken, balık yağı grubu ve keten tohumu yağı grubu, oleik asit ve soya lesitini gruplarından önemli derecede farklı bulunmuşlardır ($p<0,05$). 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. n-6/n-3 PUFA oranı genellikle tatlı su balıklarıyla karşılaştırıldığında deniz balıklarında daha düşüktür (Henderson and Tocher 1987; Ackman 2002). Yağ kaynağı olarak soya lesitini kullanılan grupta n6/n3 oranının arttığı görülmektedir. Alabalıklar gibi karnivorlar muhtemelen diyetlerinde düşük n6/n3 oranına adapte olmuşlardır (Berge *et al.* 2009).

Çalışmada son olarak EPA+DHA değerinin söz konusu gruplarda nasıl bir değişim gösterdiği test edilmiştir. Buna göre en yüksek oran balık yağı grubunda çıkmıştır. Oleik asit grubu ile soya lesitini grubu ile arasında istatistiksel açıdan bir fark olmazken keten tohumu yağı bu iki gruptan önemli derecede düşük, balık yağı grubu ise bütün gruplardan önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Deniz ve tatlı su balıklarının EPA ihtiyaçları arasında önemli farklılıklar olduğu bilinmektedir. Deniz balıkları n-3

serisindeki HUFA'lara yüksek miktarda ihtiyaç gösterirken tatlı su balıkları n-3 HUFA'larla birlikte n-6 serisindeki yağ asitlerine de ihtiyaç göstermektedirler. Bu yağ asitleri balıklarda iyi bir büyüme ve yemden yararlanma oranı ile yemdeki proteinden önemli ölçüde tasarruf etmesini sağlamaktadır. 18C'lu LNA'den DHA ve EPA ve 18C'lu LA'den AA üretimi tatlı su balıklarında daha yüksektir (Sowizral *et al.* 1990; Sargent *et al.* 1995, 1999a; Rinchart *et al.* 2007). Tatlı sularda yaşayan ve soğuk su balığı olan kahverenkli alabalık diyetlerinde n-3 serisindeki yağ asitleri ile birlikte n-6 serisindeki yağ asitlerine de ihtiyaç duyulmaktadır. Diyetlerde kullanılan balık yağı, balıkların gereksinim duyduğu enerji ve esansiyel yağ asitlerinin temel kaynağıdır. Balık yağı %20 oranında doymuş ve %80 oranında doymamış yağ asitlerini içermektedir. Doymamış yağ asitlerinin büyük çoğunluğu n-3 HUFA'lardır (Sargent *et al.* 1999a). Buna karşın, bitkisel yağlar n-6 serisindeki doymamış yağ asitleri bakımından daha zengindirler (Rinchart *et al.* 2007; Valente *et al.* 2007; Geurden *et al.* 2005).

Yemlerde alternatif yağ kaynağı kullanma konusunda Atlantik salmonu (*S. salar*) ve gökkuşağı alabalığı (*O. mykiss*) gibi kültürü yapılan salmonlarda, kültürü yapılan deniz levreklerinde (*D. labrax*) (Mourente *et al.* 2005) çipura (*S. aurata*)'da (Izquierdo *et al.* 2003; Izquierdo *et al.* 2005) *Morone chrysops* & *Morone saxatilis*'te (Wonnacott *et al.* 2004), kalkan (*P. maxima*)'da (Regost 2003), morina balığı (*G. morhua*)'nda (Mørkøre 2006) pisi balığında (*H. hippoglossus*), tatlı su levreği (*P. fluviatilis*)'nde, *Lucioperca lucioperca*'de (Hardy 2001; Tucker *et al.* 1997) araştırmalar yapılmıştır. Bütün bu araştırmalar linolenik ve linoleik asitlerin miktarının yem kompozisyonunu yansıttığında balık yem bitkisi yağlarında EPA ve DHA'nın total lipidlerinde önemli bir azalış olduğunu göstermektedir. Zayıf balık türlerinde bu etki daha az belirgin olabilir, çünkü kaslarının büyük bir kısmı yağlı balıklarda depo edilen yağlar gibi diyet tarafından kolayca değiştirilemeyen ve genellikle daha stabil olan fosfolipitlerden oluşmuştur. (Mørkøre 2006; Zhou *et al.* 1996). Yemlerde soya, kanola, zeytinyağı ve ayçiçeği yağı n-6/n-3 oranını artırır. Ancak keten tohumu yağı yeme ilave edildiğinde bu oranın düşürür; fakat DHA ve EPA miktarları yetersiz kalır. Balık yağıyla

hazırlanan bitirme diyetleri sadece orjinal “deniz balıkları yağ asidi” içeriğinin büyük bir kısmını restore edebilir. Bu nedenle balık çiftliklerinde besleme stratejilerinin büyük bir kısmı, özellikle yüksek miktarda uzun zincirli PUFA ile hazırlanan balık yağı temelli final besleme rejimini (özellikle birkaç aylık peryot) önerir (Pickova and Morkore 2007).

Balık yağı yalnızca balık yemlerinde değil, insan tüketimi ve karasal hayvan yemlerinde de kullanılmasından dolayı, yem üretim maliyetlerinde önemli artışlara yol açmaktadır. Yapılan araştırmalar neticesinde balık yağı üretiminin yaklaşık 10 yıl içerisinde akvakültür için gerekli ihtiyaçlara cevap veremez duruma geleceği tahmin edilmektedir (New and Wijkstroem 2002; Kaushik 2004). Önümüzdeki 10 yıl içerisinde akvakültür için gerekli olan balık yağı ihtiyacının mevcut kaynakların çok üstünde olacağı yine bu konuda yapılan farklı araştırmalar sonucunda karşımıza çıkan bir gerçektir (Pike and Barlow 2003; Tacon 2005). Dolayısıyla sürdürülebilir ve ekonomik bir yem sanayinin oluşturulabilmesi için balık yağına alternatif, sağlıklı ve balığın yağ asidi ihtiyacını karşılayabilecek lipid 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 keten tohumu yağı ve soya lesitininin, balık yemlerinde kullanılabilirliği araştırılmış ve gerek soya lesitininin gerekse keten tohumu yağının kahverenkli alabalıklarda büyümeyi ve yem değerlendirme oranını artırdığı tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra genel olarak, çalışılan antioksidan enzim aktivitelerine baktığımızda ise soya lesitini ve keten tohumu yağı ile beslenen balıkların kontrol grubu olan balık yağı ile beslenen gruba yakın aktivite gösterdikleri tespit edilmiştir. Yine besin maddesi

maddesi kompozisyonu açısından değerlendirildiğinde de hem soya lesitininin hem de keten tohumu yağının balık yağı ile beslenen balıklar ile yaklaşık aynı kompozisyona sahip olduğu görülmüştür. Dolayısıyla alabalıklar için esansiyel olan linolenik ve linoleik yağ asitleri açısından zengin olan bu bitkisel yağlar (soya lesitini ve keten tohumu yağı) ile kahve renkli alabalık (*S. trutta*)'ı beslemenin sonucunda besin madde kompozisyonu, büyüme, yağ asidi kompozisyonu ve bazı antioksidan enzim aktiviteleri ile ilgili olarak elde ettiğimiz sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Canlı ağırlık artışı, spesifik büyüme oranı, yem değerlendirme oranı ve yaşama oranı bakımından yemlerinde yağ kaynağı olarak hem soya lesitini bulunan grubun hem de keten tohumu yağı bulunan grubun yağ kaynağı olarak balık yağı bulunan gruptan istatistiksel olarak farksız olduğu tespit edilmiştir.
- Balık eti besin madde kompozisyonuna bakıldığında protein bakımından en yüksek değere keten tohumu yağı ile beslenen grubun sahip olduğu görülürken, soya lesitini ile beslenen grubun ise balık yağıyla beslenen gruptan istatistiksel olarak farksız olduğu belirlenmiştir. Balık eti yağ kompozisyonuna bakıldığında; soya lesitini ile beslenen grubun en düşük yağ miktarını içerdiği, yine keten tohumu yağı ile beslenen grubun balık yağı grubundan düşük miktarda yağ içerdiği görülmüştür. Gerek yağ kaynağı olarak soya lesitini kullanılan grubun, gerekse keten tohumu yağı kullanılan grubun protein değerlerinin yüksek, yağ değerlerinin düşük çıkması, yetiştiricilikte istenen bir durum olup, yağı enerji ihtiyacını karşılamak için, proteini ise büyüme için kullandıkları sonucuna varılmıştır. Büyüme değerlerinde istatistiksel olarak farksız olmakla beraber balık yağı grubundan yüksek bulunması bu durumun kanıtıdır.
- Balık eti yağ asidi kompozisyonu açısından değerlendirildiğinde, n-3/n-6 oranının yağ kaynağı olarak soya lesitini kullanılan yem ile beslenen grupta düşük; keten tohumu yağı kullanılan yem ile beslenen grupta ise yüksek olduğu görülmüştür. Fakat bu

orandaki yükseklik EPA ve DHA'dan değil linolenik asitten kaynaklanmaktadır. Bu sebeple keten tohumu yağı ve soya lesitininin kahve renkli alabalık (*S. trutta*) yemlerinde balık yağı yerine kullanılabileceği, ancak özellikle yüksek miktarda uzun zincirli PUFA ile hazırlanan balık yağı temelli final besleme rejimi uygulanmasının çok daha uygun olacağı düşünülmektedir.

- Antioksidan enzim aktiviteleri incelendiğinde yağ kaynağı olarak oleik asit kullanılan yemlerle beslenen grubun strese toleranslarının düşük olduğunu, ancak soya lesitini ve keten tohumu yağı içeren yemle beslenen grupların gerek açlık stresini gerekse az yemleme stresini tolere edebildikleri, ancak balık yağı ve keten tohumu yağı içeren grupların lipid peroksidasyon değerlerinin, bu iki grubun PUFA miktarlarıyla doğru orantılı olarak artış gösterdiği, dolayısıyla bu yem grupları hazırlanırken dışarıdan antioksidan ilavesinin uygun olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Ackman R. G., 2002. Freshwater fish lipids - an overlooked source of beneficial long-chain n-3 fatty acids. *Eur J Lipid Sci Technol.* 104, 253–254.
- Ahmed, R.S., Seth, V., Pasha, S.T., Banerjee, B.D., 2000. Influence of dietary ginger (*Zingiber officinales*) on oxidative stress induced by malathion in rats. *Food and Chemical Toxicology*, 38, 443-450.
- Akertek, E., 1994. Characterization of immobilized catalase and their application in the milk sterilization with H₂O₂, Masters Thesis of DEU, İzmir
- Akkuş, T., 1995. Serbest Radikaller ve Fizyopatolojik Etkileri. Mimoza Yayınları, Konya.
- Aksoy, M., 2000. Beslenme Biyokimyası. Hatiboğlu Yayınları. 126. Ankara.
- Akyıldız, A.R., 1968. Yemler Bilgisi Laboratuvar Kılavuzu. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara.
- Akyurt, İ., 1993. Balık Besleme. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölümü, Erzurum.
- Al-Owafeir, M.A. and Belal, I.E.H. 1996. Replacing palm oil for soybean oil in tilapia (*Oerochromis niloticus*) Feed. *Aquaculture*, 27 (4), 222-224.
- Almada-Pagan, P.F., Hernandez, M.D., Garciagrcia, B., Madrid, J.A., De Costa, J., Mendiola, P., 2007. Effects of total replacement of fish oil by vegetable oils on n-3 and n-6 polyunsaturated fatty acid desaturation and elongation in sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*) hepatocytes and enterocytes, *Aquaculture*. 272, 589-598.
- Alexis, M.N., 1997. Fish meal and fish oil replacers in Mediterranean marine fish diets, In: *Feeding Tomorrow's Fish*, 24-26 June 1996, Proceedings of the Workshop of the CIHEAM Network on Technology of Aquaculture in the Mediterranean (TECAM), Jointly Organized by CIHEAM, FAO and IEO Mazarron (Spain), Cahiers Options Mediterraneennes. 183-204.
- Álvarez, M.J., Lopez-Bote, C.J., Díez, A., Corraze, G., Arzel, J., Dias, J., Kaushik, S.J., Bautista, J.M., 1998. Dietary fish oil and digestible protein modify susceptibility to lipid peroxidation in the muscle of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Br. J. Nutr.* 80, 281–289.
- Álvarez, M.L., López-Bote, C.J., Díez, A., Corraze, G., Arzel, J., Dias, J., Kaushik, S.J., Bautista, J.M., 1999. The partial substitution of digestible protein with gelatinized starch as an energy source reduces susceptibility to lipid oxidation in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) muscle. *J. Anim. Sci.* 77, 3322–3329.
- Amarowicz, R., Wanasundara, U., Wanasundara, J. and Shahidi, F. 1993. Antioxidant activity of ethanolic extracts of flaxseed in a b-carotene-linoleate model system. *J. Food Lipids*. 1, 111-117.
- Anonim 2009a. <http://www.food-info.net/tr/qa/qa-fi68.htm>.
- Anonim 2009b. <http://www.bitkisel-tedavi.com/lesitin.htm>

- AOAC., 1998. Official Methods of Analysis (16th Edition) of the Association of Analytical Chemists, Vols. I and II, 4th Revision. Gaithersburg, Maryland 20877-2417, USA.
- Aral, O., Ağırağaç, C. ve Yiğit, M., 1999. Karadeniz’de ağ kafeslerde alabalıkların (*Oncorhynchus mykiss*) beslenmesinde midye etinin kullanımı üzerine bir araştırma, Türk Veterinerlik ve Hayvancılık Dergisi, 23 (1), 23-29.
- Aras, M.S., Bircan, R., Aras, N.M., 1997. Genel Su Ürünleri ve Balık Üretimi Esasları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları No: 173, Erzurum.
- Arslan, M., Rinchar, J., Dabrowski, K., Portella, M.C., 2008. Effects of different dietary lipid sources on the survival, growth, and fatty acid composition of south American Catfish, *Pseudoplatystoma fasciatum*, Surubim, Juveniles. Journal of the World Aquaculture Society. 39(1), 51-61.
- Asgard, T. and Austreng, E., 1985. Dogfish offal, ensiled or frozen as feed for salmonids, Aquaculture. 49, 289-305.
- Asturiano, J.F., Sobera, L.A., Carillo, M., Zanuy, S., Ramos, J., Navarro J.C., Bbromage, N., 2001. Reproductive Performance in Male European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax* L.) Fed two PUFA-Enriched Experimental Diets: a Comparison with Males Fed a Wet Diet, Aquaculture. 194, 173-190.
- Atay, D., 1989. Populasyon Dinamiği. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yay. 1154. Ders Kitabı, 324, Ankara.
- Auroma, O. I., Halliwell, B., Gazewski, E. and Dizdaroğlu, M., 1989. Damage to the bases in DNA induced by hydroxyl radical and ferric ion chelates. The Journal of Biological Chemistry. 264, 20509-20512.
- Auroma, O. I., 1999. Free radicals, antioxidants and nutritional nutrition. Asia Pacific J. Clin. Nutr., 8 (1), 53-63.
- Austreng, E., Risa, S., Edwards, D.J., Hvidsten, H., 1977. Carbohydrate in Rainbow Trout Diets. II. Influence of Carbohydrate Levels on Chemical Composition and Feed Utilization of Fish From Different Families. Aquaculture. 11, 39-50.
- Aydın, A., 2004. Sağlığımız ve Omega-3 Yağ Asitleri. Sağlıkta ve Hastalıkta Beslenme Sempozyum Dizisi. 41, 181-189, Kasım.
- Babior, B. M., 1997. Superoxide: a two edged sword. Brazilian Journal of Medical and Biological Research. 30, 141-155.
- Bainy, A. C. D., Saito, E., Carvalho, P. S. M. and Junqueira, V. B. C., 1996. Oxidative stress in gill, erythrocytes, liver and kidney of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) from a polluted site. Aquatic Toxicology, 34, 151-162.
- Bardach, E.J., Ryther, J.H. and McLarney, W.O., 1976. Aquaculture. John Wiley & Sons, USA.
- Barroso, J. B., Peragón, J., García-Salguero, L., de la Higuera, M., Lupiáñez, J. A., 1999. Variations in the kinetic behaviour of the NADPH-production systems in different tissues of the trout when fed on an amino-acid-based diet at different frequencies. The Int. J. Biochem. & Cell Bio. 31, 277-290.
- Barroso, J. B., Peragón, J., García-Salguero, L., de la Higuera, M., Lupiáñez, J.A., 2001. Carbohydrate deprivation reduces NADPH-production in fish liver but not in

- adipose tissue. The International Journal of Biochemistry & Cell Biology. 33, 785–796.
- Bartosz, G., 2003. Generation of reactive oxygen species in biological systems. Comments on Toxicology. 9, 5-21.
- Bast, A., Haenen, G.R.M., Doelman, J.E., 1991. Oksidant and antioksidant: State of the art. Am. J. Med. 91(3), 2-13.
- Baydar, H., 2000. Bitkilerde yağ sentezi, kalitesi ve kaliteyi artırmada ıslahın önemi. Ekin Dergisi. 11, 50-57.
- Bayır, A., 2002. Canlı (*Gammarus pulex*) ve Yaş (sığır dalağı) Yemin Gökkuşağı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Yavrularına Belirli Aralıklarla Verilmesinin Glukoz 6 Fosfat Dehidrogenaz ve Karbonik Anhidraz Enzim Aktiviteleri ile Büyüme, Yem Değerlendirme ve Yaşama Gücü Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Erzurum.
- Bayır, A., 2005. Hınıs Çayı (Murat Havzası)'nda yaşayan siraz balığı (*Capoeta capoeta umbra*)'nın antioksidan enzim aktiviteleri, serum lipitleri, lipoproteinleri ve hematolojik parametrelerin mevsimsel değişimlerinin incelenmesi. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Erzurum.
- Bayır, A., Sirkecioğlu, A.N., Bayır, M., Arslan, M., Güneş, M., Haliloğlu, H.İ., Aras, N. M. and Arslan, H., 2011. Effects of different dietary lipid sources on the growth, survival and fatty acid composition of brown trout juveniles, *Salmo trutta*. The Israeli Journal of Aquaculture -Bamidgeh Vol. 64(1) (in press).
- Bell, J.G., Cowey, C.B., Adron, J.W., Shanks, A.M., 1985. Some effects of vitamin E and selenium deprivation on tissue enzyme levels and indices of tissue peroxidation in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) Br. J. Nutr. 53, 149–157.
- Bell, M.V., Henderson, R.J., and Sargent, J.R., 1986. The role of polyunsaturated fatty acids in fish. Comp. Biochem. Physiol. 4, 711-719.
- Bell, M.V., Batty, K.S., Dick, J.R., Fretwell, K., Navarro, J.C., Sargent, J.R., 1995. Dietary deficiency of docosaahexaenoic acid impairs vision at low light intensities in juvenile herring (*Clupea harengus* L.), Lipids. 30, 373-476.
- Bell, G., Tocher, D.R., Farndale, B.M., McViar, A.H., and Sargent, J.R., 1999, Effects of essential fatty acid deficient diets on growth, mortality, tissue histopathology and fatty acid composition in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). Fish Physiol and Biochem. 20, 263-277.
- Bell, J.G., McEvoy, J., Tocher, D.R., McGhee, F., Campbell, P.J., Sargent, J.R., 2001. Replacement of fish oil with rapeseed oil in diets of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects tissue lipid compositions and hepatocyte fatty acid metabolism. Journal of Nutrition. 131, 1535–1543.
- Bell, J.G., Henderson, R.J., Tocher, D.R., McGhee, F., Dick, J.R., Porter, A., Smullen, R., Sargent, J.R., 2002. Substituting fish oil with crude palm oil in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects tissue fatty acid compositions and hepatic fatty acid metabolism. The Journal of Nutrition 132, 222–230.
- Bell, J.G. McGhee, F. Campbell, P.J. Sargent, J.R., 2003. Rapeseed oil as an alternative to fish oil in diets of post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*): Changes in flesh

- fatty acid composition and effectiveness of subsequent fish oil “washout”. *Aquaculture*. 218, 515-528.
- Bell, J.G., Sargent, J.R., 2003. Arachidonic acid in aquaculture feeds: current status and future opportunities. *Aquaculture*. 218, 491–499.
- Berge, G., M., Wtten, P.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, 299-308.
- Bessonart, M., Izquierdo, M.S., Salhi, M., Hernandez, C.M., Gonzalez, M.M., and Palacios, H.F., 1999, Effect of dietary arachidonic acid levels on growth and survival of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) larvae. *Aquacult.* 179, 265-275.
- Beutler, E., 1975. Red Cell Metabolism. Grune & Stratton, New York, 2nd ed., USA.
- Beutler, E., 1984. Red Cell Metabolism. Grune & Stratton, Inc. Orlando, 3rd ed., USA.
- Bilgüven, M. ve Barış, M., 2008. Yüksek ve Düşük Oranda Tam Yağlı Soya İçeren Yemlerin Gökkuşluğu Alabalığının (*Oncorhynchus mykiss* W.) Besi Performansı, Yemden Yararlanma Oranı ve Birim Maliyeti Üzerine Etkileri. 1. Ulusal Alabalık Sempozyumu, 14-16 Ekim, Isparta.
- Bonsignore, A., De Flora, A., 1972. Regulatory properties of glucose 6-phosphate dehydrogenase. *Curr. Top. Cell*. 6, 21-62.
- Bonsignore, A., Fornaini, G., Leoncini, G., Fontani, A., Segni, P., 1966. Characterization of leucocyte glucose 6 phosphate dehydrogenase in Sardinian Mutants. *J. Clin. Invest.* 45, 12-16.
- Boveris, A. and Chance, B., 1973. The mitochondrial generation of hydrogen peroxide. General properties and effect of hyperbaric oxygen. *Biochemical Journal*. 34, 707-717.
- Bradford, M. M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*. 77, 248-251.
- Bruno D.W. and Poppe T.T., 1996. A Colour Atlas of Salmonid Diseases. Academic Press. 194 . London..
- Bromley P.J., 1980. The effect of dietary water content and feeding rate on the growth and food conversion efficiency of turbot (*Scophthalmus maximus* L.), *Aquaculture*. 20, 91-99.
- Buechter, D. D., 1988. Free radicals and oxygen toxicity. *Pharmaceutical Research*. 5 (5), 253-260.
- Bureau, D.P., Harris, A.M., Bevan, D.J., Simmons, L.A., Azevedo, P.A., Cho, C.Y., 2000. Feather Meals and Meat and Bone Meals from Different Origins as Protein Sources in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Diets, *Aquaculture*. 181, 281-291.
- Buzzi, M., Henderson, J., Sargent, J.R., 1997. Biosynthesis of Docosahexaenoic Acid in Trout Hepatocytes Proceeds via 24-Carbon Intermediates. *Comparative Biochem and Physio.* 116 (2), 263-267.
- Caballero, M.J., Obach, A., Rosenlund, G., Montero, D., Gisvold, M., Izquierdo, M.S., 2002. Impact of different dietary lipid sources on growth, lipid digestibility, tissue

- fatty acid composition and histology on rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture. 214, 253-271.
- Cahu, C.L., Zambonino, J.L., Barbosa, V., 2003. Effect of dietary phospholipids level and phospholipids:neutral lipid value on the development of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae fed a compound diet. Br. J. Nutr. 90, 21-28.
- Canbolat, O., Akyol, Ö., Kavutçu, M., Yurtaslan, Z. ve Durak, İ., 1993. Süperoksit dismutaz aktivitesinin tayini üzerine deneysel bir araştırma. Ankara Tıp Mecmuası. 46, 75-84.
- Castell, J.D., Sinhuber R.D., Wales J.H. and Lee, D.J., 1972. Essential Fatty Acid in the Diet of Rainbow (*Salmo gairdneri*): Growth, Feed, Conversion and Gross Deficiency Symptoms. Journal of Nutrition 102(77), 77-86.
- Cengiz, M., 2004. Saponin'in Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Kan Parametreleri ve Enzim Aktiviteleri Üzerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Erzurum.
- Champe P. C. and Harvey R. A.: Biyokimya (Tokullugil A., Dirican M. ve Ulukaya E. çev.), 1997. Uludağ Üniv. Tıp Fak. Biyokimya ABD. Nobel Tıp Kitapevleri Ltd. Şti., İstanbul, 48-54.
- Chance, B., Sies, H. and Boveries, A., 1979. Hydroperoxide metabolism in mammalian organs. Physiol. Rev. 59 (3), 527-605.
- Cheng, Z.J., Hardy, R.W., 2002. Effect of Microbial Phytase on Apparent Nutrient Digestibility of Barley, Canola Meal, Wheat and Wheat Middlings, Measured in vivo Using Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*), Aquaculture Nutrition. 8, 271-277.
- Cho, C.Y. and Cowey, C.B., 1991. Rainbow trout: *O. mykiss*. R.P. Wilson (Ed), Handbook of Nutrient Requirements of Finfish. 131-143
- Christiansen, J.S., Ringo, E. and Farkas, T., 1989. Effect of sustained exercise on growth and body composition of first feeding fry of arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L). Aquaculture. 79, 329-335.
- Christie, W. W., 1989. Gas Chromatography and lipids. The Hammah Research Institute, Atr, Scotland.
- Ciardiello, M. A., Camardella, L., Carratore, V. and di Prisco, G., 1997. Enzymes in Antarctic fish: Glucose-6-phosphate dehydrogenase and glutamate dehydrogenase. Comparative Biochemistry and Physiology, 118 A, 1031-1036.
- Cochrane, C.G., 1991. Cellular injury by oxidant. Am. J. Med. 91, 23-30.
- Coutteau, P., Kontara, E.K.M., and Sorgeloos, P., 2000. Comparison of phosphatidylcholine purified from soybean and marine fish roe in the diet of postlarval *Penaeus vannamei* boone. Aquacult. 181, 331-345.
- Cowey, C.B., Bell, J.G., Knox, D., Fraser, A., Youngson, A., 1985. Lipids and antioxidant systems in developing eggs of salmon *Salmo salar*. Lipids 20, 567-572.
- Craig, R.S., Gatlin, D.M., 1997. Growth and body composition of juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*) fed diets containing lecithin and supplemental choline. Aquaculture. 151, 259-267.

- Crowford, R.H., Cusack, R., and Parle, T.R., 1986. Lipid Content and Energy Expenditure in Spawning Migration of Alewife (*Alosa pseudoharengus*) and Blueback Herring (*Alosa aestivalis*), Canad. J. Zool. 64, 1902-1907.
- Çelikkale, M. S., 1992. İçsu Balıkları ve Yetiştiriciliği. K.T.Ü. Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi. S:11-13. İstanbul.
- Çetinkaya, O., 1995. Balık Besleme .Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:9. Van.
- Çinkıloğlu, E., 2007. *Cyprinus carpio*'larda beyin dokusunda fenthionun antioksidan savunma sistemi, lipid peroksidasyonu ve asetilkolinesteraz enzim aktivitesine n-asetilsitein moderatörlüğünde etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Adana.
- Dantagnan, H., Bórquez, A. S., Valdebenito, I. N., Salgado, I. A., Serrano, E. A. and Izquierdo, M. S., 2007. Lipid and fatty acid composition during embryo and larval development of puye *Galaxias maculatus* Jenyns, 1842, obtained from estuarine, freshwater and cultured populations. Journal of Fish Biology. 70, 770-781.
- 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/5988-5871EN.pdf>.
- Davies, K. J. A., 2000. An overview of oxidative stress. IUBMB Life. 50, 241-244.
- De la Higuera, M., Garcia-Gallego, M., Sanz, A., Cardenete, G., Suarez, M.D. and Moyano, F.J., 1988. Evaluation of Lupin Seed Meal as an Alternative Protein Source in Feeding of Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). Aquaculture. 71, 37-50.
- De Silva, S.S., Anderson, T.A., 1998. Fish Nutrition in Aquaculture. Chapman and Hall, London, 319.
- Deisseroth, A. and Dounce, A. L., 1970. Catalase: Physical and chemical properties, mechanism of catalysis, and physiological role. Physiological Reviews. 30 (3), 319-375.
- Demir, O., 1997. Lipid Kaynakları ve Lipid Düzeyleri Farklı Rasyonların Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nın Büyüme-Gelişme ve Yağ Asidi Bileşimlerine Etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi (yayınlanmamış), 72.
- Doğan, M., 2002. Sağlıklı yaşamın kimyası. Popüler Bilim Dergisi. 32-36.
- Domenicali, M., Caraceni, P., Vendemiale, G., Grattagliano, I., Nardo, B., Dall'Agata, M., Santoni, B., Trevisani, F., Cavallari, A., Altomare, E., Bernardi, M., 2001. Food deprivation exacerbates mitochondrial oxidative stress in rat liver exposed to ischemia-reperfusion injury, J. Nutr. 131 105-110.
- Dosdat, A., Metailler, R., Tetu, N., Servais, F., Chartois, H., Huelvan, C. and Desbruyeres, E., 1995. Nitrogenous excretion in juvenile turbot (*Scophthalmus maximus* L.), under controlled conditions, Aquaculture Research. 26, 639-650.
- Dosdat, A., Servais, F., Metailler, R., Huelvan, C. and Desbruyeres, E., 1996. Comparison of nitrogenous losses in five teleost fish species, Aquaculture. 141, 107-127.

- Ekanem, S.B., 1996. Effects of feeding frequency, moist and dry feeds on the growth of *Chrysichthys nigrodigitatus* Lacepede and on pond water quality, *Aquaculture Research*. 27, 107–112.
- El Sayed , A.M., Teshima, S., 1992. Protein and energy requirments of energy Nile tilapia, *Oerochromis niloticus*, fry, *Aquaculture*. 103, 55-63.
- Ensminger, M.E., oldfield, J.E., Heinemann, W.W., 1990. The Ensminger Publishing Company, 648 West Avenue, Clovis, California, 93612, Second Edition, USA, Feed and Nutrition. 1196.
- Erat, M., 2002. İnsan ve Sığır Eritrosit Glutatyon Redüktaz Enziminin Safılaştırılması, Karakterizasyonu, Bazı İlaç ve Kimyasal Maddelerin İnhibisyon veya Aktivasyon Etkilerinin Araştırılması. Doktora Tezi. Atatürk Üniv. Fen Bilimleri Enst. Kimya Anabilim Dalı, Erzurum.
- Esterbauer, H., Koller, E., Snee, R.G., Koster, J.F., 1986. Possible involment of the lipid peroxidationproduct 4-hydroxynoneal in the formation of fluorescent chromolipids. *Boichem. J.*, 239, 405-409.
- Facciola, S. and Cornucopia, A. 1990. Source book of edible plants. Vista: Kampong Publications.
- Filho, W. D., Torres, M. A., Marcon, J. L., Fraga, C. G. and Boveris, A., 2000. Comparative antioxidant defences in vertebrates-emphasis on fish and mammals. *Trends in Comparative Biochem. & Phsiol.* 7, 33-45.
- Folch, J., Less, M., Stanley G. H. S., 1957. A simple method for the isolation and prification of total lipids from annimal tissue. *Journal of Biological Chemistry*. 226, 497–509.
- Frank, L. ve Massaro, D., 1980. Oxygen toxicity. *The American Journal of Medicine*. 69, 117-126.
- Freeman, B. A. and Crapo, J. D., 1982. Biology of disease, free radicals and tissue injury. *Lab. Invest.* 47, 412-426.
- Fridovich, I., 1986. Superoxide dismutases. *Meth. Enzymol.* 58, 61-97.
- 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.
- Gardner, H.W., 1989. Oxygen radical chemistry of polyunsaturated fatty acids. *Free Radical Biol. Med.* 7, 65–86.
- Gebicka, L., Metodiewa, D., Gebicki, J.L., 1989. Pulse radiolysis of catalase in solution. I. Reactions of $O_2^{\cdot -}$ With catalase and its Compound I, *Int. J. Radiat. Biol.*, 55(1), 45- 50.
- Geldiay, R., Balık, S., 1996. Türkiye Tatlısu Balıkları Ders Kitabı. E.Ü. Su Ür. Fak.No:46.
- Geurden, I., Cuvier, A., Gondouin, E., Olsen, R.E., Ruohonen, K., Kaushik, S., Boujard, T., 2005, Rainbow trout can discriminate between feeds with different oil sources, *Physiology and Behavior*. 85, 107-14.

- Goddars, S., 1996. Feed Management in Intensive Aquaculture, Chapman and Hall, New York, USA.
- Gomes, E.F., Rema, P. & Kaushik, S.J. 1995. Replacement of fish meal by plant proteins in the diets of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), Aquaculture. 130, 177–186.
- Gönenç, S., 1995. Çocuklarda 4 haftalık yüzme eksersizinin antioksidan enzimler ve lipit peroksidasyonuna etkisi. Uzmanlık Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı, İzmir.
- Gözükara, E.M., 1997. Biyokimya, Nobel Tıp Kitapevleri ,Cilt 1, S. 242-276, İstanbul.
- Greene, D.H.S., Selivonchick , D.P., 1990. Effect of Dietary Vegetable, Animal and MarineLipids on Muscle Lipid and Haematology of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture. 89, 165-182.
- 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.
- Grove, D., Genna, R., Paralika, V., Boraston, J., Hornyold, M. G. and Siemens, R. 2001. Effects of dietary water content on meal size, daily food intake, digestion and growth in turbot, *Scophthalmus maximus* (L.), Aquaculture Research. 32, 433-442.
- Gurr, M. I., Harwood, J. L. and Frayn, K. N., 2002. Lipid Biochemistry. 5th ed., Blackwell Science, USA.
- Gutteridge, J.M.C., 1984. Lipid peroxidation initiated by superoxide-depent hydroksyl radicals usingcomplexed iron and hydrogen peroxide. FEBS 172(2), 245-249.
- Gülçin, İ., 2002. Isırgan Otunun (*Urtica dioica*) Antioksidant Aktivitesinin Belirlenmesi, Oksidatif Enzimlerin Karakterizasyonu ve Bazı *in vivo* Etkilerinin İncelenmesi. Doktora Tezi. Atatürk Ün. Fen Bilimleri Enst. Kimya Anabilim Dalı, Erzurum.
- Güler, M., 2008. Pamuk Tohumu Yağı Kullanılan Diyetlerle Beslenen Gökkuşağı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) Büyüme Performansı ve Yağ Asidi Kompozisyonu. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Halıcı, M. B., 2002. Ratlarda İndometazin ile Oluşturulan Ülser Modelinde *Usnea Longissima*'dan Elde Edilen Su Ekstresinin Anti Ülserojenik ve Bazı Antioksidant Enzim Aktiviteleri Üzerine Etkilerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Ün. Sağlık Bilimleri Enst. Eczacılık Fakültesi Biyokimya Anabilim Dalı, Erzurum.
- Halliwell, B. and Gutteridge, J. M. C., 1989. Free Radicals in Biology and Medicine. Clarendon Press Oxford, UK.
- Halliwell, B. and Gutteridge, J. M. C., 1990. The antioxidants of human extracellular fluids. Archives of Biochemistry and Biophysics. 280 (1), 1-8.
- Halliwell, B., 1991. Reactive oxygen species in living system: source, biochemistry, and role in human disease. The American Journal of Medicine. 91, 14-22.

- Halliwell, B., Chirico, S., 1993. Lipid peroxidation: its mechanism, measurement and significance, *Am. J. Clin. Nutr.*, 57, 715-725.
- Halliwell, B., 1994. Free radicals, antioxidants, and human disease: curiosity, cause, or consequence? *Lancet*, 344, 721-724.
- Halliwell, B., Gutteridge, J.M.C., 2007. *Free Radicals in Biology and Medicine*, 4th Ed. Oxford University Press, New York.
- Halver, J.E., 1972. *Fish Nutrition*, Academic Press Inc., 713,111, NewYork.
- Halver, J.E., 1988. *Fish Nutrition*. Acedemi Pres Inc. California.
- Halver, J.E. and Hardy R.W., 2002. *Fish Nutrition, Part 4, The Lipids*, Sargent, J.R., Tocher, D.R. and Bell, J.G., Acedemi Pres Inc. California.
- Hanson, B.J., Cummins, K.W., Cargill, A.S. and Lowry, R.R., 1983. Dietary effect on lipid and fatty acid composition of *Clistoronia magnifica* (Trichoptera: Limnephilidae), *Freshwater Invertebr. Biol.* 2,2-15.
- Hardy, R.W., 2001. Fish feeds and nutrition- Alternatives to fish oil. *Aquac. Mag.* July/Aug. 49-54.
- Harmantepe, F.B., Büyükhatipoğlu, Ş., 2007. İki farklı yemin gökkuşağı alabalıklarının büyüme performansı ve yem maliyeti üzerine etkisi. *Journal of Fisheries Sciences*. 1(4), 168-175.
- Haşiloğlu, A., 2001. *Barbus capito capito* Güldenstaedt 1773 Balığının, Kas, Karaciğer, Solungaç, Gonad, Adipoz Dokuları ve Mide Muhteviyatı Yağ Asidi Profilinin Belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölümü, Fen Bilimleri Enstitüsü. Erzurum.
- Hayes, J. D. and Pulford, D. J., 1995. The glutathione *S*-transferase supergene family: regulation of GST and the contribution of the isoenzymes to cancer chemoprotection and drug resistance. *Crit. Rev. Biochem. Mol. Biol.* 30, 445-600.
- Henderson, R. J., Tocher, D. R., 1987. Lipid composition and biochemistry of fresh water fish. *Prog Lipid Res.* 26, 281- 347.
- 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.
- Hermes-Lima, M., Storey, J. M. and Storey, K. B., 1998. Antioxidant defenses and metabolic depression. The hypothesis of preperation for oxidative stress in land snails. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 120 B, 437-448.
- Higgs, D.A., Markert, J.R., Plotnikoff, M.D., McBride, J.R., Dosanjh, B.S., 1985. Development of nutritional and environmental strategies for maximizing the growth and survival of juvenile pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*), *Aquaculture*. 47, 113-130.
- Hughes S.G., 1989. Effect of dietary moisture level on response to diet by Atlantic salmon, *Progressive Fish Culturist*, 51: 20-23.
- Hoşsu, B., Korkut, A.Y., Fırat, A., 2001. Balık Besleme ve Yem Teknolojisi I (Balık Besleme Fizyolojisi ve Biyokimyası) II. Baskı. Ege Univ. Su Ürünleri Fak. Yayın. No:50 Ders Kitabı Dizini No:19 Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova-İzmir. 276.
- House, H.J., 1962. *Insect Nutrition*. *Annu. Rev. Biochem.* 31,653-669.

- Hove, T.H., and Nielsen, O.G., 1991. Fatty acid composition of start-feeding salmon (*Salmo salar*) larvae. *Aquacult.* 96, 305-319.
- Huysal, K., 1999. Tip II Diabetlilerde Eritrosit Glutasyon Redüktaz, Glutasyon Peroksidaz, Süperoksit Dismutaz, Katalaz Aktiviteleri, Hemoglobin Glikozilasyonu ve Lipid Peroksidasyonunun İncelenmesi. Uzmanlık Tezi. Atatürk Üniv. Tıp Fakültesi Biyokimya Anabilim Dalı, Erzurum.
- Ibeas, C., Cejas, J., Gomez, T., Jerez, S., and Lorenzo, A., 1996, Influence of dietary n-3 highly unsaturated fatty acids levels on juvenile gilthead seabream (*Sparus aurata*) growth and tissue fatty acid composition. *Aquacult.* 142, 221-235.
- Imlay, J. A. and Linn, S., 1988. DNA damage and oxygen radical toxicology. *Science.* 240, 1302-1309.
- Işık, O., 1995, Farklı Mikroalg Türleri (*Chlorella vulgaris*, *Monoraphidium minitum*, *Scenedesmus abundans*) ve Bunlarla Beslenen Rotifer (*Brachionus calyciflorus*) İle, beslenmeleri Rotiferle Yapılmış Tatlısu Çipurası (*Tilapia zilli*) Larvalarında Yağ Asidi Kompozisyonu. Doktora Tezi Çukurova Üniversitesi, Fenbilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Adana.
- Izquierdo, M. S., Fernandez-Paracios, H. and Tacon, A. G. J., 2001. Effect of broodstock nutrition on reproductive performance of fish. *Aquaculture.* 197, 25-42.
- Izquierdo, M. S., Obach, A., Arantzamendi, L., Montero, D., Robaina, L., Rosenlund, G., 2003. Dietary lipid sources for seabream and seabass: Growth performance, tissue composition and flesh quality. *Aquac. Nutr.* 9, 397-407.
- Izquierdo, M. S. Montero, D. Robaina, L. Caballero, M. J Rosenlund, G. Ginés, R. 2005. Alterations in fillet fatty acid profile and flesh quality in gilthead seabream (*Sparus aurata*) fed vegetable oils for a long term period. Recovery of fatty acid profiles by fish oil feeding. *Aquaculture.* 250, 431-444.
- Kalogeropoulos, N., Alexis, M.N. and Henderson, R.J. 1992. Effects of Dietary Soybean and Cod-liver oil Levels on Growth and Body Composition of Gilthead bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture.* 104, 293-308.
- Kan, B., London, I. M., Levin, D. H., 1988. Role of reversing factor in the inhibition of protein synthesis initiation by oxidized glutathione. *J. Biol. Chem.* 263, 15652-15656.
- Kaushik, S.J., 2004. Fish oil replacement in aquafeeds. *Aqua Feeds: Formulation and Beyond.* 1, 3-6.
- Kayahan, M. 2004. Yağlı Tohumlardan Ham Yag Üretim Teknolojisi, Bölüm 1 Yağ Üretiminde Yararlanılan Başlıca Yağlı Tohumlar. TMMOB Gıda Mühendisler Odası, Kitaplar Serisi: 7, 234. Ankara.
- Keha, E.E. ve Küfrevioğlu, İ., 1997. Biyokimya. Şafak Yayın Evi, Erzurum.
- Kenneth K.M. Liu, Frederic T. Barrows, Ronald W. Hardy, Faye M. Dong, 2004. Body composition, growth performance, and product quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets containing poultry fat, soybean/corn lecithin, or menhaden oil. *Aquaculture.* 238 309-328.
- Kennish, J.M., Sharp-Dahl. J.L., Chambers. K.A., Thrower. F., and Rice. S.D., 1992. The effect of herring diet on lipid kompozisyon, fatty acid composition, and

- cholesterol levels in the muscle tissue of pen reared chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). Aquacult. 108, 309-322.
- Kıralan, M., 2006. Ayçiçeği yağının Oksidatif Stabilitesi Üzerine Isırgan (*Urtica dioica*), keten (*Linum usitatissimum* L.), Kışniş (*Coriandrum sativum* L.) ve çörekotu (*nigella sativa* L.) Tohum Ekstraktlarının Etkileri.
- Kim, J.D., Kaushik, S.J., and Pascual, M., 1989. Effect of Dietary Lipid to Protein Ratios on the Fatty Acid Composition of Muscle Lipids in Rainbow Trout. Nutrition Reports International, 40, 9-16.
- Knuiman, J.T., Beynen, A.C., Katan, M.B., 1989. Lecithin intake and serum-cholesterol. American Journal of Clinical Nutrition. 49(2), 266-268.
- Kocaman, E. M., Yavuz, O. ve Ayık, Ö., 1996. Farklı Çeşit ve Düzeydeki Yemlemenin Sofralık Alabalık Yetiştiriciliğinde Karlılık Üzerine Etkisinin Ekonomik Analizi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi, 13(1-2), 9-20.
- Kocaman, E.M., Bayır, A., Sirkecioğlu, A.N., Cengiz Bayır, M. and Yanık, T., 2006. Growth of Trout Juveniles (*Oncorhynchus mykiss*, *Salvelinus fontinalis* and *Salmo trutta fario*) Under Uniform Cultural Conditions. *Journal of Applied Animal Research*, 30 (1), 73-75.
- Kocaman, E.M., Bayır, A., Sirkecioğlu, A.N., Bayır, M., Yanık, T., Arslan, H., 2009. Comparison of hatchery performances of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), brown trout (*Salmo trutta fario*) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*) under the same environmental conditions. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 8(7), 1429–1431.
- Kolaylı, S., 1996. Tatlı Su ve Deniz Suyunda Yetişen Gökkuşluğu (*Salmo gairdneri*) Türü Alabalıklarda Bazı Antioksidan Enzim Aktiviteleriyle Lipit Peroksidasyon Seviyeleri. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniv. Sağlık Bilimleri Enst. Biyokimya Anabilim Dalı, Trabzon.
- Koppenal, W. H., 1993. The centennial of the Fenton reaction. *Free Radic. Biol. Med.*, 15, 645-651.
- Koven, W. M., Tandler, A., Kissil, G. W., Sklan, D., Friezlander, O. and Harel, M., 1990. The effect of dietary (n-3) polyunsaturated fatty acids on growth, survival and swim bladder development in *Sparus aurata* larvae. *Aquaculture*, 91, 131–141.
- Kökoğlu, E., 1998. Oksidatif stres ve yaşlanma, Yaşlanmaya Biokimyasal Yaklaşım Uluslararası Sempozyumu, Ankara
- Küçükersan, K., 1992. Fındık İçi Kabuğunun Kuzularda Besi Performansı Karkas Özellikleri İle Bazı Kan ve Rumen Sıvısı Metabolitlerine Etkisi. *Doğa Dergisi*, 16(1), 51-64.
- Lee, S.M., Jeon, I.G., Kim, K.S., 1997. Effects of extruded-floating, slow-sinking, fast-sinking or moist pellet diets on the growth and body composition in Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). *J. Aquacult.*, 10, 163–169.
- Lee, S. M., Hwang, U. I. and Cho, S. H., 2000. Effects of feeding frequency and dietary moisture content on growth, body composition and gastric evacuation of juvenile Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*), *Aquaculture*, 187, 399–409.

- Lee, S.-M., Lee, J.H., Kim, K.-D., 2003. Effect of dietary essential fatty acids on growth, body composition and blood chemistry of juvenile starry flounder (*Platichthys stellatus*). *Aquaculture* 225, 269–281.
- Legendre, M., Kerdouhen, N., Corraze, G., Bergot, P., 1995. Larval rearing of an African catfish *Heterobranchius longifilis* (Teleostei, Clariidae): effect of dietary lipids on growth, survival and fatty acid composition of fry, *Aquatic Living Resources*. 8, 355–363.
- Lehninger, A. L., Nelson D. L., Cox, M. M., 2000. *Principles of Biochemistry*. 2nd ed., Worth Publishers Inc. New York, 558–560.
- Lenartova, V., Holovska, K., Pedrajas, J. R., Martinez-Lara, E., Peinado, J., Lopez-Barea, J., Rosival, I. and Kosuth, P., 1997. Antioxidant and detoxifying fish enzymes as biomarkers of river pollution. *Biomarkers*, 2, 247–252.
- Leray, C. and Pelletier, X 1985. Fatty acid composition of trout phospholipids: Effect of (n-3) essential fatty acid deficiency. *Aquaculture* 50, 51–59.
- Lim, C., Ako, H., Brown, C.L., and Hahn, K., 1997, Growth response and fatty acid composition of juvenile *Penaeus vannamei* fed different sources of dietary lipid. *Aquaculture*. 151, 143–153.
- Lindsay, D. G. and Astley, S. B., 2002. European research on the functional effects of dietary antioxidants-EUROFEDA. *Molecular Aspects of Medicine*, 23, 1–38.
- Liu, K. K.M., Barrows, F. T. Hardy, R. W. Dong, F.M., 2004. Body composition, growth performance, and product quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets containing poultry fat, soybean/corn lecithin, or menhaden oil. *Aquaculture*, 238, 309–328.
- Lochmann, R. and Brown, R., 1997. Soybean-Lecithin Supplementation of Practical Diets for Juvenile Goldfish (*Carassius auratus*). *Jaocs* 74, 149–152.
- Lovell, T., 1989. *Nutrition and Feeding of Fish.*, Van Nostrand Reinhold, 260, New York.
- Lovell, R.T., and Wilson, R.P., 1993. Nutrition requirements of fish: Revised NRC Bulletin Fish Nutrition in Practice IV, International Symposium on Fish nutrition and Feeding (Editors S.J. Kaushik et P. Luquet) Paris, 839–846.
- Lovell, T., 1998. *Nutrition and Feeding of Fish*. Second Edition, Auburn University, An Avi Book, Published by Van Nostrand Reinhold, New York. 260.
- Łukaszewicz, M., Szopa, J. and Krasowska, A., 2004. Susceptibility of lipids from different flax cultivars to peroxidation and its lowering by added antioxidants. *Food Chemistry*. 88, 225–231.
- Łukaszewicz, M., Szopa, J. and Krasowska, A., 2004. Susceptibility of lipids from different flax cultivars to peroxidation and its lowering by added antioxidants. *Food Chemistry*. 88, 225–231.
- Lygren, B. and Hemre, G. I., 2001. Influence of dietary carbohydrate on antioxidant enzyme activities in liver of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture International*. 9, 421–427.
- Machlin, L. L., Bendich, A., 1987. Free radical tissue damage: Protective role of antioxidant nutrient. *FASEB J.* 1, 441–444.
- Martínez-Álvarez, R., Morales, A., Sanz, A., 2005. Antioxidant defenses in fish: biotic and abiotic factors. *Rev. Fish Biol. Fisher.* 15, 75–88.

- Martins, D.A., Gomes, E., Rema, P., Dias, J., Ozorio, R.O.A., Valente, L.M.P., 2005. Growth, digestibility and nutrient utilization of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles fed different dietary soybean oil levels, *Aquaculture*. 14,285-295.
- Mathews, K. C. and Val Holde, K. E., 1990. *Biochemistry*. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Redwood City, USA.
- McCord, J.M., Fridovich, I., 1969. Superoxide dismutase: an enzymic function for erythrocuprein. *J. Biol. Chem.* 244, 6049-6055.
- McCord, J.M., 2000. The evolution of free radicals and oxidative stress, *Am J. Med.*, 108, 652-659.
- Mengi, A., 1991. *Biyokimya*, İstanbul Üniversitesi, Yayın No: 3654, ISBN. 975-404232.
- 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.
- Metcalfe, L.D. and Schmitz, A.A., 1961. The rapid preparation of fatty acid esters for gas chromatographic analysis. *Anal. Chem.* 33, 363-364.
- Montgomery, R., Conway, T.W., Spector, A. A. and Chappell, D., 2000. *Biyokimya, Olgu Sunumlu Yaklaşım*. Çeviri Edt. Altan, N., Palme Yayıncılık, Ankara.
- Morales, A.E., Cardenete, G., De la Higuera, M. & Sanz, A. 1994. Effects of dietary protein source on growth, feed conversion and energy utilisation in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, *Aquaculture*. 124,117-126.
- Morales, A. E., Pe'rez-Jime'neza, A., Hidalgo, M. C., Abella'nb, Emilia., Cardenete, G., 2004. Oxidative stress and antioxidant defenses after prolonged starvation in *Dentex dentex* liver. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part C* 139, 153-161.
- Nelson, D. L. and Cox, M. M., 2005. *Lehninger Biyokimyasının İlkeleri*. Çeviri Edt. Kılıç, N., Palme Yayıncılık, Ankara.
- Mørkøre, T., 2006. Relevance of dietary oil source for contraction and quality of pre-rigor filleted Atlantic cod, *Gadus morhua*. *Aquaculture*. 251, 56-65.
- M. & Sanz, A. 1994. Effects of dietary protein source on growth, feed conversion and energy utilisation in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, *Aquaculture*. 124, 117-126.
- Moldovan, L. and Moldovan, N. I., 2004. Oxygen free radicals and redox biology of organelles. *Histochem. Cell Biol.* 122, 395-412.
- Montero, D., Kalinowski, T., Obach, A., Robaina, L., Tort, L., Caballero, M.J., Izquierdo, M.S., 2003. Vegetable lipid sources for gilthead sea bream (*Sparus aurata*): Effects on fish health. *Aquaculture* 225, 353-370.
- Montero, D., Kalinowski, T., Caballero, M.J., Obach, A., Tort, L., Robaina, L., Izquierdo, M.S., 2005. Effect of dietary vegetable lipid sources in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) immune status and stress resistance. *Cahiers Options Méditerranéennes* 63,103-112.
- Mourete, G., Tocher, D.R., Diaz, E., Grau, E., Pastor, E., 1999. Relationships between antioxidants, antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation products during early development in *Dentex dentex* eggs and larvae. *Aquaculture*. 179,309-324.

- Mourente, G., Rodriguez, A., Tocher, D.R., and Sargent, J.R., 1993. Effects of dietary docosahexaenoic acid (DHA; 22:6 n-3) on lipid and fatty acid composition and growth in gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) larvae during first feeding. *Aquacult.* 112, 79-98.
- Mourente, G., Good, J. E., Bell, J. G. 2005. Partial substitution of fish oil with rapeseed, linseed and olive oils in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): Effects on flesh fatty acid composition, plasma prostaglandins E-2 and F-2 alpha, immune function and effectiveness of a fish oil finishing diet. *Aquac Nutr.* 11, 25–40.
- Mourente, G. and Bell, J.G. 2006 Partial replacement of dietary fish oil with blends of vegetable oils (rapeseed, linseed and palm oils) in diets for European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) over a long term growth study: Effects on muscle and liver fatty acid composition and effectiveness of a fish oil finishing diet. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part B* 145, 389-399.
- Murata, H., Yamauchi, K., 1989. Relationship between the 2-thiobarbituric acid values of some tissues from cultured red sea bream and its dietary α -tocopherol. *Nippon Suisan Gakkaishi* 55, 1435–1439.
- Murata, H., Sakai, T., Yamauchi, K., Ito, T., Tsuda, T., Yoshida, T., Fukudome, M., 1996. In vivo lipid peroxidation levels and antioxidant activities of cultured and wild yellowtail. *Fisheries Science.* 62, 64–68.
- Nelson, D. L. and Cox, M. M., 2005. *Lehninger Biokimyasının İlkeleri*. Çeviri Edt. Kılıç, N., Palme Yayıncılık, Ankara.
- Nematipour, G.R., and Gatlin, D.M., 1993. Effects of different kinds of dietary lipid on growth and fatty acid composition of juvenile sunshine bass, *Morone chrysops* & female; *xM.saxatilis* & male; *Aquacult.* 114,141-154.
- New, M.B., Wijkstroem, U.N., 2002. Use of fish meal and fish oil in aquafeeds. Further thoughts on the fishmeal trap. *FAO Fish. Circ.* 975,61.
- Ng, W. K., P. K. Lim, and P. L. Boey, 2003. Dietary lipid and palm oil source affects fatty acid composition and muscle α -tocopherol concentration of African catfish, *Clarias gariepinus*. *Aquaculture* 215:119–143.
- Niki, E., 1987. Antioxidant in relation to lipid peroxidation. *Chemistry and Physics of Lipids.* 44, 2227-253.
- Ocak, N., Erener, G. ve Sarıççek, B.Z., 1994. Protein Kaynağı Olarak Fındık Küspesiyem Magazin Dergisi. 9,18-23.
- Ohkawa, H., Ohishi, N., Tagi, K., 1979. Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction. *Analytical Chemistry.* 95, 351-358.
- Olsen, R.E., Myklebust, R., Kaino, T. and Ringø, E., 1999a. Lipid digestibility and ultrastructural changes in the enterocytes of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) fed linseed oil and soybean lecithin. *Fish Physiol. Biochem.* 21, 35-44.
- Olsen, R.E., Løvaas, E., Lie, Ø., 1999b. The influence of temperature, dietary polyunsaturated fatty acids, α -tocopherol and spermine on fatty acid composition and indices of oxidative stress in juvenile Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.). *Fish Physiol. Biochem.* 20, 13-29.
- Olsen, R.E., Myklebust, R., Ringø, E. and Mayhew, T.W., 2000. The influences of dietary linseed oil and saturated fatty acids on caecal enterocytes in Arctic char

- (*Salvelinus alpinus* L.): a quantitative ultrastructural study. Fish Physiol. Biochem. 22, 207-216.
- 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.
- Onat, T., Emerk, K., 1997, Temel Biyokimya, Saray Medikal Yayıncılık İzmir.
- Oruç, Ö.E., 1998. 2,4-diamin ve Azinfosmetilin *Tilapia nilotica*'da Karaciğerde Antioksidant Enzim Aktiviteleri ve Lipit Peroksidasyonuna Etkileri. Doktora Tezi. Çukurova Üniv. Fen Bilimleri Enst. Biyoloji Anabilim Dalı, Adana.
- Özdemir, N., Denkbaş, E. B., 2003. Hayat veren yağlar: Omega yağları. Bilim ve Teknik Dergisi. 78-80.
- Özmen, İ., Bayır, A., Cengiz, M., Sirkecioğlu, A. N. ve Atamanalp, M., 2004a. Effects of water resue system on antioxidant enzymes of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792). Vet. Med.-Czech. 49 (10), 373-378.
- Özmen, İ., Bayır, A., Sirkecioğlu, A. N., Cengiz, M. ve Atamanalp, M., 2004b. Çeşitli stres faktörlerinin gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792)'nın antioksidan enzim aktiviteleri üzerine etkileri. XVIII. Ulusal Kimya Kongresi, Kars.
- Parihar, M. S., Javeri, T., Hemnani, T., Dubey, A. K. and Prakash, P., 1997. Responses of superoxide dismutase, glutathione peroxidase and reduced glutathione antioxidant defenses in gills of the freshwater catfish (*Heteropneustes fossilis*) to short-term elevated temperature. Journal Thermal Biology. 22 (2), 151-156.
- Pascual, P., Pedrajas, J.R. Toribio, F., Lo'pez-Barea, J., Peinado J., 2003. Effect of food deprivation on oxidative stress biomarkers in fish (*Sparus aurata*). Chemico-Biological Interactions. 145, 191-199.
- Pelletier, X., Duportail, G. and Leray, C. 1987. Dietary modifications of phospholipid composition and biophysical properties of the brush border membrane along the trout intestine. Membrane Biochem. 7: 55–66.
- Peres, H., Oliva-Teles, A., 1999. Effect of Dietary Lipid Level on Growth Performance and Feed Utilization by European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles, Aquaculture. 179, 325-334.
- Pickova, J., Morkore, T., 2007. Alternete Oils in Fish Feeds. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 109,256-263.
- Piedecausa, M.A., Mazon, M.J., Garcia, B., Hernandez, M.D., 2007. Effects of total replacement of fish oil by vegetable oils in the diets of sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*), Aquaculture. 263, 211-219.
- Pike, I.H., Barlow, S.M., 2003. Impact of fish farming on fish stocks. Int. Aquafeed Dir. Buy. Guide 24-29.
- Pilz, R. B., Willis, R. C., Boss, G. R., 1984. The influence of ribose-5-phosphate availability on purine synthesis of cultured human lymphoblasts and mitogen-stimulated lymphocytes. J. Biol. Chem. 259, 2927-2935.
- Porter, N.A., Caldwell, S.E., Mills, K.A., 1995. Mechanisms of free radical oxidation of unsaturated lipids. Lipids. 30, 277-290.

- Poston, H.A., Combs, G.F., Leibovitz, L., 1976. Vitamin E and selenium inter- relations in the diet of Atlantic salmon (*Salmo salar*): gross, histological, and biochemical deficiency signs. *J. Nutr.* 106, 892-904.
- Prasad, K. 1997. Hydroxyl radical-scavenging property of secoisolariciresinol diglucoside (SDG) isolated from flax-seed. *Molec Cell Biochem.* 168, 117-123.
- Radi, A.A.R., Hay, D.Q., Matokovics, B., Gabrielak, T., 1985. Comparative antioxidant enzyme study in freshwater fish with different types of feeding behaviour. *Comp. Biochem. Physiol. B.* 81, 395-399.
- Reed, D.J., 2001. Mechanisms of Chemically Induced Cell Injury and Cellular Protections Mechanisms, Introduction to biochemical toxicology. Wiley-Interscience, New York, Third edition. 697.
- Regost, C., Arzel, J., Robin, J., Rosenlund, G., Kaushik, S. J., 2003. Total replacement of fish oil by soybean or linseed oil with a return to fish oil in turbot (*Psetta maxima*). 1. Growth performance, flesh fatty acid profile, and lipid metabolism. *Aquaculture.* 217, 465-482.
- Reiter, R.J., Pablos, M., Agapito, T.T., Guerrero, J M., 1996a. Melatonin in the context of the free radical theory of aging, *Ann. N. Y. Acad. Sci.* 786, 362-378.
- Richard, N., Kaushik, S., Larroquet, L., Panserat, S., Corraze, G., 2006. Replacing dietary fish oil by vegetable oils has little effect on lipogenesis, lipid transport and tissue lipid uptake in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), *British journal of nutrition.* 96, 299-309.
- Rinchart, J., Czesny, S., Dabrowski, K., 2007. Influence of lipid class and fatty acid deficiency on survival, growth and fatty acid composition in rainbow trout juveniles, *Aquaculture.* 267, 260-268.
- Roche, H. and Bogé, G., 1996. Fish blood parameters as a potential tool for identification of stress caused by environmental factors and chemical intoxication. *Marine Environmental Research.* 41 (1), 27-43.
- Robinson, M.K., Rustum, R.R., Chambers, E.A., Rounds, J.D., Wilmore, D.W., Jacobs, D.O., 1997. Starvation enhances hepatic free radical release following endotoxemia. *J. Surg. Res.* 69, 325-330.
- Rodriguez-Ariza, A., Abril, N., Navas, J. I., Dorado, G., Lopez-Barea, J. and Pueyo, C., 1992. Metal, mutagenicity, and biochemical studies on bivalve molluscs from Spanish coasts. *Environ. Mol. Mutagen.* 19, 112-114.
- Rozantsev, E. G. and Loshadkin, D. V., 2001. The history and modern problems of free radical chemistry. 100 years of free radical chemistry. *Designed Monomers and Polymers.* 4 (4), 281-300.
- Sagone, A.L., Greenwald, J., Kraut, E.H., Bianchini, J., Singh, D., 1983. Glucose: A role as a free radical scavenger in biological systems. *J. Lab. Clin. Med.* 101, 97-103.
- Sakai, T., Murata, H., Yamauchi, K., Sekiya, T., Ukawa, M., 1992. Effects of dietary lipid peroxides contents on in vivo lipid peroxidation, α -tocopherol contents, and superoxide dismutase and glutathione peroxidase activities in the liver of yellowtail. *Nippon Suisan Gakkaishi* 58, 1483-1486.
- Sekiya, T., Murata, H., Sakai, T., Yamauchi, K., Yamashita, K., Ukawa, M., Kanai, M., Shimada, M., 1991. An attempt to control lipid peroxidation in the tissues of

- yellowtails and to enhance their biological protective ability by feeding high α -tocopherol brown meal. *Nippon Suisan Gakkaishi* 57, 287–292.
- Salhi, M., Hernandez-Cruz, C.M., Bessonart, M., Izquierdo, M.S., Fernandez-Palacios, H., 1999. Effect of different dietary polar lipid levels and different n-3 HUFA in polar lipids on gut and liver histological structure of gilthead common seabream (*Sparus aurata*) larvae. *Aquaculture* 179, 253–263.
- Sanz, A., Morales, A. E. Higuera, M. and Cardenete, G., 1994. Sunflower meal compared with soybean meal as partial substitutes for fish meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets: protein and energy utilization, *Aquaculture*. 128, 287-300.
- Sargent, J., Mcevoy, L., Estevez, A., Bell, G., Bell, M., Henderson, J., Tocher, D., 1999. Lipid nutrition of marine fish during early development: current status and future directions, *Aquaculture*. 179, 217-229.
- Sargent J., Bell G., Mcevoy L., Tocher D., Estevez, A., 1999. Recent development in the essential fatty acid nutrition in fish, *Aquaculture*. 177, 191-199.
- Sargent, J.R., Tocher, D.R., and Bell, J.G., 2002. The lipids. In: Halver JE, Hardy RW (eds) *Fish nutrition*, 3rd edn. Academic, San Diego, USA. 181-257.
- Saruhan, E., 1998. Balıkçılık Biyolojisi. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitabı. No:60, Adana. 120.
- Santos, J., Burkow, I.C., and Jobling, M., 1993. Patterns of growth and lipid deposition in cod (*Gadus morhua* L.) fed natural prey and fish based feeds. *Aquaculture*. 110, 173-189.
- Schnarrenberger, C., Oeser, A. and Tolbert, N. E., 1973. Two isoenzymes each of glucose 6-phosphate dehydrogenase and 6-phosphogluconate dehydrogenase in spinach leaves. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 154, 438-448.
- Sevgiler, Y., 2002. Etoxazoleinin *Oreochromis niloticus*'da Karaciğerde GPT, AChE, ATPaz, Antioksidant Enzim Aktiviteleri ve Lipid Peroksidasyonuna Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enst. Biyoloji Anabilim Dalı, Adana.
- Shahidi, F. 2000. Antioxidants in Food and Food Antioxidants. *Nahrung*. 44, 158-163.
- Sies, H., 1986. Biochemistry of oxidative stress. *Angew. Chem., Int. Ed.* 25, 1058-1071.
- Silva, S.S.D. and Anderson A.A., 1992. *Fish Nutrition in Aquaculture*. Chapman & Hall. U.K.
- Simonian, N.A., Coyle, J. T., 1996. Oxidative stress in neurodegenerative disease, *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.* 36, 83-106.
- Simopoulos, A. P., 2000. Human requirement for n-3 polyunsaturated fatty acids. *Poultry Sci.* 79, 961-970.
- Sirkecioğlu, A.N. 2007. Gökkuşluğu (*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. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölümü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Erzurum.
- Sirkecioğlu, A.N. Arslan, M., Bayır, A. K., Aras, N. M., Haliloğlu, H. İ. ve ARSLAN, H., 2008. Yüksek Düzeyde Amonyak İçeren Suda Farklı Düzeylerde Lesitin

- İçeren Yemlerle Beslenen Kahverengi Alabalıkların (*Salmo trutta*) Büyüme ve Yaşama Gücü. 1. Ulusal Alabalık Sempozyumu, 14-16 Ekim, Isparta.
- Skuladottir, G.V., Schiöthe, H.B., Gudmundsdottir, E., Richards, B., Gardarsson, F., and Jonsson, L., 1990. Fatty acid composition of muscle, heart and liver lipids in Atlantic Salmon (*Salmo salar*), at extremely low environmental temperature. *Aquaculture*. 84, 71-80.
- Sowizra, K.C., Rumsay, G.L., Kinsella, J.E., 1990. Effect of dietary α -linolenic acid on n-3 fatty acids of rainbow trout lipids, *Lipids*. 25, 246-253.
- Stadtman, E. R. and Oliver, C. N., 1991. Metal-catalyzed oxidation of proteins. Physiological consequences. *The Journal of Biological Chemistry*, 266(4), 2005-2008.
- Stéphan, G., Guillaume, J., Lamour, F., 1995. Lipid peroxidation in turbot (*Scophthalmus maximus*) tissue: effect of dietary vitamin E and dietary n-6 or n-3 polyunsaturated fatty acids. *Aquaculture*. 130, 251-268.
- Stephensen, E., Sturve, J., and Förlin, L., 2002. Effects of redox cycling compounds on glutathione content and activity of glutathione-related enzymes in rainbow trout liver, *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*. 133, 435-442.
- Sun, Y., Oberley, L. W. and Li, Y., 1988. A simple method for clinical assay of superoxide dismutase. *Clinical Chemistry*. 34 (3), 497-500.
- Szasz, G., Gruber, W. And Brent, E., 1976. Malondialdehyde. *Clin. Chem*. 22, 650.
- Şener, E., Yıldız, M., 2003. Effect of the Different Oil in Growth Performance and Body Composition of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* W., 1972) Juveniles, *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 3, 111- 116.
- Şener, E., Yıldız, M., Savaş, E., 2005, Effects of Dietary Lipids on Growth and Fatty Acid Composition in Russian Sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*) Juveniles, *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 29: 1101-1107.
- Tacon, A.G.J., 2005. Salmon aquaculture dialogue: status of information on salmon aquaculture feed and the environment. *Int. Aqua Feed*. 8(4), 22-37.
- Tappel, A.L., 1975. Lipid peroxidation and fluorescent molecular damage to membranes. In: Trump, B.F., Arstila, A.U. Eds. *Pathology of Cell Membranes*, Vol. 1. Academic Press, New York. 145-173.
- Thomas, C. E., Morehouse, L. A. and Aust, S. D., 1985. Ferritin and superoxide-dependent lipid peroxidation. *The Journal of Biological Chemistry*. 260, 3275-3280.
- Thomassen, M. S., Røsjø C., 1989. Different fats in feed for Salmon: Influence on sensory parameters, growth rate and fatty acids in muscle and heart. *Aquaculture*. 79, 129-135.
- Tocher, D. R., Fraser, A. J., Sargent, J. R. and Gamble, J. C., 1985. Fatty acid composition of phospholipids and neutral lipids during embryonic and early larval development in Atlantic herring (*Clupea harengus* L.). *Lipids*. 20, 69-74.

- Tocher, D. R., 2003. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. *Reviews in Fisheries Science*. 11(2), 107-184.
- Torstensen, B.E., Lie, Ø., Frøyland, L., 2000. Lipid metabolism and tissue composition in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) effects of capelin oil, palm oil, and oleic acid-enriched sunflower oil as dietary lipid sources. *Lipids*. 35, 653-664.
- Trenzado, C.E., Morales, A.E., Palma, J.M., de la Higuera, M., 2009. Blood antioxidant defenses and hematological adjustments in crowded/uncrowded rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed on diets with different levels of antioxidant vitamins and HUFA. *Comp. Biochem. Physiol. C*. 149, 440-447.
- Tucker, J., Lellis, Jr., W. A., Vermeer, G. K., Roberts, D. E., Woodward, Jr., P. N., 1997. The effects of experimental starter diets with different levels of soybean or menhaden oil on red drum (*Sciaenops ocellatus*). *Aquaculture*. 149, 323-339.
- Tucker, J.W.Jr., 1998. *Marine Fish Culture*. Kluwer Academic Publishers, Boston, USA. 750 .
- Tunçmen, H., 2004. Pestisit Kalıntısı Bulunan İçme Suları ile Beslenen Hayvanlarda Kan Lipid Peroksidasyonu ve Antioksidan Enzim Düzeyleri, Yüksek Lisans Tezi, Kimya Anabilim Dalı, İsparta.
- Türker, A. ve Büyükhatoğlu, Ş., 2006. Gökkuşluğu alabalıklarının yemlenmesinde alabalık ve palamut iç organları veya hamsi kullanılması performans ve yem maliyeti üzerine etkisi, O.M.Ü. Zir. Fak. Dergisi. 21(2), 167-172.
- Valente, L.M.P., Bandarra, N.M., Figueiro-Silva, A.C., Rema, P., Vaz-Pires, P., Martines, S., Prates, J.A.M., Nunes, M.L., 2007. Conjugated linoleic acid in diets for large-size rainbow trout: effects on growth, chemical composition and sensory attributes, *British Journal of Nutrition*. 97, 289-297.
- Van Der Oost, R., Beyer, J. and Vermeulen, N. P. E., 2003. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: A review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 13, 57-149.
- Van Ruth, S.M., Shaker, E. M. and Morrissey, P. A. 2001. Influence of methanolic extracts of soybean seeds and soybean oil on lipid oxidation in linseed oil. *Food Chemistry*. 75, 177-184.
- Vázquez, R., Gonzalez, S., Rodriguez, A. and Mourente, G., 1994. Biochemical composition and fatty acid content of fertilized eggs, yolk sac stage larvae and first feeding larvae of the Senegal sole (*Solea senegalensis* Kaup). *Aquaculture*. 119, 273-286.
- Yanık, T., 2010. Yem Maddeleri ve Yem Yapım Teknolojisi Ders Notları. Atatürk Üniversitesi Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü, 141-142. Erzurum.
- Yeh, C.-C., Hou, M.-F., Tsai, S.-M., Lin, S.-K., Hsiao, J.-K., Huang, J.C., Wang, L. H., Wu, S.-H., Hou, L. A., Ma, H. & Tsai, L.-Y., 2005. Superoxide anion radical, lipid peroxides and antioxidant status in the blood of patients with breast cancer. *Clinica Chimica Acta*. 361, 104-111.
- Yıldırım, Ö., Çelikkale, M.S., Korkut, A.Y. ve Hoşsu, B., 1999. Balıkhaneye artıklarının alternatif yem kaynağı olarak gökkuşluğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nin beslenmesinde kullanım olanakları. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*. 16(1-2): 159-174.

- Yıldız, N., 1999. Aktif ve Pasif Sigara İçiminin Eritrosit İçi Antioksidan Enzim Aktiviteleri Üzerine Etkisi. Uzmanlık Tezi. Atatürk Ün. Tıp Fakültesi Biyokimya Anabilim Dalı, Erzurum.
- Yıldız, M. ve Şener, M., 2004. The effects of dietary oils of vegetable origin on the performance, body composition and fatty acid profiles of seabass (*Dicentrarchus labrax* L., 1758) juveniles, Turk J. Vet. Anim. Sci. 28,553-562.
- Yılmaz, Ö., 1995. Elazığ Hazar Gölü'nde Yaşayan *Capoeta capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nın Total Yağ Asidi Miktarı ve Yağ Asitleri Cinslerinin Mevsimlere Göre değişimi. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Elazığ.
- Walling, C., 1975. Fenton's reagent revisited. Acc. Chem. Res. 8, 125-131.
- Watanabe, T., 1982. Lipid Nutrition in Fish. Comp. Biochem. Physiol. 73 b, 1, 3-15.
- Weill, P., Schmitt, B., Chesneau, G., Daniel, N., Safradou, F. Legrand, P. 2002. Effects of introducing linseed in livestock diet on blood fatty acid composition of consumers of animal products. Ann Nutr Metab. 46, 182-191.
- Wiegand, M. D., 1996. Utilization of yolk fatty acids by goldfish embryos and larvae. Fish Physiology and Biochemistry. 15(1), 21-27.
- Winyard, P., Lunec, J., Brailsford S., Blake D., 1984. Action of free radical generating systems upon the biological and immunological properties of ceruloplasmin. Int. J. Biochem. 16 (12),1273-1278.
- Wonnacott, E. J., Lane, R. L., Kohler, C. C., 2004. Influence of dietary replacement of menhaden oil with canola oil on fatty acid composition of sunshine bass. N Am J Aquac. 66, 243-250.
- Worthington, D. J. and Rosemeyer, M. A., 1974. Human glutathione reductase: purification of the crystalline enzyme from erythrocytes. Eur. J. Biochem. 48, 167-177.
- Zhang, J.F., Liub, H., Sun, Y.Y., Wanks, X.R., Wu, J.C., Xue, Y.Q., 2005. Responses of the antioxidant defenses of the Goldfish *Carassius auratus*, exposed to 2,4-dichlorophenol. Environmental Toxicology and Pharmacology 19, 185-190.
- Zhou, S. Y., Ackman, R. G., Morrison, C., 1996. Adipocytes and lipid distribution in the muscle tissue of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Can J Fish Aquat Sci. 53, 326-332.

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında Erzurum’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Erzurum’da tamamladı. 1997 yılında girdiği Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölümü’nden 2001 yılında mezun oldu. 2001–2004 yılları arasında, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans öğrenimini tamamladı. 2004 yılından beri Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı’nda Doktora öğrenimine devam etmektedir.

Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde 2003 yılından beri Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.