

**FARKLI ORANLARDA İNÜLİN İÇEREN YEMLERLE BESLENEN
ALABALIK (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792)' LARIN
BÜYÜME PARAMETRELERİ VE SİNDİRİM ENZİMLERİNİN
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MÜKERREM ÇETİNKAYA

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SU ÜRÜNLERİ
ANABİLİM DALI**

**MERSİN
OCAK – 2017**

**FARKLI ORANLARDA İNÜLİN İÇEREN YEMLERLE BESLENEN
ALABALIK (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792)' LARIN
BÜYÜME PARAMETRELERİ VE SİNDİRİM ENZİMLERİNİN
İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MÜKERREM ÇETİNKAYA

**MERSİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SU ÜRÜNLERİ
ANABİLİM DALI**

**Danışman
Doç. Dr. Arzu ÖZLÜER HUNT**

**MERSİN
OCAK – 2017**

ONAY

Mükerrem ÇETİNKAYA tarafından Doç. Dr. Arzu ÖZLÜER HUNT danışmanlığında hazırlanan "Farklı Oranlarda İnülin İçeren Yemlerle Beslenen Alabalık (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792)' ların Büyüme Parametreleri ve Sindirim Enzimlerinin İncelenmesi" başlıklı bu çalışma aşağıda imzalan bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği ile Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Görevi	Unvanı, Adı ve Soyadı	İmza
Başkan	Doç.Dr. Arzu ÖZLÜER HUNT	
Üye	Yrd.Doç.Dr. Oğuz TAŞBOZAN	
Üye	Doç. Dr. Ferbal ÖZKAN YILMAZ	

Yukarıdaki jüri kararı Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 10/02/2017 tarih ve 2017/257.07 sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Ayta ÇELİK

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, tablo ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

ETİK BEYAN

Mersin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğinde belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlâk kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak kullandığımı,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü Mersin Üniversitesi veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı,
- Tezin tüm telif haklarını Mersin Üniversitesi'ne devrettiğimi beyan ederim.

ETHICAL DECLARATION

This thesis is prepared in accordance with the rules specified in Mersin University Graduate Education Regulation and I declare to comply with the following conditions:

- I have obtained all the information and the documents of the thesis in accordance with the academic rules.
- I presented all the visual, auditory and written informations and results in accordance with scientific ethics.
- I refer in accordance with the norms of scientific works about the case of exploitation of others' works.
- I used all of the referred works as the references.
- I did not do any tampering in the used data.
- I did not present any part of this thesis as an another thesis at Mersin University or another university.
- I transfer all copyrights of this thesis to the Mersin University.

10 Ocak 2017 / 10 January 2017



Mükerrerem ÇETİNKAYA

ÖZET

Farklı Oranlarda İnülin İçeren Yemlerle Beslenen Alabalık (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792)' ların Büyüme Parametreleri ve Sindirim Enzimlerinin İncelenmesi

Bu çalışma farklı oranlarda inülinin alabalıklarda (*Oncorhynchus mykiss*) büyüme parametreleri ve enzim aktiviteleri üzerine etkisini araştırmak için yapılmıştır. Balıklar 120x50x32cm ebatlarındaki plastik tanklara ($34 \pm 0,22$ g; $n = 135$) üç deneme grubu ve üç tekrarlı olacak şekilde tesadüfî olarak yerleştirilmişlerdir. Üç farklı yem hazırlanmış; G1 grubuna 0 g/kg, G2 grubuna 10 g/kg ve G3 grubuna 20 g/kg inülin ilave edilmiştir. Hazırlanan bu yemler ile balıklar 60 gün boyunca beslenmişlerdir. Deneme sonunda canlı ağırlık ortalamaları ve canlı ağırlık kazancı değerlerine baktığımızda sırasıyla en yüksek değerlerin $89,22 \pm 0,46$ g, $54,8 \pm 0,25$ g ile G-1 grubunda olduğu ($p < 0,05$); yem dönüştürme oranı, spesifik büyüme oranı, protein etkinlik oranı ve hayatta kalma oranı değerlerine bakıldığında; sırasıyla en yüksek değerlerin $1,01 \pm 0,01$, $1,59 \pm 0,01$, $2,12 \pm 0,01$, $95,26 \pm 2,22$ ile G-1 grubunda olduğu ($p < 0,05$); en yüksek pepsin aktivitesi $76,46 \pm 2,93$ U/mg protein ile G-0 grubunda ($p > 0,05$); en yüksek tripsin, amilaz, lipaz aktiviteleri ise sırasıyla $0,80 \pm 0,03$, $0,91 \pm 0,03$, $4,92 \pm 0,13$ U/mg protein ile G-1 grubunda olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Kas besin bileşenleri açısından gruplar arası bir fark belirlenmemiştir ($p > 0,05$). Yeme eklenen 10 g/kg inülinin alabalıkların büyüme parametreleri ile birlikte tripsin, lipaz ve amilaz enzim aktivitelerini olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Oncorhynchus mykiss*, Prebiyotik, İnülin, Büyüme, Sindirim enzimi aktivitesi

Danışman: Doç. Dr. Arzu ÖZLÜER HUNT, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, MERSİN

ABSTRACT

Investigation of Growth Parameters and Digestive Enzymes of Trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792) Fed with Feeds Containing Inulin at Different Ratios

This study was conducted to investigate the effects of inulin on growth parameters and enzyme activities in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) at different ratios. Fish were randomly placed in plastic tanks (120 ± 50x32 cm) (34 ± 0,22 g; n = 135) as three trial groups and three replicates. Three different feeds were prepared; 0 g/kg in group G1, 10 g/kg in group G2 and 20 g/kg inulin were added to group G2. The fish were fed with these experimental feeds for 60 days. At the end of the experiment, we found that the highest weights and weight gain values were 89.22 ± 0.46 g, 54.8 ± 0.25 g in the G-1 group (p <0,05), respectively, when we compared average the live weight and weight gain values. Feed conversion ratio, specific growth rate, protein efficacy ratio and survival rate; The highest values were in the group G-1 with 1,01 ± 0,01, 1,59 ± 0,01, 2,12 ± 0,01, 95,26 ± 2,22, respectively (p <0,05); The highest pepsin activity was in the G-0 group (p > 0.05) with 76,46 ± 2,93 U / mg protein; The highest trypsin, amylase and lipase activities were found in G-1 group with 0,80 ± 0,03, 0,91 ± 0,03, 4,92 ± 0,13 U / mg protein, respectively (p <0, 05). There was no difference between the groups in terms of muscle nutritional components (p > 0,05). It has been determined that 10 g / kg inulin added to the diet affects the growth parameters of trout as well as trypsin, lipase and amylase enzyme activities positively.

Key Words: *Oncorhynchus mykiss*, Prebiotic, Inulin, Growth, Digestive enzyme activity

Consultant: Assoc. Prof. Dr. Arzu ÖZLÜER HUNT, Mersin University, Department of Fisheries, Institute of Natural and Applied Sciences, MERSİN

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın planlanması ve yürütülmesinde, araştırma süresince devamlı ilgi, bilgi ve yardımlarını esirgemeyen tez danışman hocam Doç. Dr. Arzu ÖZLÜER HUNT 'a şükranlarımı sunarım.

Ayrıca deneysel çalışmalarım esnasında yardımını ve zamanını esirgemeyen Mersin Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. Ferbal ÖZKAN YILMAZ' a, enzim analizlerinde yardımcı olan Mersin Üniversitesi Eczacılık Fakültesi'nden Arş. Gör. Metin YILDIRIM' a ve doktora öğrencisi Merih AKKAPULU' ya ve deneme süresince yardımcı olan Su Ürünleri Müh. Yaşar KUTLUKAYA ve Hüseyin TANRIKULU' ya teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇ KAPAK	i
ONAY	ii
ETİK BEYAN	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
KISALTMALAR ve SİMGELER	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI	4
2.1. Gökkuşluğu Alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	6
2.2. Prebiyotikler	9
2.2.1. Prebiyotiklerin Fonksiyonel Etkileri	10
2.2.2. Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Prebiyotikler	11
2.2.3. İnülin	12
2.3. Enzimler	17
2.3.1. Enzimin Tanımı	17
2.3.2. Enzimlerin Özellikleri	18
2.3.3. Enzimlerin Aktivitesini Etkileyen Faktörler	19
2.3.3.1. Sıcaklık	20
2.3.3.2. pH	20
2.3.3.3. Enzim Konsantrasyonu	20
2.3.3.4. Substrat Konsantrasyonu	20
2.3.3.5. Zaman	20
2.3.3.6. Diğer iyon ve kimyasal maddelerin etkisi	20
2.4. Sindirim Enzimleri	21
3. MATERYAL ve YÖNTEM	25
3.1. Materyal	25
3.1.1. Araştırmanın Yeri ve Süresi	25
3.1.2. Balıkların Laboratuvara Getirilmesi ve Adaptasyonu	25
3.1.3. Yemlerin Hazırlanması	26
3.1.4. Balıkları Beslenmesi	27
3. 2. Yöntem	28
3.2.1. Örneklem İşlemleri	28
3.2.2. Hesaplamalarda kullanılan formüller	28
3.2.3. Balık Kas Dokusunun Besin Madde Bileşenlerinin Ölçümü	29
3.2.3.1. Kuru Madde ve Ham Kül Analizi	29
3.2.3.2. Ham Protein Analizi	29
3.2.3.3. Lipit Analizi	30
3.2.3.4. Enzim Analizleri	30
3.2.3.4.1. Pepsin Aktivitesi	31
3.2.3.4.1.1. Kullanılan Solüsyonlar	31

3.2.3.4.1.2. Deneyin Yapılışı	31
3.2.3.4.2. Tripsin Aktivitesi	31
3.2.3.4.2.1. Kullanılan Çözeltiler	32
3.2.3.4.2.2. Deneyin Yapılışı	32
3.2.3.4.3. Amilaz Aktivitesi	32
3.2.3.4.3.1. Kullanılan Çözeltiler	32
3.2.3.4.3.2. Deneyin Yapılışı	32
3.2.3.4.4. Lipaz Aktivitesi	32
3.2.3.4.4.1. Kullanılan Çözeltiler	33
3.2.3.4.4.1. Deneyin Yapılışı	33
3.2.3.4.5. Doku Protein Analizi (Lowry Yöntemi)	33
3.2.3.4.5.1. Kullanılan Çözeltiler	33
3.2.3.4.5.1. Deneyin Yapılışı	34
3.2.4. İstatistiksel Analiz	34
4. BULGULAR	35
4.1. Büyüme ve Yem Değerlendirme İle İlgili Bulgular	35
4.1.1. Canlı Ağırlık Ortalamaları (CAO)	35
4.1.2. Canlı Ağırlık Kazançları (CAK)	36
4.1.3. Günlük Canlı Ağırlık Kazançları (GCAK)	38
4.1.4. Yüzde Canlı Ağırlık Kazançları (YCAK)	40
4.1.5. Spesifik Büyüme Oranı (SBO)	42
4.1.6. Yem Dönüştürme Oranı (YDO)	44
4.1.7. Protein Etkinlik Oranı (PEO)	46
4.1.8. Hayatta Kalma Oranları	48
4.2. Balık Kas Dokusunun Besin Madde Bileşenleri	49
4.3. Enzim Aktiviteleri	51
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	54
5.1. Tartışma	54
5.1.1. Büyüme ve yem değerlendirme	55
5.1.2. Sindirim Enzimleri	58
5.2. Sonuç	61
KAYNAKLAR	64
ÖZGEÇMİŞ	70

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Balıketteindeki önemli mineral maddeler ve miktarları	4
Çizelge 2.2. Alabalıklar için optimum sağlık koşullarını sağlayan su kalitesi değerleri	8
Çizelge 2.3. Alabalık kuluçkahanesinde kullanılacak su için önerilen değerler.	8
Çizelge 2.4. Su ürünlerinde kullanılan bazı prebiyotikler ve hedef bakteriler	11
Çizelge 2.5. Bazı bitkilerde bulunan inülin miktarı	14
Çizelge 3.1. Denemede yemlerinde kullanılan hammaddeler	26
Çizelge 3.2. Denemede kullanılan yemlerin içeriği	26
Çizelge 3.3. Denemede kullanılan yemlerin hesaplanan amino asit içeriği	27
Çizelge 3.4. Deneme Tanklarındaki Suyla İlgili Bazı Parametreler	28
Çizelge 4.1. Ölçüm dönemlerine göre canlı ağırlık ortalamaları	35
Çizelge 4.2. Ölçüm dönemlerine göre grupların canlı ağırlık kazançları	36
Çizelge 4.3. Ölçüm dönemlerine göre grupların günlük canlı ağırlık kazançları	38
Çizelge 4.4. Ölçüm dönemlerine göre grupların yüzde canlı ağırlık kazançları	40
Çizelge 4.5. Ölçüm dönemlerine göre grupların spesifik büyüme oranları	42
Çizelge 4.6. Ölçüm dönemlerine göre grupların yem dönüştürme oranları	44
Çizelge 4.7. Ölçüm dönemlerine göre grupların protein etkinlik oranları	46
Çizelge 4.8. Deneme sonunda elde edilen hayatta kalma oranları	48
Çizelge 4.9. Deneme sonu elde edilen kas besin madde bileşenleri	49
Çizelge 4.10. Deneme sonu elde edilen enzim aktiviteleri	51

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2. 1. Dünya da su ürünleri yetiştiriciliği ve üretim miktarları	5
Şekil 2. 2. Türkiye’ de su ürünleri yetiştiriciliği ve üretim miktarları	5
Şekil 2.3. Gökkuşluğu Alabalığı (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	7
Şekil 2.4. İnülinin yapısı	13
Şekil 2.5. Enzimlerin genel çalışma prensibi	18
Şekil 2.6. Substrat-Enzim mekanizması	19
Şekil 4.1. Ölçüm dönemlerine göre grupların canlı ağırlık ortalamaları	36
Şekil 4.2. Ölçüm dönemlerine göre grupların canlı ağırlık kazançları	37
Şekil 4.3. Deneme sonunda grupların canlı ağırlık kazançları	38
Şekil 4.4. Ölçüm dönemlerine göre grupların günlük canlı ağırlık kazançları	39
Şekil 4.5. Deneme sonu grupların günlük canlı ağırlık kazançları	40
Şekil 4.6. Ölçüm dönemlerine göre grupların yüzde canlı ağırlık kazançları	41
Şekil 4.7. Deneme sonu grupların yüzde canlı ağırlık kazançları	42
Şekil 4.8. Ölçüm dönemlerine göre grupların spesifik büyüme oranları	43
Şekil 4.9. Deneme sonu grupların spesifik büyüme oranları	44
Şekil 4.10. Ölçüm dönemlerine göre grupların yem dönüştürme oranları	45
Şekil 4.11. Deneme sonu grupların yem dönüştürme oranları	46
Şekil 4.12. Ölçüm dönemlerine göre grupların protein etkinlik oranları	47
Şekil 4.13. Deneme sonu grupların protein etkinlik oranları	48
Şekil 4.14. Deneme sonunda elde edilen hayatta kalma oranları	49
Şekil 4.15. Deneme gruplarına göre elde edilen kas besin madde bileşenleri	50
Şekil 4.16. Deneme sonu elde edilen kas besin madde bileşenleri	50
Şekil 4.17. Deneme sonu grupların pepsin aktiviteleri	51
Şekil 4.18. Deneme sonu grupların tripsin aktiviteleri	52
Şekil 4.19. Deneme sonu grupların amilaz aktiviteleri	52
Şekil 4.20. Deneme sonu grupların lipaz aktiviteleri	53

KISALTMALAR ve SİMGELER

Kısaltma/Simge	Tanım
°C	Santigrat derece
AB	Avrupa Birliği
ACH50	Alternatif hemolitik bileşeni
ACP	Tamamlayıcı aktivasyonu
ANOVA	Varyans Analizi
AXOS	Arabinoksilooligosakkarit
BAPNA	Na-benzoil-DL-arginin-p-nitro anilid
BSY	Fermantasyon sonucu elde edilmiş maya
Ca	Kalsiyum
CAB	Başlangıç canlı ağırlıkları ortalaması,
CaCl ₂	Kalsiyum klorür
CaCO ₃	Kalsiyum karbonat
CAK	Canlı ağırlık kazancı
CAO	Canlı ağırlık ortalaması
CAS	Son canlı ağırlık ortalaması,
CF	Kondisyon faktörü
CFU	Koloni oluşum birimi
cm	Santimetre
CMC	Suda çözülebilen bir selüloz türevi
Cu	Bakır
Cu ₂ SO ₄ .5H ₂ O	Bakır(II)sülfat pentahidrat
CuSO ₄	Bakır sülfat
DMSO	Dimetilsülfoksit
DNS	Dinitrosalisilik asit
ES	Enzim substrat
FE	Yem verimlilik oranı
FOS	Fruktooligosakkarit
g	Gram
GCAK	Günlük canlı ağırlık kazancı
GOS	Galaktooligosakkarit
GroBiotic-A	Ticari bir prebiyotik
H ₂ SO ₄	Sülfürik asit
HCl	Hidroklorik asit
HKO	Hayatta kalma oranı
HP	Ham Protein
IMO	İzomaltooligosakkarit
K ₂ SO ₄	Potasyum sülfat
kg	Kilo gram
kJ	Kilo joule
kob	Koloni oluşturan birim
l	Litre
LAB	Laktik asit bakterisi
LPS	Lipopolisakkarit

M.Ö.	Milattan önce
MCH	Eritrositlerdeki hemoglobin miktarı
MEÜ	Mersin Üniversitesi
mg	Miligram
ml	Mililitre
MOS	Mannanooligosakarit
N	Azot
NA	Bilgi yok
Na ₂ CO ₃	Sodyum karbonat
Na ₂ HPO ₄	Disodyumfosfat
NaH ₂ PO ₄	Sodyum dihidrojenfosfat
Na-K	Tartarat çözeltisi
NaOH	Sodyum hidroksit
NH ₃	Amonyak
nm	Nanometre
NO ₂	Nitrit
NÖM	Nitrojensiz öz madde
ÖBS	Ölen balık sayısı
P	Yemde kullanılan ham protein oranı
P:E	Protein:Enerji
PEO	Protein etkinlik oranı
ppm	Milyonda bir
RBC	Kırmızı kan hücreleri
S.H	Standart hata
SBO	Spesifik büyüme oranı
SCFA	Kısa zincirli yağ asidi
scFOS	Kısa zincirli fruktooligosakkarit
<i>spp.</i>	Tür
SPSS	İstatistik programı
SÜF	Su Ürünleri Fakültesi
T	İlk ve son canlı ağırlık ölçümleri arasında geçen süredir (gün)
TBS	Toplam balık sayısı
TCA	Triklosetik asit
TOS	Trans-galaktooligosakkarit
Tris-HCl	Trisamin hidroklorik asit
Triton-X-100	İyonik olmayan, yüzey aktif, organik bir biyolojik deterjan
TYM	Balığa verilen toplam yem miktarı
U	Unit (Birim)
USA	Amerika Birleşik Devletleri
w/v	Ağırlık/hacim
WBC	Beyaz kan hücresi
XOS	Ksilooligosakkarit
YCAK	Yüzde canlı ağırlık kazancı
YDO	Yem dönüştürme oranı
α	Alfa

β	Beta
γ	Gama
μ l	Mikrolitre
ω -3,	Omega 3
ω -6	Omega 6

1. GİRİŞ

İnsanoğlu dünyada var oluşundan yerleşik hayata geçerek tarımsal üretime geçinceye kadarki süreçte hayatta kalabilmek için ihtiyaç duyduğu besin maddelerini doğadan toplayıcılık ve avcılık yoluyla elde etmişlerdir. Yerleşik hayata geçen insanlar daha sonraki çağlarda ise, avcılığın yanı sıra tarımsal üretime başlayarak bir kısım besinleri kendi imkânlarıyla üretmeye başlamışlardır. Böylelikle zaman içerisinde kazandıkları tecrübe ve devamlı olarak artan bilgi birikimleriyle birçok bitki, karasal ve sucul hayvanı kültür koşullarında üretmeyi başarmışlardır.

Balık yetiştiriciliği, Çinlilerin kayıtlarında M.Ö. 2100 yılına kadar dayanmaktadır. Ortaçağ Avrupa'sında da balık yetiştiriciliği önemli bir yer tutmuş, ancak 1500'lü yılların sonuna doğru önemini kaybetmiştir. 1950'lerden sonra özellikle tarıma elverişli olmayan yerlerde kurulan kültür balıkçılığı işletmeleri Avrupa'da yeni bir endüstri kolu haline gelmiştir [1].

Dünyamızın nüfusu her geçen gün sürekli ve hızlı bir şekilde artmaktadır. Bu hızlı artış, beraberinde insanlar için daha fazla besin maddesi ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Ancak, insanların besin madde ihtiyaçlarını karşılayabilmesi noktasında karşımıza çıkan en büyük sorun, dünyamızın kaynaklarının sınırlı olması ve geleneksel yolla elde edebileceğimiz ürünlerin yetersiz kalacak olmasıdır. Bu bağlamda elimizde bulunan sınırlı karasal ve sucul kaynakları en verimli şekilde kullanmamız ve devamlı olarak yeni teknik ve teknolojiler geliştirerek sürdürülebilir üretim stratejileri geliştirmemiz gerekmektedir.

Son yıllarda insanlar daha sağlıklı bir yaşam için tükettikleri gıdaların ne kadar önemli olduğunun farkına varmaya başlamışlardır. Yüksek yağ ve kolesterolün insan sağlığına olumsuz etkileri dikkate alındığında, su ürünleri içerdiği protein ve mineral maddeler nedeniyle insanların beslenmesinde son derece önemli bir yere sahiptir. Ancak sahip olduğumuz sınırlı kaynakları sebebiyle avcılık yoluyla elde edebildiğimiz miktar artan dünya nüfusunun ihtiyaçlarını karşılamakta yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple ortaya çıkan açığın kapatılabilmesi için kültür koşullarında üretim giderek artan bir öneme sahip olmaya başlamıştır.

Dünyada su ürünleri üretimine baktığımızda; Son otuz yılda balıkçılık endüstrisi 69 milyon tondan 93 milyon tona çıkmıştır. Aynı zamanda yetiştiricilik yoluyla elde edilen ürün ise 5 milyondan 63 milyon tona ulaşmıştır [2].

Su ürünleri yetiştiriciliğinde de özellikle yemlerde kullanılan balık unu ve balık yağının üretiminin sıkıntıya girmesiyle yeni yetiştiricilik stratejilerine ve yem teknolojisinin geliştirilmesi gereksinimlerini ortaya koymaktadır. 2000-2008 yılları arasından %62 oranında artan yetiştiriciliğe karşın balık unu ve balık yağı miktarı %12 oranında azalmıştır [3-4]. Bu genel görüş, Dünya Bankası tarafından balıkçılık raporunda da belirtilmiştir. 2030 yılına kadar üzerinde durulması gereken üç temel temadan biri, yetiştiricilik yoluyla üretilen balıkların

üretimi esnasında kullanılan hammaddelerin ucuz sağlanması için gerekli alternatif katkı maddelerinin temin edilmesi ve balık sağlığı konusunda çalışmaların yoğunlaştırılarak üretilen ürünün dünyadaki eksikliğini hızlı bir şekilde giderilmesi olarak belirlenmiştir [2].

Bu nedenle kültür koşullarında yapılan üretim için sürdürülebilir bir strateji geliştirmek gerekmektedir. Geliştirilen stratejinin önemli bir bölümü olan verimliliği artırma adına ise kullanılan yem başta olmak üzere üretimin tüm aşamalarında sürekli yeni araştırma ve çalışmalar yapılarak birim alandan elde edilen ürün miktarının artırılması ve elde edilen su ürünlerinin hızlı, kaliteli, ucuz ve en az kayıpla pazara sunulmaları büyük önem taşımaktadır. Verimliliği arttırmak için yapılan bu çalışmaların ise insan sağlığı ve ekosisteme zarar veren kimyasallar içeren ve kalıntı bırakan sentetik maddeler yerine doğal olarak elde edilebilen maddeler kullanarak yapılması, sürdürülebilir bir üretim dolayısıyla geleceğimiz için son derece önemli bir konudur.

Su ürünleri yetiştiriciliğinde üretim verimliliğini arttırmak, yetiştirilen türlere hastalıklara karşı direnç kazandırmak ve daha hızlı pazara sunulmasını sağlamak için sürekli yeni teknolojilere ihtiyaç duyulmaktadır. Modern teknoloji; biyoteknoloji, mikrobiyoloji ve diğer bilimleri kullanılarak daha fazla ve kaliteli ürün elde edilebilmesinin mümkün olduğu görülmektedir.

Su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan yem, işletme giderlerinin yaklaşık olarak % 40-60'lık bölümünü oluşturması nedeniyle su ürünleri sektöründe artan talebi karşılayabilmek, hastalıklara karşı daha dirençli ürünler yetiştirebilmek ve insan sağlığı için faydalı ürünler elde etmek için en önemli unsurdur. Teknolojik gelişmelere bağlı olarak çözüm yolları arayışına girilmiş ve karma yemlerin etkinliği ve verimliliği konularında yapılan çalışmalara önem vermeye başlanmıştır.

İyi bir beslemede amaç, ucuz ve kaliteli yemlerle en iyi gelişimi sağlamaktır. Yemlerin üretimi aşamasında su ürünleri için başlıca protein kaynağı olan balık unu en önemli hammaddedir. Ancak balık unu yapımında kullanılacak olan balık stoklarının giderek azalması sonucunda balık unu maliyetinin artması sektörde sindirilebilirliği yüksek alternatif hammadde arayışına yönlendirmiştir. Su ürünlerinin besin ihtiyaçları hakkındaki bilgilerin artması farklı hammaddelerin yemlere eklenebileceğini göstermektedir. Kullanılan yemin kalitesini arttırmak, yetiştiriciliği yapılacak türlerin gelişimini hızlandırmak, hastalıklara daha dirençli ürün elde etmek için yem katkı maddelerinin kullanımı da gündeme gelmeye başlamıştır [5-6-7].

Yetiştiricilikte üretim miktarının artırılması, işletmelerce kullanılan alanının ve stok yoğunluğunun artması anlamına gelmektedir. Entansif su ürünleri yetiştiriciliği sonucunda stres artmakta ve su kalitesi bozulmaktadır. Buna bağlı olarak da yetiştiriciliği yapılan türlerde bakteriyel, fungal, viral ya da parazit enfeksiyonlarında artış görülmektedir. Bunun sonucunda ise istenilen büyüme değerlerine ulaşılamamaktadır [8].

Uzun bir süre su ürünleri yetiştiriciliğinde hastalıklardan korunma ve kontrol amacıyla kullanılan en yaygın metot antibiyotik, pestisit ve diğer kimyasal maddelerin uygulanması olmuştur [9-10]. Antibiyotiklerin, ağırlık artışı, yem kullanımı ve ölüm oranlarını azaltması gibi olumlu etkilerinden dolayı standart bir uygulama olarak uzun yıllar düşük dozlarda tüm dünyada hayvan yemlerine katılmıştır [11]. Büyütme amaçlı yeme katılan antibiyotikler, patojen mikroorganizmaların çoğalmasını engelleyip, toksinlerin etkisini azaltarak, besin maddeleri ve enerjinin hayvansal ürünlerin sentezinde kullanılması amaçlamaktadır [12]. Ancak, su ürünleri yetiştiriciliğinde koruma amaçlı antibiyotik kullanımı, ilaçların dokularda birikimine ve bağışıklık sisteminin baskılanmasına, antibiyotiklere dirençli mikroorganizmaların gelişmesine, sucül çevreye ve insan sağlığına zarar vermeleri gibi çeşitli yan etkileri nedeniyle ciddi sorunlara yol açmaktadır. Bu nedenle birçok ülkede, balık yemlerinde yem katkı maddesi olarak antibiyotik kullanımı kısıtlanmış ya da tamamen yasaklanmıştır [13]. Bunlara ek olarak su ürünleri için antibiyotik ya da aşı (her hastalık için geliştirilmiş aşı bulunmaması, aşı üretiminin maliyeti) kullanımının pahalı olması birçok yetiştiricilik tesisinde kullanım imkânını sınırlamaktadır. Avrupa Birliği (AB) uluslararası hayvansal gıda ticaret yönergelerinde, zararlı ürünlerin (antibiyotik vb.) kullanılmaması yönünde karar alınmıştır. Bu karar AB'ye hayvansal gıda ürünleri satan ülkeleri doğrudan bağlamaktadır [14].

Hem insan sağlığı hem de ekosisteme verilebilecek zararlar göz önüne alındığında, su ürünleri yetiştiriciliğinde; daha iyi büyüme performansı, yem dönüştürme oranı (YDO) ve hayatta kalma oranı göstermesi ve hastalıklara dirençli ürünler elde edebilmek adına antibiyotik ve diğer kimyasalların zararlarını en aza indirerek, ekolojiye ve çevreye zarar vermeden yetiştirilen türlerden daha yüksek verim elde etmek amacıyla doku ve hayvansal ürünlerde kalıntı bırakmayan, sindirim kanalındaki doğal ekosisteme zarar vermeyen, sonuçta büyüme ve sağlık performansını artırıcı etkiye sahip olan alternatif yem katkılarına gerek duyulmaktadır. Bu katkı maddeleri probiyotik, prebiyotik, organik asitler, immünostimülantlar ve çeşitli enzimlerdir [15].

Su ürünleri yetiştiriciliğinde prebiyotiklerle ilgili yapılan araştırmaların henüz yeterli düzeyde olmaması nedeniyle yapılan bu çalışmada prebiyotik bir madde olan inülinin alabalıkların büyüme ve sindirim enzimleri üzerine etkileri incelenmiştir. Araştırma sonucunda ortaya çıkan verilerin ışığı altında inülinin önemli bir yetiştiricilik türü olan alabalıklarda kullanılabilirliği ortaya konulmuştur. Böylelikle hem ticari anlamda hem de bilimsel anlamda inülinin etkisi ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir.

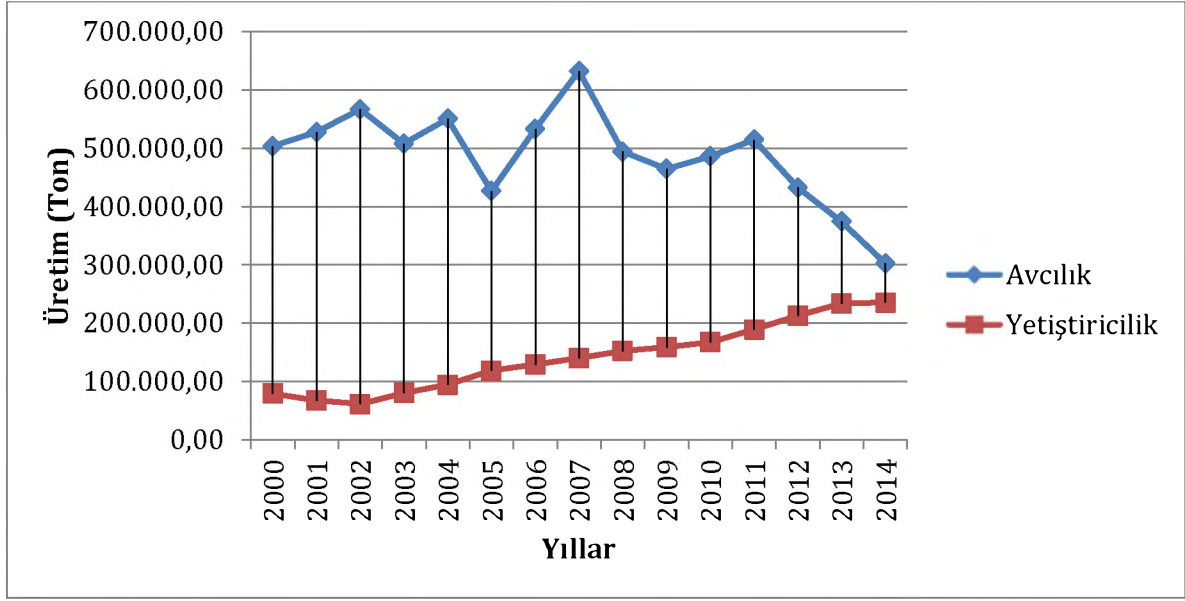
2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI

İnsanların temel besin maddelerini protein, karbonhidrat ve yağlar oluşturmaktadır. Su ürünleri, insanların özellikle protein ihtiyacını karşılaması için önemli bir gıdadır. Ayrıca, kimyasal bileşiminde; su, protein, yağ, mineral madde, vitaminler bulunan, doymamış yağ asitlerince (ω -3, ω -6) zengin ve %17-22 civarında içerdiği proteinlerin esansiyel aminoasitleri sebebiyle su ürünleri tercih edilen bir gıda maddesidir [16]. Çizelge 2.1.' de balıketindeki önemli mineral maddeler ve miktarları gösterilmektedir.

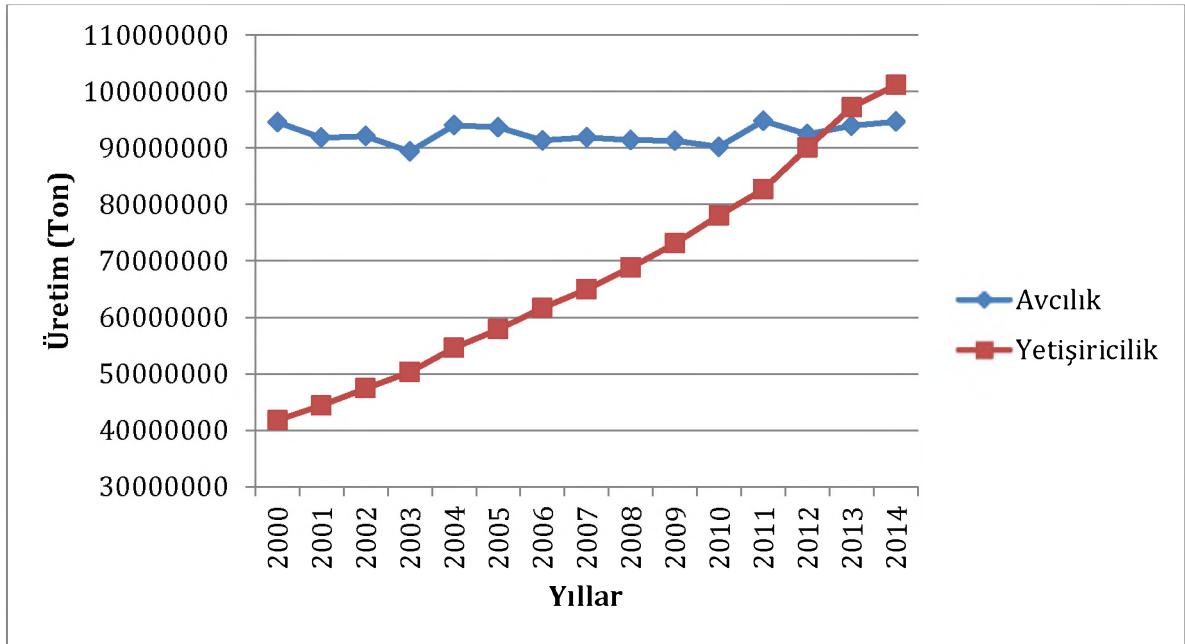
Çizelge 2.1. Balıketindeki önemli mineral maddeler ve miktarları (g/kg) [17].

Mineral Madde	Miktar (g/kg)
Kalsiyum	48-420
Magnezyum	240-310
Fosfor	1730-2170
Demir	5-248
Bakır	0,4-1,7
İyot	0,1-1,0

Dünyanın pek çok bölgesinde su ürünleri üretimi doğal alanlar kullanılarak avcılık yoluyla sağlanmaktadır. Ancak artan dünya nüfusunun su ürünleri ihtiyacını karşılamak için dünyamızın okyanus, deniz ve iç sulardaki sınırlı doğal kaynaklarının artık yeterli olamaması bizleri kültür koşullarında su ürünleri üretimine yönlendirmektedir. Dünyamızın dörtte üçü sularla kaplı olmasına rağmen su ürünleri yetiştiriciliği bütün sularda yapılamamakta ve belirli alanlarda yoğunlaşmaktadır. Bu alanlarda yapılan yetiştiricilik tüm dünyada oldukça yaygın olarak yapılmakla birlikte insanların talebine tam anlamıyla cevap verememektedir. Bunun neticesinde insanların taleplerine cevap verebilmek için su ürünleri yetiştiriciliği sektörü her geçen gün kendini geliştirmek zorundadır. Dünya geneli avcılık ve yetiştiricilik verilerine baktığımızda 2013 yılında yetiştiricilikten elde edilen toplam üretimin avcılıktan elde edilen üretimi geçtiğini görmekteyiz, Türkiye' de ise 2014 yılı itibariyle yetiştiricilik ve avcılıktan elde edilen ürünler neredeyse bir birine eşit hale gelmiştir. Tüm dünyada yetiştiricilikteki gelişmelerin devam edeceği ve avcılıktan elde edilen ürün miktarının artış göstermeyip yatay bir seyir izlediği göz önüne alındığında Türkiye' de de birkaç yıl sonra yetiştiricilikten elde edilen ürün miktarının avcılıktan elde edilen miktarı geçeceğini söyleyebiliriz. Şekil 2.1.' de dünyada su ürünleri yetiştiriciliği ve üretim miktarları ve Şekil 2.2.' de Türkiye' de su ürünleri yetiştiriciliği ve üretim miktarları verilmiştir.



Şekil 2. 1. Dünya da su ürünleri yetiştiriciliği ve üretim miktarları [18].



Şekil 2. 2. Türkiye’de su ürünleri yetiştiriciliği ve üretim miktarları [19].

Dünyada ve Türkiye’de ticari olarak yetiştiriciliği yapılan balık türlerinin en önemlilerinden biri gökkuşağı alabalığıdır. Ülkemizde alabalık yetiştiricilik miktarı, üretimi yapılan diğer iki önemli tür olan çipura ve levrek ile kıyaslandığında 113.593 t ile neredeyse ikisinin toplamı kadardır [19].

2.1. Gökkuşığı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)

Kuzey Amerika kökenli bir alabalık türü olan gökkuşığı alabalığı 1880 yılında Avrupa'ya, 1970'li yıllarda ise ülkemize getirilmiştir [20].

Âlem: *Animalia*

Şube: *Chordata*

Sınıf: *Actinopterygii*

Takım : *Salmoniformes*

Aile: *Salmonidae*

Tür: *Oncorhynchus mykiss*

Çözünmüş oksijence zengin, soğuk ve berrak suları seven gökkuşığı alabalığı hemen hemen dünyanın bütün bölgelerine yayılım göstermiştir. Çevresel faktörlere karşı adaptasyon kabiliyeti yüksek bir türdür. Yemi iyi değerlendirmesi, kolay döl alımı, kısa inkübasyon periyodu ve hastalıklara karşı yüksek mukavemet özelliği bu türün kültür balıkçılığında tercih edilmesinin önemli sebeplerindendir [21-22].

Maksimum boyu 120 cm; yaygın boyu 60 cm; ulaşılan maksimum ağırlığı 25,4 kg; rapor edilmiştir. Vücut, uzamış ve az basık olup, sırtta bir yağ yüzgeci mevcuttur. Sırt yüzgeci 10-12, kuyruk yüzgeci 19 adet, anal yüzgeci ise 8-12 yumuşak ışına sahiptir. Pulları, sikloit ve küçüktür. Diken ışıın bulunmamaktadır. Sırt yüzgeci ile kuyruk yüzgeci arasında yağ yüzgeci bulunmaktadır. Omurga sayısı 60-66 adettir. Yanal çizgi tam, az öne doğru 100 ile 150 adet pulla kaplanmıştır. Vücut uzamıştır, özellikle daha büyük balıklarda belirgindir. Kafanın üst kısmı ve arkası çelik mavisi, mavi- yeşil, sarı-yeşil ve hemen hemen kahverengidir. Vücut kenarları gümüşü, beyaz veya soluk sarı-yeşilden griye eğilimli olan bir renktir. Karın kısmı gümüşü beyaz veya sarıdır. Yine vücut kenarlarında bulanık pembe, mavimsi veya geniş açık bir pembe bant ile çok sayıda küçük lekeler mevcuttur. Anaçlarda yumurtlama zamanı renk çok koyu ve yanal çizgi ise çok kırmızı renk alır. Renklenme habitat, büyüklük ve cinsiyete bağlı olarak değişiklik gösterir. Akarsuda yaşayan ve üreyenler, daha koyu ve yoğun renklenmeler gösterir. Gölde yaşayanlar daha açık, parlak ve gümüşidir. Çiftleşme tüberkülü yoktur, fakat üreyen erkeklerde baş, ağız ve özellikle renkte küçük değişiklikler oluşur (Şekil 2.3.).



Şekil 2.3. Gökkuşağı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)

Doğal olarak Alaska Kuskokwim Nehrinden Pasifik yamacına kadar, Meksika'da Rio Santa Domingo, Baja Kaliforniya; Kanada'da yukarı Mackenzie Nehri drenajı (Kuzey Kutbu havzası), Alberta ve Britanya Kolombiya'sı; ABD'de güney Oregon'un iç drenaj havzalarında yayılım gösterir. İnsan müdahalesiyle Kuzey Amerika ve Dünya'nın diğer yerlerindeki soğuk sulara taşınmıştır.

Gökkuşağı alabalığı, hızlı gelişebilen ve deneysel olarak kolay denetlenebilen bir model organizmadır. Boyutları, kontrollü üremeleri hakkında oldukça fazla bilginin olması hem doğal hem de klonal araştırmalardaki kullanılabilirliği ile diğer model balık türlerinden gökkuşağı alabalığını ayırmaktadır. Alabalıkların uygun koşulları için gerekli olan su kalitesi ile kuluçkahanede kullanılacak suyun sahip olması gereken değerler çizelge 2.2. ve 2.3.' de verilmiştir.

Gökkuşağı alabalığı üretimi, özellikle Avrupa'da ve son zamanlarda Şili'de, 1950'lerden bu yana katlanarak büyümüştür. Bu büyüme öncelikle ihracat pazarı için Norveç ve Şili'de kafeslerde kültür balıkçılığı ve iç pazarlar sağlamak için Fransa, İtalya, Danimarka, Almanya ve İspanya gibi ülkelerde iç üretim artışına bağlı bir büyümedir. En büyük üretici ülke Şili, diğer büyük üretici ülkeler Norveç, Fransa, İtalya, İspanya, Danimarka, ABD, Almanya, İran ve Birleşik Krallıktır.

Çizelge 2.2. Alabalıklar grubuna mensup balıkların optimum sağlık koşullarını sağlayan su kalitesi değerleri [20].

Kimyasal	Sürekli Maruz Kalabileceği Üst Sınır Değerleri (ppm)
Amonyak NH ₃	0.0125 ppm (iyonize olmamış formda)
Kadmiyum ^a	0.0004 ppm (yumuşak suda 100 ppm alkali)
Kadmiyum ^b	0.003 ppm.(sert suda 100 ppm alkali)
Klor	0.03 ppm
Bakır	0.006 ppm. Yumuşak suda
Hidrojen Sülfür	0.002 ppm.
Kurşun	0.03 ppm
Cıva, (organik veya inorganik)	0.002 ppm maksimum, 0.00005 ortalama
Azot	Maksimum total gaz basıncı %110 doygunlukta
Nitrit(NO ₂)	0.1 ppm yumuşak suda, 0.2 ppm sert suda (0.03 ve 0.06 ppm nitrit-azotu)
Ozon	0.005 ppm
Polychlorinated biphenyls(PCB's)	0.002 ppm
Total Çökmüş ve çözmemiş cisimler	80 ppm veya daha düşük
Çinko	0.03 ppm
a) Alabalıklar yumurta ve yavrularını korumak için. Alabalıklar olmayanlarda 0.004 ppm kabul edilebilir.	
b) Alabalıklar yumurta ve yavrularını korumak için. Alabalıklar olmayanlarda 0.003 ppm kabul edilebilir.	

Çizelge 2.3. Alabalık kuluçkahanesinde kullanılacak su için önerilen değerler [20].

DEĞİŞKEN	DEĞERLER (ppm)
Erimiş Oksijen	5-Doygunluk
Karbondioksit	0-10
Total Alkalilik (CaCO ₃)	10-400
Fenolfitalin (olarak)	0-25
Metal Oranj	75-100
ppm Hidroksit	0
ppm Karbonat	0-25
ppm Bikarbonat	75-100
pH	6.5-8.0
Total Sertlik (CaCO ₃)	10-400
Kalsiyum	4-100
Magnezyum	Tampon sistemi için gerekli
Manganez	0-0.01
Demir (Total)	0-0.15
Ferro İyonu	0
Ferri İyonu	0.5
Fosfor	0.01-3.0
Nitrat	0-3.0
Çinko	0-0.05
Hidrojen Sülfür	0

2.2. Prebiyotikler

Son yıllarda bazı besinlerin “doğal” yollardan hastalıkların önlenmesi ve tedavisindeki etkinliğinin bilimsel olarak ortaya konulması, sağlığımızın korunmasında beslenme desteğinin önemini arttırmaktadır. Bu nedenle, fonksiyonel besinler daha fazla tüketilir hale gelmiştir.

Fonksiyonel gıdalar, geleneksel besinler gibi normal diyetin bir parçası olarak tüketilen temel besleyici özelliklerinin ötesinde, kronik hastalık risklerini indirgeme özelliği ve fizyolojik faydaları olan gıdalar olarak tanımlanmaktadır [23].

Bu gıdaların etkileri ve faydaları içeriklerine göre farklı yollarla sağlanır; Bunlar vitamin ve minerallerle güçlendirme, kolesterol düşürücüler, antioksidanlar, bitki kaynaklılar: fitokimyasallar, probiyotikler, prebiyotikler ve sinbiyotiklerdir [24].

Prebiyotik terimi, canlının büyümesini ve / veya kolon içinde sınırlı sayıda bakterinin aktivitesini seçici olarak uyararak konak canlıyı faydalı şekilde etkileyen ve bu nedenle konak sağlığını geliştiren sindirilmeyen gıda katkı maddeleri olarak tanımlanmıştır [25].

En yaygın olarak bilinen prebiyotik maddeler oligosakkaritlerdir [26]. Oligosakkaritler, glikozidik bağla bağlı, 3-10 monosakkarit ünitesinden oluşan sindirilemeyen ürünlerdir. Bazı yiyeceklerden hindiba, yerelması, pırasa, enginar, buğday, soya, kuru baklagiller, muz, soğan, sarımsak, kuşkonmaz ve domates gibi bitkilerde doğal olarak bulunmalarının yanı sıra ticari olarak polisakkaritlerin enzimatik hidrolizi ile veya monosakkarit ve/veya disakkaritlerden sentezlenerek üretilmektedir [27].

Kimyasal yapılarından dolayı bazı oligosakkaritler sindirim enzimlerine karşı dayanıklıdır ve sindirilemeden kalın bağırsaklara geçerek orada bulunan probiyotik sakkarolitik bakterilerin fermentasyonu için zemin hazırlarlar. Bu maddeler vücutta ya kısmen parçalanır ya da hiç parçalanmaz [28]. Dayanıklı nişasta ve nişasta olmayan oligosakkaritler bağırsak gıdaları olarak sınıflandırılırlar; fakat prebiyotik değildirler. Çünkü bunlar probiyotik bakteriler tarafından fermente edilememektedirler [29].

Bazı araştırmacılar, kolona ulaşan gıda maddelerinden sindirilemeyen karbonhidratlar, bazı peptidler, proteinler ve bazı lipidler prebiyotik olmaya aday olarak belirtmişlerdir [30-31-32]. Bunlar inülin, oligofruktoz, trans-galaktooligosakkaritler (TOS), laktuloz, oligosakkaritler, izomaltooligosakkaritler (IMO), laktosükroz, ksilooligosakkaritler (XOS), soya fasulyesi oligosakkaritler ve glikooligosakkaritlerdir (GOS) [13]. İn vivo ve in vitro çalışmalar sonucunda, inülin ve oligofruktoz, TOS ve laktuloz şu anda prebiyotik olarak sınıflandırılmakta iken IMO, laktosükroz, XOS, soya oligosakkaritler ve GOS prebiyotik olarak sınıflandırma için gerekli tüm şartları yerine getirmemeleri sebebiyle fonksiyonel gıdalar olarak kabul edilip edilemeyeceği konusunda araştırmalar devam etmektedir [13].

Yapılan çalışmalar sonucunda, prebiyotik olarak kullanılacak bir maddenin aşağıdaki özelliklere sahip olması gerekmektedir:

- 1- Mide ve ince bağırsakta hidrolize veya absorbe olmamalı.
- 2- Kullanılacak yeme kolay eklenebilmeli.
- 3- Bağırsak viskozitesini düzenlemeli.
- 4- Kanserojen olmamalı.
- 5- Besinsel polisakkaritlerden elde edilebilmeli.
- 6- Düşük kalori değerine sahip olmalı.
- 7- Zararlı mikrobiyal yükü azaltmalı.
- 8- Düşük dozlarda etkili olmalı.
- 9- Yararlı bağırsak mikroplarını teşvik etmeli.
- 10- Herhangi bir atık etkisi üretmemeli.
- 11- Kolon mikroflorasındaki yararlı mikroorganizmalar için seçici olmalı ve çoğalmalarını uyararak konağa yararlı bölgesel ve sistemik etkilere sahip olmalıdır [8-25-28-32-33-34].

2.2.1. Prebiyotiklerin Fonksiyonel Etkileri

Yapılan araştırmalar sonucunda prebiyotiklerin canlılar üzerine fonksiyonel etkileri aşağıda sunulmuştur.

1. *Bifibacterium*, *Lactobacillus* ve *Eubacterium spp.* gibi sağlık için önemli probiyotik bakterilerin gelişimini uyarır.
2. Glikoz ve yağ metabolizması ile kalp hastalığı riskine karşı koruyucu etki gösterir.
3. Şekerlerin sindirimini olumlu yönde etkiler.
4. Kanserin önlenmesinde önemli olan kısa zincirli yağ asitlerinin (SCFA) bağırsakta fermentasyonunu artırır.
5. *Salmonella*, *Listeria* ve *Escherichia coli* gibi zararlı patojenlerinde gelişimini sınırlandırır.
6. Mikrofloranın kompozisyonunu ve aktivitesini olumlu yönde etkiler,
7. Bağırsak hareketlerini düzenler.
8. Minerallerin (Ca ve Mg gibi) emilimini ve biyoelverişliliğini artırır.
9. Kan, kolesterol ve trigliserid düzeylerini olumlu yönde düzenler.
10. Patojen mikroorganizmaların çoğalmasını önleyerek intestinal ve ekstraintestinal enfeksiyonun gelişme riskini azaltır.
11. Konağın bağışıklık sistemini güçlendirir.
12. Kolon kanseri gelişim riskini azaltır.
13. Laktik asit düzeyini artırır.

14. Sindirim sistemi pH'sını yükseltir.
15. Bağırsak mukozasını iyileştirir.
16. Bağırsak villilerinin standart bir biçim almasını sağlar ve sayıca artırır.
17. Canlı ağırlık artışına sebep olur.
18. Özellikle jejunumda maltaz, aminopeptidaz ve alkali fosfataz aktivitesini artırır.
19. Dışkı hacminde artış sağlarlar [28-29-35-36-37-38].

Yapılan çalışmalarda prebiyotiklerin birçok özelliğe sahip olabilecekleri belirtilmesine rağmen bunların hepsi araştırmacılar tarafından açıklanamamış olmakla birlikte bazıları açıklanabilmektedir.

2.2.2. Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Prebiyotikler

Prebiyotik maddeler bağışıklık sistemini geliştirmek, gastrointestinal sistemde bakteriyel topluluğu değiştirmek, büyüme oranını arttırmak gibi rollere sahip olabilmektedir. Birçok bilim adamı, daha iyi büyüme ve hayatta kalma oranı elde etmek için yemlere eklenen prebiyotiklerin oranını optimize etmek için çalışmalar yürütmektedir [8].

Su ürünleri yetiştiriciliğinde prebiyotikler üzerine ilk çalışma 1995 yılında bildirilmiştir [39]. Bugüne kadar balıklarda tanımlanan ortak prebiyotikler inülin, fruktooligosakkarit (FOS), kısa zincirli fruktooligosakkarit (scFOS), mannanoligosakkarit (MOS), galaktooligosakkarit (GOS), ksilooligosakkarit (XOS), arabinoksilooligosakkarit (AXOS), izomaltooligosakkarit (IMO) ve GroBiotic-A olarak belirlenmiştir [13-40]. Ancak trans-galaktooligosakkaritlerin (TOS) sıcakkanlı hayvanlarda kullanımı üzerine geçerli bir bilgi bulunmamaktadır. Balıkların bağırsak florasında prebiyotiklerin etkileri üzerine bilinen bilgilere ek olarak bağırsak morfolojisi üzerine prebiyotik etkisini araştıran makaleler de bulunmaktadır [13]. Çizelge 2.4.' de su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan bazı prebiyotikler ve hedef bakteriler gösterilmiştir.

Çizelge 2.4. Su ürünlerinde kullanılan bazı prebiyotikler ve hedef bakteriler. [38].

Prebiyotik	Bakteri
IMO	Bifidobacterium spp.
	Lactobacillus spp.
FOS	Lactobacillus spp.
	Bifidobacterium spp.
MOS	Lactobacillus spp.
GOS	Lactobacillus spp.

Prebiyotiklerin su ürünlerinde uygulama alanı oldukça geniştir. Özellikle son yıllarda su ürünleri yetiştiriciliğinde, prebiyotik kullanımının patolojik bakteriyel yükü azaltmak, canlı ağırlık artışı, yemden yararlanma ve immün sistem üzerine etkileri konusunda araştırmalar artış göstermektedir [5-41-42-43].

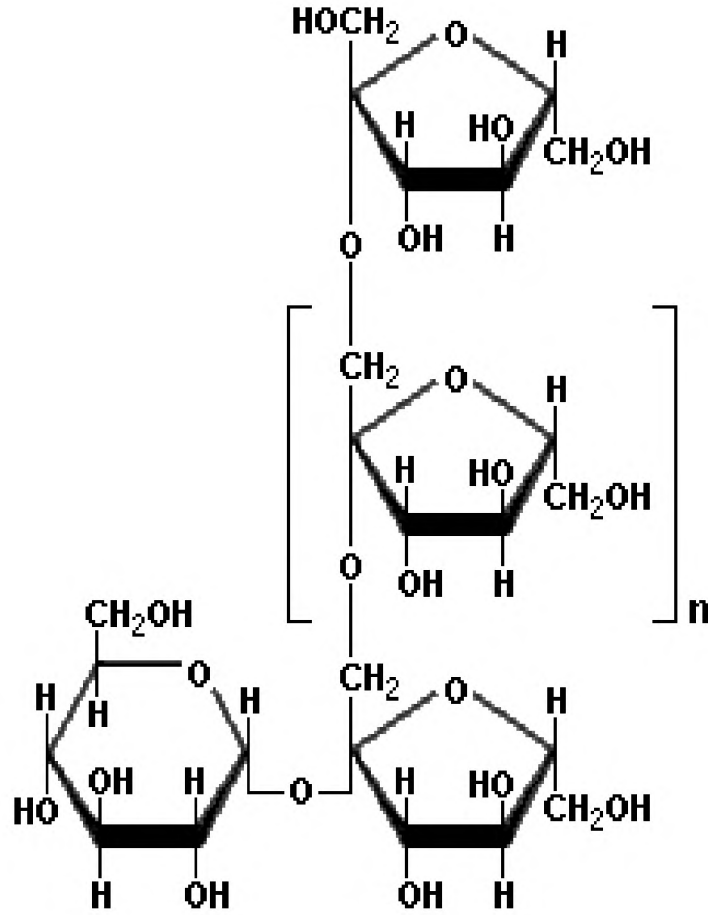
Su ürünleri yetiştiriciliğinde fonksiyonel gıda katkısı olarak kullanılan prebiyotik maddelerin etki mekanizmalarının hepsi tam anlamıyla bilinmemektedir. Prebiyotik bir madde bir tür için olumlu sonuçlar verirken diğer tür için aynı sonucu veremeyebilmektedir. Bu sebeple prebiyotiklerin yetiştiriciliği yapılan türlerden hangileri için uygun olacağı, yetiştiricilik yapılan çiftliklere ekonomik olarak herhangi bir katkı sağlayıp sağlamayacağı ve yetiştiricilik faaliyetinin hangi aşamasında ne dozda kullanılacağı bu maddelerle ilgili yapılacak kapsamlı araştırmalar sonucunda ortaya çıkarılabilecektir.

Su ürünleri yetiştiriciliğinde yukarıda adı geçen prebiyotikler ile ilgili olarak yapılmış birçok araştırma bulunmaktadır. Bu çalışmada prebiyotik olarak inülin kullanıldığı için inülin ile yapılmış çalışmalar değerlendirilmiştir.

2.2.3. İnülin

İnülin, düz zincirli β -(2→1) bağlarıyla bağlı fruktoz molekülleri ($n \sim 35$) ile uçta sükroz molekülünden oluşan oldukça yaygın bir polifruktandır [44]. Şekil 2.4.' de inülinin yapısı verilmiştir.

İnülin doğal olarak bitkisel kaynaklardan izole edilmektedir. İnülin yenilebilir tahıllar, meyve ve buğday ile soğan, pırasa, sarımsak, kuşkonmaz, enginar gibi sebzeler ve muzda bulunmaktadır [45]. Çizelge 2.5.' de bazı bitkilerin içeriğinde bulunan inülin miktarları gösterilmiştir. İnülin özellikle endotermik hayvanların kolonunda, bağırsak florası üzerinde faydalı bir etkiye sahip olduğu bildirilmektedir [46]. İnülin balık yemlerinde doğal bir lif olmasa da, su ürünleri yetiştiriciliğinde yararlı bağırsak bakterilerini teşvik yoluyla patojenleri bastırabilmekte ve bağışıklık yanıtını artırma özelliğine sahip olabileceği ve çözünmeyen inülinin, (γ -inülin) savunma mekanizmasında adjuvan aktivitesine sahip olduğu ileri sürülmüştür. Çünkü balıklarda doğal bağışıklığın bir göstergesi olan Alternative Complement Patway / Tamamlayıcı aktivasyonu (ACP) savunma sistemini harekete geçirmektedir [47]. ACP aktivasyonu sırasında, birkaç tamamlayıcı parça aktivasyon basamakları sırasında serbest bırakılır. Serbest bırakılan bu parçaların bazıları özel reseptörler barındıran lökositler üzerinde farklı etkilere (anafilatoksik ve kemotaktik) sahiptirler. İnülin (α ve γ) çözünür formlarının tamamlayıcı aktivasyon özelliklerine sahip olduğuna inanılmamaktadır. [13].



Şekil 2.4. İnülinin yapısı [48].

İnülin, hem ilginç besinsel hem de önemli teknolojik özellikleri olan bir bileşiktir. Gıda formülasyonlarında, inülinin geniş bir uygulaması vardır ve gıdalarda organoleptik özellikleri önemli ölçüde geliştirmektedir. Özellikle, gıdalarda köpük ve emülsiyonların stabilitesini artırırken, suda jel formunda kullanıldığında, yağ benzeri davranış göstermektedir. Sonuç olarak gıdalarda inülin yağ ve karbonhidrat ikamesi olarak kullanılmakta ve besinsel yararlar sağlamakta, tat ve tekstürde de değişiklik oluşturmaktadır. Bu nedenle inülinin, dengeli ve iyi bir tada sahip gıdaların üretiminde yeni fırsatlar vaat eden anahtar bir bileşen olduğu bildirilmiştir [49].

Çizelge 2.5. Bazı bitkilerde bulunan inülin miktarı [49].

Bitki	Yenilen Kısım	Kuru Madde İçeriği (%)	İnülin içeriği (%)
Soğan	Soğan	6-12	2-6
Yerelması	Yumru Kök	19-25	14-19
Hindiba	Kök	20-25	15-20
Pırasa	Soğan	15-20*	3-10
Sarımsak	Soğan	40-45*	9-6
Enginar	Yaprakları, göbeği	14-16	3-10
Muz	Meyve	24-26	0,3-0,7
Çavdar	Hububat	88-90	0.5-1*
Arpa	Hububat	na	0.5-1,5*
Karahindiba	Yaprakları	50-55*	12-15
Dulavratotu	Kök	21-25	3,5-4,0
Yabani Sümbül	Soğan	31-50	12-22
Murnong	Kök	25-28	8-13
Yacon	Kök	13-31	3-19
Tekesakalı	Kök	20-22	4-11
NA, Bilgi yok. *Tahmini değer.			

Ortalama ağırlıkları 218 g olan Alp alabalığı (*Salvelinus alpinus*) ile yapılan dört hafta süren bir çalışmada yeme 150 g/kg inülin eklenmişler ve sonucunda balıkların bağırsaklarında hasar meydana geldiğini ve enterositler üzerinde inülinin zarar verici etkisi gözlenmiştir. Araştırmacılar bu etkinin nedeninin katmanlı yapıları ve büyük vakuollerin birikimi ile bağlantılı olabileceğini tahmin etseler de net bir kanıt sunamamışlardır [50].

Ortalama ağırlıkları 218 g olan ve yemlerine 150 g/kg inülin eklemiş Alp alabalığı (*S. alpinus*) ile dört hafta süren bir çalışmada, inülinin son bağırsakta (distal bağırsak) bulunan aerobik ve fakültatif aerobik bakteriler üzerinde etkisini incelenmiştir. Çalışma sonucunda yapılan analiz inülin ile beslenen Alp alabalığının son bağırsağında kolonize olmuş bakterilerin kompozisyonunda *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Carnobacterium* ve *Bacillus*'un gram-pozitif türlerinin baskın olduğunu bildirilmiştir [51].

Deniz suyunda yetiştirilen ortalama ağırlıkları 172 g olan Atlantik somonu (*Salmo salar*) ile yapılan üç haftalık bir çalışmada; soya küspesi ve balık ununa 75 g/kg inülin eklenmiş yemlerle besleyerek balıkların sindirim parametreleri ve bağırsak florası üzerine etkilerini değerlendirilmiştir. Araştırmacılar, bu seviyede inülinin son bağırsağa zarar vermediğini ve

bağırsak villusunun artışı uyardığını ancak gastrointestinal sisteminin besin hidrolitiğini ve emme kapasitesini etkilemediğini bildirmişlerdir [52].

5, 10 g/kg inülin içeren yemlerle beslenen çipura (*Sparus aurata* 175 g) ile yapılan in vivo çalışmada lökositler tarafından fagositoz ve solunum patlamasının engellediğini gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda araştırmacılar, çipura lökositlerinin inülin için reseptöre sahip olmadığını ve inülinin çipura için uygun prebiyotik olmadığını ileri sürmüşlerdir [53].

Ağırlıkları 213 g olan Sibirya Mersin balığı (*Acipenser baerii*)'nın spiral valfinde mikrobiyal fermentasyon üzerine 20g/kg inülin etkisini değerlendirmek için yapılan bir aylık çalışma sonucunda, inülin eklenmiş yem ile beslenen balıkların sonuç olarak spiral valf içeriğinde ki toplam SCFA ve laktat miktarında anlamlı bir fark olmadığı bildirilmiştir. Araştırmacılar, bütirat üretiminin 20 g/kg selüloz ile takviye edilmiş bir yem ile beslenen kontrol grubundan anlamlı ölçüde yüksek olduğunu ve inülin eklenmiş yemlerde gaz üretiminin önemli ölçüde arttığını belirtmişlerdir. Bu sonuçlara göre, araştırmacılar SCFA üretimi nedeniyle bağırsak florasının substrat olarak inülini kullanabileceğini ileri sürmüştür [54].

Kalkan balığı (*Psetta maxima*) ile yapılan bir çalışmada balıkların yemlerine 20 g/kg inülin, oligofruktoz, laktosükroz eklenmiş; kontrol grubunda ise 20 g/kg selüloz kullanılmıştır. Balıkların final ağırlıklarına bakıldığında önemli farkın oligofruktoz içeren yemle beslenen grupta olduğu ($p<0,05$) gözlenmiştir [55].

10 g/kg inülin ve Grobiotic-A eklenmiş yemlerle 6 hafta boyunca beslenen denizgüzeli (*Sciaenops ocellatus*) ile yapılan çalışma sonucunda araştırmacılar, YDO ve ağırlık kazancı değerlerinin kontrol grubuna göre önemli derecede daha iyi saptandığını bildirmişlerdir [56].

10, 20, 30 g/kg inülin içeren yemlerle beslenen Mersin balığı (*Huso huso*, 16,14±0.38 g) ile yapılan 8 haftalık çalışma sonucunda; ağırlık kazancı, spesifik büyüme oranı (SBO), protein etkinlik oranı (PEO) ve YDO kontrol grubuna göre daha düşük gözlemlenmiş, ancak %1 inülin içeren yemle beslenen balıklarda 4. haftadan itibaren bağırsaklarındaki toplam bakteri sayısı azalırken laktik asit bakteri sayısının arttığı ve yaşam oranının diğer gruplara göre daha yüksek olduğu bulunmuştur ($p<0,05$) [57].

Gökkuşak alabalığının (*O. mykiss*) büyüme performansı üzerine inülinin etkinliğinin araştırıldığı 8 haftalık bir besleme denemesinde, başlangıç ağırlıkları 15,58 g olan balıklar farklı oranlarda (%0, %1, %2, %3) inülin ilave edilmiş yemlerle beslenmişler. Çalışma sonunda ağırlık kazancı ve SBO değerlerinin bazal diyetle beslenmiş olan grupta inülin içerikli yemle beslenmiş olan gruplara göre önemli derecede daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ancak YDO, yem verimlilik oranı (FE), PEO ve kondisyon faktörü (CF) değerlerinin tüm gruplarda önemli derecede farklılık göstermediği bildirilmiştir [58].

Yapılan diğer bir çalışmada farklı oranlarda (%1, %2 ve %3) inülin ilaveli yemlerin yavru Mersin balıklarında (*H. huso*) büyüme performansı üzerine olan etkileri incelenmiştir. Araştırmada balıklar 8 hafta boyunca inülin içeren yem ile beslenmişler ve inülin içeren grupların SBO'ları sırasıyla %/gün $2,21 \pm 0,11$, %/gün $2,25 \pm 0,1$ ve %/gün $1,99 \pm 0,07$ olarak belirlenmişken en yüksek yüzde ağırlık kazancını kontrol grubunda % $325,12 \pm 41,37$ olarak tespit etmişlerdir [59].

Nil tilapyası (*Oreochromis niloticus*) ile yapılan çalışmada yemlerine 5 g/kg inülin eklenmiş balıklar 8 hafta süreyle beslenmişler ve çalışma sonucunda inülin eklenmiş grubun kontrol grubuna göre daha iyi bir büyüme sağladığı ortaya konulmuştur. Buna ek olarak immün sistem parametrelerinden lizozim aktivitesinin geliştiği de ortaya konulmuştur [60].

Juvenil Mersin balığı (*H. huso*) ile yapılan 8 haftalık bir çalışmada; 0, 10, 20 ve 30 g/kg inülin eklenmiş yemlerle besleme yapılmıştır. Deneme grupları arasında serum enzimleri, kırmızı kan hücresi (RBC), eritrositlerdeki hemoglobin miktarı (MCH), glikoz, albümin, kolesterol, trigliserid ve ürik asit bakımından bir fark görülmemiştir ($p > 0,05$). Ancak 10 g/kg inülin eklenmiş yemle beslenen balıkların hematokrit, beyaz kan hücresi (WBC) ve lenfosit değerleri diğer gruplara göre önemli derecede daha iyi tespit edilmiştir ($p < 0,05$) [61].

Laboratuvar şartları altında karidesler (*Litopenaeus vannamei*)'in bağırsak florasındaki laktik asit bakterisi (LAB) yoğunluğu üzerine inülinin etkisinin incelendiği bir çalışmada, 73 günlük besleme süresi sonunda muamele grupları arasında LAB yoğunluğu bakımından gelişme görülmediği bildirilmiştir [62].

Çipura balıkları (*S. aurata*) ile yapılan bir çalışmada, balıklar 4 hafta süresince inülin (10g/kg), *Bacillus subtilis* (10^7 kob/g) ve inülin+*Bacillus subtilis* (10g/kg+ 10^7 kob/g) ilaveli yemler ile beslenmiştir. Deneme sonunda balıkların bağırsak floralarını incelenmiş ve diyetlerin bakteriyel çeşitliliği azalttığı tespit edilmiştir [63].

100 g başlangıç ağırlığındaki sivriburun karagöz (*Diplodus puntazzo*)'leri 150 gün boyunca 8 g/kg MOS ve inülin içeren yemlerle beslenmişler; sonuçta büyüme parametrelerinde herhangi bir fark bulunmamıştır [64].

FOS ve inülin eklenmiş (5 ve 10 g/kg) yemlerle gökkuşağı alabalıkları (*O. mykiss*) kırk dokuz gün süreyle beslenmişlerdir. Çalışma sonucunda 10 g/kg FOS ve 5 g/kg inülin eklenmiş yemle beslenen balıklarda daha iyi büyüme ve YDO belirlenmiştir. Bununla birlikte fileto kalsiyum miktarı FOS ve inülin eklenmiş yemle beslenen balıklarda artış göstermiştir ($P < 0,03$) [65].

5, 10 g/kg inülin içeren yemlerle beslenen sazan (*Cyprinus carpio*, $0,55 \pm 0,02$ g) ile yapılan 7 haftalık çalışma sonucunda; inülin ile beslenen balıkların büyüme performansı ve yem kullanımında önemli fark bulunamamış ancak inülinin yaşam oranını önemli derecede artırdığı gözlemlenmiştir [66].

Nil tilapia (*O. niloticus*)'sı ile yapılan 8 haftalık bir çalışmada; Balıklar 0, 2,5, 5 ve 10 g/kg inülin içeren yemlerle beslenmişlerdir. İnülin katkılı yemlerle ile beslenen balıkların kontrol grubundan daha iyi büyüme gösterdiği saptanmıştır. Balıkların kan içeriğine bakıldığında; RBC, glikoz, albümin, protein, magnezyum, kalsiyum ve demir miktarının daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir ($p<0,05$). 5 g/kg inülin eklenmiş yemle beslenen balıkların lizozim aktivitesi ve alternatif hemolitik bileşeni (ACH50) geliştiği ve bağırsak villi ve goblet hücre sayılarını arttırdığı belirlenmiştir. 10 g/kg inülin içeren yemle beslenen balıkların büyüme ve sağlık parametrelerinin olumlu yönde etkilendiği saptanmıştır [67].

0, 5, 10, 15 ve 20 g/kg inülin eklenmiş yemlerle 60 gün boyunca beslenen Asya levreği (*Lates calcarifer*) ile yapılan çalışma sonucunda; SBO ve YDO kontrol grubuna göre önemli ölçüde daha iyi saptanmış, ancak son ağırlık ve ağırlık kazancının ikinci derecede önemli bir seyir izlediği belirtilmiştir [68].

Güney Asya sazanı (*Labeo rohita*, 52g), *Paenibacillus polymyxa* 10^6 cfu/ml + 0,5, 1, 2, 4 g/kg inülin içeren yemlerle beslendiği çalışma sonucunda en iyi büyüme performansı ve hayatta kalma oranı 10^6 cfu/ml + 2 g/kg inülin içeren grupta gözlemlenmiştir [69].

2.3. Enzimler

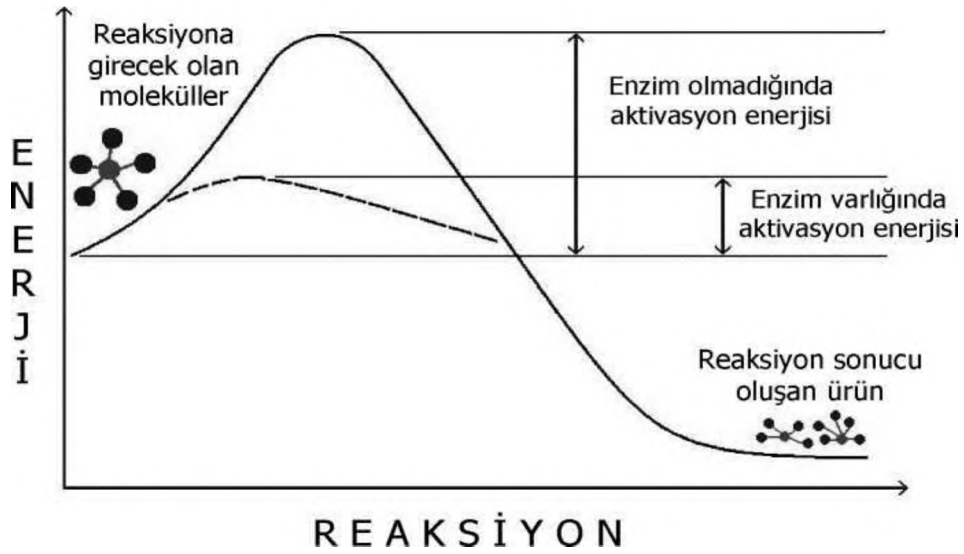
2.3.1. Enzimin Tanımı

Enzim, biyolojik sistemlerdeki reaksiyonların canlıya zarar vermeyecek şekilde, uygun koşullarda gerçekleşmesini sağlayan protein yapısındaki biyokatalizör olarak tanımlanmaktadır. Bilindiği gibi katalizör, kimyasal tepkimeye girerek tepkimeyi hızlandıran ve tepkime sonunda hiçbir değişikliğe uğramadan çıkan maddedir [70]. Sonuçta enzimler, canlıların yaşamsal faaliyetleri için gerekli biyolojik aktivitelerini düzenleyen reaksiyonlarda katalizör görevi yapan, tepkimeleri hızlandıran ve enerji kullanımı azaltarak verimi artıran protein yapısındaki maddelerdir.

Farklı araştırmacılar enzimlerin belirli koşullarda (sıcaklık, nem ve pH) biyolojik katalizör olarak görev alan özel substratlarla aktif duruma geçebilen, optimal koşullarda biyokimyasal reaksiyonların hızlarını 10^8 misli artırabilen ve biyolojik olayları katalize ettikten sonra tekrar eski yapılarına dönebilen ve spesifik etkilerini koruyan ve gerektiğinde yeniden aktif duruma geçebilen yapılar olduğunu belirtmişlerdir [71-72-73-74]. Şekil 2.5.' de enzimlerin genel çalışma prensibi gösterilmiştir.

Normal şartlarda, canlı organizmaların yaşamına devam edebilmesi için hücre içinde gerçekleşen yüzlerce metabolik tepkime sonucunda meydana gelen yüksek enerji, ısı artışına sebep olacak ve proteinlerin yapısını bozarak canlıya zarar verecektir. Hücredeki bu kimyasal

tepkimelerin canlıya zarar vermeyecek koşullarda, düşük enerji kullanımıyla ve vücut ısısında gerçekleşebilmesi ancak enzimlerin varlığı ile mümkündür [75-76].

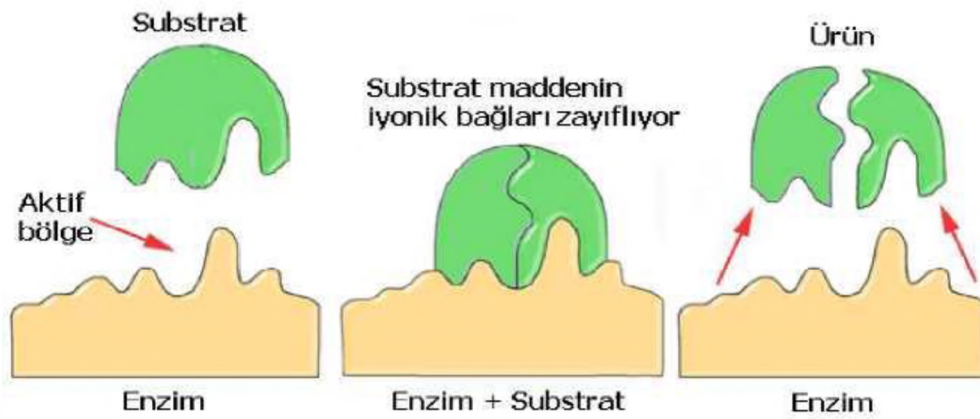


Şekil 2.5. Enzimlerin genel çalışma prensibi [76].

2.3.2. Enzimlerin Özellikleri

Canlı hücreler tarafından biyolojik koşullarda sentezlenen enzimler oldukça özel yapı kazanmış ve amino asitlerin primer dizilişi genler tarafından belirlenen düzende gerçekleştirilen büyük protein molekülleridir. Enzim yapısında bulunan amino asitlerin özel dizilişi, enzimin belirli bir spesifite ve kuarterner yapı kazanmasını sağlar. Dolayısıyla enzimler intermedier metabolizmasını oluşturan binlerce kimyasal reaksiyonu yöneten moleküllerdir. Enzimler bir ya da daha çok substratı etkilerken aktivite göstermek için bazen koenzime, bazen de kofaktöre gereksinim duymaktadır. Bir enzimin ürünü, diğer bir enzimin substratı olmakta ve bu karşılıklı etkileşimler hücre metabolizmasının düzenlenmesinde etkin rol oynamaktadır [75-76-77]. Enzimlerin genel özellikleri ve çalışma mekanizmaları sekiz temel madde içinde tanımlanabilir.

1. Enzimlerin etki ettiği maddelere *substrat* adı verilmektedir. Enzim-substrat ilişkisi o enzimin spesifitesini oluşturur ve anahtar-kilit mekanizması esas alınarak tanımlanmıştır. Yalnız belirli bir anahtarın kilide uyduğu gibi substrat ta sadece belirli bir enzimin aktif merkezine uymaktadır. Enzim molekülünde aktif bölge adı verilen özel bir bölüm yani reaksiyon merkezi bulunur. Enzim, ilgili substratına geçici olarak bu aktif bölgeden bağlanır ve enzim-substrat bileşiği meydana gelir. Enzimler substrata dış yüzeyinden etki eder ve bunun ardından substrat parçalanarak bir yâda iki ürüne dönüşür. Şekil 2.6.' da Substrat-Enzim mekanizması gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Substrat-Enzim mekanizması [76].

2. Organizmada yaşamsal faaliyetlerin sürdürülmesi için gerçekleşen reaksiyon sayısı kadar enzim çeşidi bulunmakta ve her enzim belirli bir reaksiyonu katalizlemektedir.

3. Enzimler genellikle tersinir reaksiyonlara katılır yani reaksiyonlar çift yönlü çalışmaktadır. Ancak sindirim enzimleri bu kuralın dışında kalmaktadır. Çünkü oluşan ürünün hemen organizma tarafından enerji olarak kullanılmak üzere değerlendirilmesi ve çoğunlukla sindirim enzimlerinin inaktif şekilde sentezlendikten sonra başka bir tepkime ile aktif hale geçmesi bu kuralı bozmaktadır.

4. Belirli bir apoenzim çeşidi belirli bir koenzim ya da kofaktör ile birlikte çalışmaktadır. Ancak bir koenzim ve kofaktör, birden fazla enzimle çalışabilmektedir. Bu nedenle var olan enzim sayısı ve çeşidi, kofaktör ve koenzim sayısından daha fazladır.

5. Enzimler düşük enerji ve ısı kullanarak çok hızlı çalışırlar.

6. Enzimler biyolojik katalizör oldukları için girdikleri tepkimelerden değişmeden çıkmakta ve aynı reaksiyonu tekrar tekrar katalizlemektedir.

7. Enzimatik reaksiyonlar belirli bir düzen içinde gerçekleşmektedir. Herhangi bir reaksiyon sonucu oluşan ürün, bir sonraki reaksiyonun substratı olabilmektedir.

8. Enzimler aktif yâda inaktif olarak bulunabilirler. İnaktif konumdaki enzim adlandırılırken katalizlediği reaksiyonun sonuna -jen ekini alır. Enzim aktif konumda ise katalizlediği reaksiyonun sonuna -az eki alır [75-76].

2.3.3. Enzimlerin Aktivitesini Etkileyen Faktörler

Enzim aktivitesi tanımlanırken protein miktarından çok biyolojik sistemde gösterdiği aktivite miktarından söz edilmektedir. Enzimler biyolojik sistemlerde genellikle çok küçük miktarda bulunur ve reaksiyona girer.

2.3.3.1. Sıcaklık

Enzimlerin en iyi çalışabileceği optimal sıcaklıklar 25-37°C dolayındadır. Enzimler protein yapısında moleküller oldukları için öncelikle ortam sıcaklığından büyük ölçüde etkilenirler.

2.3.3.2. pH

Enzimlerin reaksiyon hızı ortamın farklı hidrojen iyonu konsantrasyonuna bağlı olarak değişmektedir. Enzimin en fazla aktivite gösterdiği optimum pH derecesinin her iki yanında (asidik yâda bazik ortamlarda) enzim reaksiyonu yavaşlamaktadır.

2.3.3.3. Enzim Konsantrasyonu

Enzim reaksiyonunun hızı, enzimin substratına doymuş olduğu koşullarda enzim konsantrasyonuna bağlı olarak lineer bir şekilde artmaktadır. Bunun nedeni de enzim moleküllerinin birbirinden bağımsız halde çalışmasıdır.

2.3.3.4. Substrat Konsantrasyonu

Enzim substratı ile birlikte ES kompleksini yaptıktan sonra substrat parçalanarak ayrılmakta ve enzim yeniden serbest hale geçerek yeniden bir substrat bulur ve reaksiyona girer. Ortamdaki substrat konsantrasyonu arttıkça serbest bu işlen daha hızlı işler.

2.3.3.5. Zaman

Bir enzim reaksiyonunun hızı belirli bir zamanda üretilen ürünün miktarı ile belirlenir ve zamanın aşılması ortamın pH derecesini değiştirir. Bu değişim enzimlerin çalışmasını etkiler.

2.3.3.6. Diğer İyon ve Kimyasal Maddelerin Etkisi

Özellikle sindirim enzimlerinde olduğu gibi inaktif şeklinde sentezlenen enzimlerin aktif konuma geçebilmeleri için bir takım iyon ya da enzimlerle reaksiyona girmesi gerekmektedir.

Enzimatik reaksiyonlar sırasında ortamda serbest halde ağır metal iyonlarının bulunması aktivite hızını azaltır ve enzim üzerinde inhibitör (engelleyici) etkisi gösterir.

2.4. Sindirim Enzimleri

Tüm canlılar yaşamsal faaliyetlerin devam ettirebilmek için alınan besin maddelerini çeşitli kimyasal tepkimeler ile temel bileşenlerine ayırabilmesi gerekmektedir. Her biri kendi içinde karmaşık bir yapı sergileyen bu tepkimelerin meydana gelmesinde temel bileşen sindirim enzimleridir. Alınan besin maddesine tutunan enzimler, bu maddeleri hızlı bir şekilde temel bileşenlerine ayırırlar.

Balıklarda sindirim olayı temel olarak enzimlere bağlıdır. Sindirim enzimleri; karbonhidratların sindiriminde kullanılan ‘amilazlar’, yağların sindiriminde kullanılan ‘lipazlar’ ve proteinlerin sindiriminde kullanılanlar da ‘proteazlar’ olarak sınıflandırılırlar. Ancak bu sınıflandırma çok genel olup balıklarda sindirimde görev yapan çok sayıda enzim bulunmaktadır.

Enzim aktivitesi, sindirim kanalı boyunca organlara ve aynı organ içinde bölgelere, günün saatine, mevsimlere, balığın aç ya da tok oluşuna, balığın yaşına ve alınan yem gibi birçok değişkene göre farklılık gösterir. Herhangi bir anda meydana gelen sindirim ortamda bulunan enzimin miktarından çok enzim aktivitesine bağlıdır.

Proteinleri parçalayan sindirim enzimleri başlangıçta pankreas ve mideden bir proenzim şeklinde sentezlenmektedir. Bu proenzimler bir ya da daha çok peptid bağının koparılması ya da belli uzunlukta bir peptid kısmının asıl zincirden uzaklaştırılması ile aktif hale gelirler.

Mide ve bağırsaklarda aktivite gösteren sindirim enzimleri başlangıçta inaktif olarak sentezlenmektedir. Proteinleri parçalayan enzimleri sentezleyen hücreler, kendilerini korumak için bu enzimleri inaktif formda ve bir proenzim halinde sentezlemektedir. Aksi halde, bu enzimler sentezledikleri hücrenin proteinlerini sindirir ve bunun sonucunda kendi kendini tahrip eder. Bu proenzimlerin aktivasyonu sadece sindirim kanalı içinde gerçekleşmektedir [75-78].

Farklı beslenme alışkanlıkları olan gökkuşağı alabalığı (*O. mykiss*), çipura (*S. aurata*), Avrupa yılan balığı (*Anguilla anguilla*), sazan (*C. carpio*), altın balık (*Carassius auratus*), ve kadife balığı (*Tinca tinca*) ile yapılan araştırmada türlerin proteolitik ve amilaz enzimleri aktivitelerini karşılaştırılmıştır. Gökkuşağı alabalığı ve sazan en yüksek proteolitik aktiviteyi göstermiştir. Avrupa yılan balığı haricindeki diğer türlerde proteolitik aktivite, sindirim sisteminde pH’ın alkali olduğu yerlerde yüksek bulunmuş ve Avrupa yılan balığı en düşük proteolitik aktiviteyi göstermiştir. Omnivor türlerdeki amilaz aktivitesi karnivor türlere göre daha yüksek bulunmakla beraber, türler arasında en düşük amilaz aktivitesi gökkuşağı alabalığında en yüksek aktivite sazan da görülmüştür [79].

Ticari yeme yeni geçmiş alabalıklar ile yapılan bir çalışmada bir ay boyunca iki farklı su kaynağı kullanarak; kontrol yemi, 10^6 CFU/g *Saccharomyces cerevisiae* ve 10^6 CFU/g *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* suşları eklenmiş deneme yemleri ile beslenmişlerdir. Sonuç olarak alkali fosfataz, γ -glutamil transpeptidaz ve lösin-amino-peptidaz enzimlerinin aktivitesinde mayanın etkili olduğu raporlanmıştır. Yemlemeye başladıktan 10 ve 20 gün sonra kaynak suyunda yetiştirilen balıklarda *S.cerevisiae* var. *boulardii* suşu eklenmiş yemlerle beslenen balıklar kontrol grubu ve *S. cerevisiae* suşu eklenmiş yemle beslen grup ile karşılaştırıldığında daha yüksek enzim aktivitesi gösterdiği ve sindirimi sisteminin daha erken olgunlaştığı gözlemlenmiştir [80].

Açlık tokluk periyodu uygulanan Mersin balığı (*Acipenser naccari*) ve gökkuşağı alabalığı (*O.mykiss*) ile yapılan bir çalışmada türlerin sindirim enzimleri aktiviteleri incelenmiştir. Araştırmanın sonunda, sindirim enzimi aktiviteleri her iki tür içinde aynı oranda etki göstermiştir. 1 ay açlıktan sonra her iki türde protein ve lipid sindirimini yeniden düzenlemektedir. Açlıktan 72 gün sonra makro nutrientlerin sindirimi, sindirim sisteminin kapasitesini göstermektedir. 60 gün tekrar beslendikten sonra bu iki türde amilaz aktivitesinin değeri azalmıştır [81].

Alabalıklarda sindirim enzim aktivitelerinin belirlenmeye çalışıldığı bir araştırmada, ortalama ağırlıkları 14 g olan alabalıkların yemleri kontrol, 10 g/kg sarımsak tozu ilaveli, 10 g/kg zencefil tozu ve 15 g/kg lipopolisakkarit (LPS) tozu eklenmiş olacak şekilde hazırlanmıştır. Sonuç olarak sarımsak pepsin aktivitesini LPS ve zencefile göre daha fazla arttırmış, asit proteaz aktivitesini LPS ve sarımsak kontrol grubuna göre önemli derecede ($p<0,05$) arttırmış, tripsin ve hepato pankreas proteolitik enzim ve tripsin aktivitesinde deneme grupları arasında önemli bir fark bulunamamıştır ($p>0,05$), alkali fosfataz aktivitesi ise sarımsak, zencefil ve LPS gruplarında kontrol grubuna göre önemli derecede ($p<0,05$) artmıştır [82].

Siyah kaplan karidesi üzerine probiyotik bakteriler *Bacillus subtilis* ve *Enterococcus spp.* büyüme ve sindirim enzim aktiviteleri ile ilişkisinin incelendiği bir çalışmada; post larva dönemindeki siyah kaplan karidesleri 84 gün süreyle kontrol ve 10^{10} CFU/ml probiyotik eklenmiş yemlerle beslenmişlerdir. Deneme sonunda probiyotik ilaveli yemle beslenmiş karideslerin büyüme ve hayatta kalma oranları kontrol grubuna göre daha iyi ($p<0,05$) saptanmış, tripsin aktivitesi gruplar arasında bir fark gözlemlenmemiştir ($p>0,05$) [83].

95,6 g ağırlığındaki sarıkuyruk (*Seriola lalandi*) bireyleri üzerinde yapılan çalışmada, araştırmacılar, balık yağının kanatlı ve kanola yağı ile % 50 oranında değiştirilmesi ile hazırlanan rasyonlarla, iki farklı sıcaklık değerinde (18 °C ve 22 °C) beş hafta beslemeye tabi tutulan balıkların sindirim enzimi aktivitelerine ve gastrointestinal histolojik değişimlerine bakmışlardır. Araştırma sonunda, 18 °C' de beslenen balıkların amilaz, lipaz ve tripsin aktiviteleri 22 °C'de beslenen bireylere göre daha düşük bulunmuştur. Genel olarak amilaz

aktivitesi beslenmeden etkilenmemiştir. Tripsin aktivitesi, kanola yağı ile beslenen balıklarda, %100 balık yağı, %50 balık yağı ve %50 kanatlı yağı ile beslenen gruplara göre daha düşük bulunmuştur. Tripsin aktivitesindeki bu azalışın kanola yağının içindeki antinutrient maddelerden dolayı olduğu bildirilmiştir. Bununla birlikte lipaz aktiviteleri kanola yağı ile beslenen balıklarda her iki sıcaklıkta da önemli derecede düşük bulunmuştur. Bağırsak histolojisinde incelendiğinde ise yemlerin bağırsaklarda gastroenterite (iltihaplanmaya) neden olmadığı görülmüştür. Her iki sıcaklıkta da % 100 balık yağı içeren grupta goblet hücrelerinin miktarında bir yükseliş görülmüştür [84].

Ortalama ağırlıkları 62.4 g olan alabalıkların yemlerinde kullanılan farklı pirinç proteini oranının gastrointestinal sistemdeki histolojik ve biyokimyasal tepkilerinin araştırıldığı çalışmada 360 juvenil alabalık 12 tanka rastgele dağıtılmış ve balık unu yerine % 20, 30 ve 53 oranlarında pirinç proteini ilave edilen yemlerle beslenmiştir. 94 günlük araştırma sonunda total proteaz, amilaz ve lipaz aktivitelerinde aktivitesi yeme eklenen pirinç protein oranından etkilenmemiştir. Deneme grupları arasında histopatolojik değişimler gözlenmemiştir. Sonuç olarak yemde kullanılan pirinç protein oranının alabalıkların bağırsak morfolojisi ve sindirim enzimleri aktivitesine olumsuz bir etkisi olmadığı bildirilmiştir [85].

Çipura larva kültüründe probiyotik bakterilerin kullanım olanakları ve larval dönem üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada; yeşil su tekniğinde 3 tekrarlı sürdürülen denemeler kapsamında çipura larvalarının ilk 20 günlük besleme döneminde canlı yeme ve tank ortamına *Bacillus spp.* grubu probiyotik uygulaması yapılmış ve 40 gün boyunca büyüme parametreleri ile sindirim enzim aktiviteleri izlenmiştir. Sonuç olarak, büyüme parametreleri açısından deneme grubu ile kontrol grubu arasındaki farklılıklar önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Bununla birlikte, eksojen besin alımı ile eş zamanlı olarak pankreatik sekresyon tespit edilmiş ve alkalın proteaz aktivitesi açısından deneme grubu ile kontrol grubu arasındaki farklılık önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Fonksiyonel mide oluşumu ve asit proteaz aktivitesi larvalarda 35. günde tespit edilirken denemeler sonunda deneme grubu ile kontrol grubu arasında herhangi bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0,05$) [86].

% 50 protein ve % 12 lipit içeren yemlere % 1 ve % 2 oranında fermentasyon sonucu elde edilmiş maya (BSY, *Saccharomyces pastorianus*) eklenmiş ve bu yemlerle 4 hafta boyunca günde iki kez beslenmiş sargoz (*Diplodus sargus*) ve sariağz (*Argyrosomus regius*) bireyleriyle yapılan araştırmada sonucunda; sargoz ve sariağzların deneme sonu sindirim enzimleri, lipaz, amilaz ve proteaz aktivitelerine bakılmıştır. Sariağzda deneme sonu, bağırsaktaki en yüksek amilaz aktivitesi 8.92 ile kontrol grubunda bulunmuştur. Bunu 7.73 ile % 2 BSY izlemiştir. En düşük aktivite de 4.44 ile % 1 BSY'de tespit edilmiştir ($p<0,05$). Buna karşın, Sargoz balığındaki amilaz aktiviteleri, sariağz balığındaki aktiviteden fazla olmakla beraber bağırsaktaki en yüksek amilaz aktivitesi 69.91 ile % 2 BSY'de tespit edilmiştir ($p<0,05$). Bunu 50.91 ile % 1 BSY izlemiş

en düşük aktivite ise 42.86 olarak kontrol grubunda bulunmuştur. Lipaz aktiviteleri ise sarıağızdaki en yüksek aktivite 98.82 olarak % 2 BSY'de , 93.58 ile kontrol grubunda ve en düşük aktivite ise % 1 BSY 'de 93.12 olarak tespit edilmiştir ($p>0,05$). Buna karşın sargoz balığında, bağırsaktaki en yüksek lipaz aktivitesi 178.76 ile % 1 BSY'de tespit edilmiş bunu % 2 BSY grubu, 167.11 ile izlemiştir. En düşük aktivite ise, 165.25 ile kontrol grubunda saptanmıştır ($p<0,05$). Protein sindiriminde önemli olan proteaz aktivitesi, sarıağızda en yüksek 159.06 ile kontrol grubunda bulunmuş, bunu 124.73 ile %2 BSY izlemiştir. En düşük aktivite ise, 97.55 ile % 1 BSY'de belirlenmiştir ($p<0,05$). Sargoz için en yüksek ptoteaz aktivitesi 134.62 ile % 1 BSY'de bulunmuştur. Bu değeri 98.39 ile % 2BSY izlemiş ve en düşük aktivite ise 87.52 olarak kontrol grubunda belirlenmiştir ($p<0,05$). Sonuç olarak, sindirim enzimlerinin aktivitelerinin balıkların türüne ve beslenme alışkanlıklarına bağlı olduğunu ve BSY'nin karbonhidrat sindirimini tetiklediğini belirtilmiştir [87].

Ortalama ağırlıkları 10 ± 1 g olan sazan (*C. carpio*) balıklarıyla 60 gün süreyle yapılan bir çalışmada balıkların yemlerine sırasıyla 0,5, 1 ve 1,5 g/kg Biomin® IMBO synbiotic ilave edilmiştir. Yeme eklenen simbiyotiğin ağırlık kazancı, boyca uzama, SBO, ortalama ağırlık değerlerini önemli derecede arttırdığı gösterilmiştir ($p<0,05$) ancak yaşama oranlarında bir fark gözlenmemiştir ($p>0,05$). Tripsin ve kimotripsin aktiviteleri kontrol grubuna göre önemli derecede artarken ($p<0,05$), α -amilaz, lipaz ve alkali fosfataz enzimlerinde önemli bir fark gözlenmemiştir($p>0,05$) [88].

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırmanın Yeri ve Süresi

Deneme, Mersin Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Ürünleri Uygulama Birimlerinde bulunan yetiştiricilik ünitesinde 60 gün süreyle yürütülmüştür.

Deneme 3 aşama olarak planlanmış ve uygulanmıştır. 1. aşamada deneme süresince kullanılacak olan alabalıklar için ideal yem içerikleri araştırılmış, eldeki imkânlar kullanılarak en uygun yem rasyonu hesaplanmış ve bu rasyona göre yem üretimi yapılmıştır. 2. aşamada balıklar için uygun koşullar hazırlanarak besleme denemeleri başlatılmış ve balıklar hazırlanan bu yemlerle 60 gün boyunca beslenmişlerdir. Son aşamada ise canlı ağırlık artışı, YDO, SBO, PEO, hayatta kalma oranı, besin madde analizleri ve sindirim enzim aktiviteleri araştırılmıştır.

3.1.2. Balıkların Laboratuvara Getirilmesi ve Adaptasyonu

Denemede kullanılan alabalıklar, Mersin ili Tarsus ilçesi sınırları içinde bulunan özel bir alabalık çiftliğinden oksijen ilaveli tanklarla taşınarak Mersin Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yetiştiricilik Birimi Ünitesine getirilmiştir. MEÜ Su Ürünleri Fakültesi Araştırma ve Uygulama laboratuvarına, Aralık ayında getirilen 450 adet alabalık 2 adet 500 l' lik tanklara stoklanmıştır. Yaklaşık 2 hafta burada adaptasyonları tamamlanmıştır. Daha sonra denemenin yapılacağı 120cm x 50cm x 32cm (150 l su) ölçülerindeki 9 adet gri renk plastik tanklara 15 adet balık olacak şekilde yerleştirilmiştir. Deneme için kullanılan toplam 135 adet balık tanklara yerleştirilmeden önce tek tek tartılmıştır. Balıkların tanklara dağıtımında ortalama ağırlıklarının mümkün olduğunca bir birine eşit olmasına dikkat edilmiştir. Tanklara yerleştirilen 135 balığın deneme başlangıç ortalama ağırlıkları $34 \pm 0,22$ g olarak hesaplanmıştır. Denemeler 3 tekrarlı olarak yürütülmüştür.

1000 l'lik tankta dinlendirilmiş su denemenin yürütüldüğü bütün tanklara bir hortum yardımıyla doldurulmuştur. Deneme tanklarında ve su dinlendirme tankında havalandırma amacı ile merkezi havalandırma sistemine bağlı birer adet hava taşı kullanılmıştır.

Deneme suyu sıcaklığını sabit tutmak amacıyla ortam sıcaklığı 11 °C' ye ayarlanarak klimayla soğutulmuştur.

3.1.3. Yemlerin Hazırlanması

Çalışma süresince alabalıkların protein, lipid vitamin ve mineral madde ihtiyacı göz önünde bulundurularak 3 farklı yem hazırlanmıştır. Deneme yemleri balık unu, mısır gluteni, balık yağı iz mineral, vitamin katkısı, antioksidan, bağlayıcı madde ve inülin kullanılarak %46-47 ham protein içeriğine sahip rasyonlar hazırlanmıştır. Hazırlanan yemlerde prebiyotik katkısı olarak Sigma Aldrich, USA (Lot# SLBH0425V) firmasına tescilli inülin katkısı kullanılmıştır. Hazırlanan yemlerde G1 grubuna 0 g/kg, G2 grubuna 10 g/kg ve G2 grubuna 20 g/kg inülin ilave edilmiş ve artan inülin oranına bağlı olarak mısır glütenu oranı yemlerde azaltılmıştır. Hazırlanan yemlerin içeriği ve besin analizleri Çizelge 3.1., 3.2. ve 3.3.' de verilmiştir. Yemler Mersin Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yetiştiricilik Bölümü'nde Fakir marka et-kıyma makinesinde pelet haline getirilmiştir. Her grup için 3,2 kg yem toplamda 9,6 kg yem yapılmıştır. Tüm deneme süresince balıklar bu yemlerle beslenmiştir. Tüm deneme süresince kullanılacak yemler +4 °C'de muhafaza edilmiştir.

Çizelge 3.1. Denemede yemlerinde kullanılan hammaddeler (g /kg)

Yem Hammadde İçerikleri (g/kg)	G0	G1	G2
Balık Unu	500,00	500,00	500,00
Balık Yağı	100,00	100,00	100,00
Mısır Glüten Unu	230,00	220,00	210,00
Dekstrin	100,00	100,00	100,00
Vitamin	20,00	20,00	20,00
Mineral	20,00	20,00	20,00
CMC	30,00	30,00	30,00
İnülin	0,00	10,00	20,00

Çizelge 3.2. Denemede kullanılan yemlerin içeriği.

Yem İçeriği (g/kg)	G0	G1	G2
Kuru Madde	947,946	948,069	948,192
Ham Protein	473,837	467,63	461,42
Ham Yağ	206,583	205,70	204,81
Ham Kül	119,918	119,59	119,26
NÖM	147,608	155,15	162,70
Diğer	52,054	51,93	51,81
Enerji(kJ/g)	18,44743	18,4117	18,37596
P:E	25,6858	25,39853	25,11014

¹ Vitamin ve mineral premiksleri NRC önerilerine göre kullanılmıştır [89].

² NOM: Nitrojensiz Öz Madde hesaplama yoluyla elde edilmiştir.

³ Hesaplama yoluyla protein için: 19 kJ/g; lipid için, 36 kJ/g, karbonhidrat için ise 15 kJ/g olarak esas alınmıştır [90].

Çizelge 3.3. Denemede kullanılan yemlerin hesaplanan amino asit içeriği (g/kg).

	G-0	G-1	G-2
Arginine	15,54	15,42	15,29
Histidine	7,16	7,08	7,00
Isoleucine	14,05	13,89	13,73
Leucine	30,91	30,28	29,66
Lysine	18,15	18,08	18,02
Methionine	8,87	8,77	8,67
Cystine	3,69	3,61	3,54
Phenylalanine	14,79	14,55	14,30
Tyrosine	12,10	11,90	11,69
Threonine	12,23	12,10	11,97
Tryptophan	3,08	3,05	3,03
Valine	15,92	15,73	15,53

3.1.4. Balıkları Beslenmesi

Balıklar beslenmesi sabah ve akşam olmak üzere günde 2 öğün doygunluğa ulaşınca kadar serbest besleme yöntemi ile beslenmişler ve deneme başlangıç tarihinden itibaren her 15 günlük dönem sonunda bireysel olarak tartılmışlardır. 15 gün sonunda tüm balıkların bireysel ağırlıkları ve her tanka verilen yem miktarı ölçülmüştür. Balıkların bulunduğu tankların günlük sıcaklık ve oksijen değerleri düzenli olarak ölçülmüş ve sıcaklık değeri 10 ile 14°C arasında olmasına ve oksijen değerinin 5 mg/l üzerinde olmasına dikkat edilmiştir. Alabalıklar soğuk iklim balıkları olduğu için su sıcaklığının 14 °C üzerine çıkmamasını sağlamak amacıyla balıkların bulunduğu laboratuvara soğuk hava sirkülasyonu için klima çalıştırılmıştır. Böylece hem ortam sıcaklığı hem de su sıcaklığı belirli bir düzeyde tutulmaya çalışılmıştır. Balıkların bulunduğu ortam zamanlayıcı kullanılarak mevsimsel ışık rejimi uygulanmıştır.

Her tank için sabah beslemesinden 2 saat sonra günlük sifonlama uygulanmış ve tanklardaki yenmeyen yemlerle dışkılar tabandan, sifon hortumu yardımıyla uzaklaştırılmıştır. Tanklarda eksilen su 1 tonluk dinlendirme tankından alınan tatlı su ile tamamlanmıştır. Deneme süresince, tüm tanklardaki suların sıcaklık ve bazı kimyasal parametreleri düzenli olarak ölçülerek tanklardaki suyun aynı kalitede tutulması sağlanmıştır. Tüm tanklarda yapılan ölçümler sonucu elde edilen verilerin ortalaması alınarak Çizelge 3.4.' de sunulmuştur.

Çizelge 3.4. Deneme tanklarındaki suyla ilgili bazı parametreler.

Sıcaklık	12 ± 0.3 °C
Total sertlik	238 ± 2.65 ppm CaCO_3
Total Alkalinite	326 ± 3.8 ppm CaCO_3
pH	7.90 ± 0.65
Çözülmüş oksijen	6.2 ± 0.7 mg/l
Nitrat (NO_3)	0.70 ± 0.21 mg/l

3. 2. Yöntem**3.2.1. Örnekleme İşlemleri**

Altmış günlük olan deneme periyodunda büyümelerin karşılaştırılması amacıyla örnekleme işlemleri 15'er günlük dönemlerde sabah 09:00–11:30 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir. Örnekleme günlerinde sabah yemlemesi yapılmamıştır. Ölçümler öncesinde 0.01 grama duyarlı terazi hazırlanmıştır. Her bir tekrara ait balıklar, tartım işlemi gerçekleştirildikten sonra bulundukları tanka yeniden yerleştirilmiştir.

3.2.2. Hesaplamalarda Kullanılan Formüller

$$\text{CAK} = \text{CAS} - \text{CAB} \quad (1)$$

$$\text{GCAK} = \text{CAS} - \text{CAB} / T \quad (2)$$

$$\text{YCAK} = [(\text{CAS} - \text{CAB}) / \text{CAB}] \times 100 \quad (3)$$

$$\text{YDO} = \text{TYM} / \text{CAK} \quad (4)$$

$$\text{SBO} = \frac{\ln \text{CAS} - \ln \text{CAB}}{T} \times 100 \quad (5)$$

$$\text{PER} = [(\text{CAS} - \text{CAB}) / (\text{TYM} \times P)] \times 100 \quad (6)$$

$$\text{HKO} = 100 - [(\ddot{\text{OBS}} / \text{TBS}) \times 100] \quad (7)$$

3.2.3. Balık Kas Dokusunun Besin Madde Bileşenlerinin Ölçümü

Araştırmanın son aşamasında denemede kullanılan balıkların fileto besin madde bileşenlerini saptayabilmek amacıyla deneme sonunda her akvaryumdan 6 adet balık tesadüfen fileto analizleri için; balıkların kafası, derisi, yüzgeçleri, pulu, omurgası ve iç organları vücudun kas dokusundan ayrılmıştır. Kas dokusunun tamamı ince uçlu bir bıçakla küçük parçalara ayrılmış ve daha sonra da kıyma makinesi ile tamamen homojenize edilmiştir. Balıklar fileto analizine hazır hale getirilip, örnekler -18 °C’de derin dondurucuda saklanmıştır.

3.2.3.1. Kuru Madde ve Ham Kül Analizi

Fileto edilen balıklar kuru madde ve ham kül analizi için, önce kaplar kurutma dolabında 103 °C’de yarım saat kadar kurutulmuş ve oda sıcaklığında soğuyuncaya kadar desikatörde tutulmuştur. Daha sonra desikatörde soğutulmuş işaretli kaplar 0.1 mg duyarlı terazide soğutulduktan sonra iyice homojenize edilen örneklerden 3-3.5 g tartılarak kaplara konulmuştur. Daha sonra örnekler etüvde 70 °C’de, 14-16 saat süreyle sabit ağırlığa ulaşuncaya değin kurutulmuştur. Bu süre sonunda kaplar yine desikatöre konulmuş ve oda sıcaklığında soğuduktan sonra 0.1 mg duyarlı terazide ölçülmüştür.

Ham Kül analizi içinde aynı örnekler, 550 °C’ye ayarlı fırına konularak 3-5 saat süreyle sabit bir ağırlığa ulaşuncaya kadar ve kömürleşme olmadan açık griden beyaz bir renk alıncaya kadar yaklaşık 4-4.5 saat tutularak desikatörde oda sıcaklığında soğutulduktan sonra tartılmıştır. Bu işlem her bir grubun paraleli için, her örnekten 3 kez yinelenmiştir.

3.2.3.2. Ham Protein Analizi

Ham protein analizi Makro Kjeldahl (%N X 6.25) (AOAC 1990) göre yapılmıştır. Her bir gruba ait örneklerden 3 paralelli olmak üzere analiz yapılmıştır. Homojenize ve liyofilize edilmiş kas örnekleri 0.0001 g hassasiyetteki terazi yardımıyla yaklaşık 1.0 g tartılarak Kjeldahl tüplerine yerleştirilmiştir. 3 adet tüp kör olarak hazırlanmıştır. Tüplerin içerisine 1’er adet katalizör tablet (1.5 g K₂SO₄+7.5 mg/s Selenyum karışımı) ve 10 ml sülfürik asit (H₂SO₄) eklenerek yakma ünitesinde (VELP İtalya) 420 °C’de yaklaşık 80 dakika süreyle yakılmış ve örnekler daha sonra oda sıcaklığına kadar çeker ocak altında soğutulmuştur. Destilasyon işlemine tabi tutulmadan önce her bir kjeldahl tüpüne 50 ml distile su ilave edilmiştir. Destilasyon işlemi için daha önceden hazırlanmış %35’lik NaOH ve %4’lük borik asit kullanılmıştır. Örnekler destilasyon cihazında (VELP İtalya) 50 ml alkali NaOH eklenerek destile edilmiş ve çıkan NH₃ gazının destilasyon ünitesinde süblimleşmesi sonucu oluşan sıvı ünitenin

destilat yakalama kısmına konan 25 ml %4 lük borik asit solüsyonu içeren 250 ml lik erlenlerde tutulması sağlanmıştır (yaklaşık erlendeki sıvı hacmi 150 ml olana kadar). Daha sonra erlenlerin içerisine yaklaşık 10 damla metil kırmızısı çözeltisinden (indikatör) eklenerek yeşile dönen örnekler yaklaşık 0.2 N lık HCl aside karşı renkleri uçuk pembe rengine dönüşünceye kadar titre edilmiş ve ham protein (HP) oranı aşağıda belirtilen formüle göre hesaplanmıştır. (tüpler içindeki örnekler yeşil-sarı bir renk alıncaya kadar) yakılmıştır [92].

$$\%N = (14,01 \times 0,2 \text{ N HCl} \times \text{harcanan titre miktarı (ml)}) / 10 \times \text{örnek miktarı} \quad (8)$$

$$\%HP = \%N \times 6,25 \quad (9)$$

3.2.3.3. Lipit Analizi

Lipit analizi için ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır [93]. Homojenize edilmiş balık örneklerinden 0.6 g tartılarak tüp içine konulmuş ve her bir deney grubuna ait paralelden 3 tekrarlı lipit analizi yapılmıştır. Bir pipet kullanılarak tüplerdeki örnekler üzerine 1.6 ml su, 4 ml metanol ve 2 ml kloroform eklenmiştir. Çözelti bir karıştırıcı kullanılarak su banyosunda bekletilip, üzerine 2 ml kloroform ve 2 ml su tüplere eklenerek ½ dk. daha karıştırılmıştır. Daha sonra karıştırılan tüpler bir santrifüje yerleştirilerek, 3000 devir/dk'da karıştırılmıştır. Tüpte oluşan tabakalaşmada üstteki su-metanol tabakası, su trombuna bağlanan pastör pipeti ile dışarı atılmıştır. İçerisinde lipidi tutan alttaki kloroform tabakası 30 ml'lik bir kültür tüpüne aktarılmıştır. Bir defa yağı alınmış örneğe, sözü edilen işlemler ikinci kez yeniden uygulanmıştır.

Bütün bu işlemlerden önce, armut şeklindeki cam balonlar 1 saat etüvde bekletildikten sonra, desikatörde soğutulmuşlar ve 0.01 mg duyarlı terazide tartılmışlardır. Bu arada balonlara bir huni yerleştirilmiş ve içerisine filtre kâğıdı konulmuştur. Kültür tüpü içerisinde biriktirilen kloroform-lipit karışımı, filtre kâğıdından süzülerek cam balonlara aktarılmıştır. Örneklerin bulunduğu tüpler de dâhil olmak üzere tüm tüpler kloroform ile çalkalanarak filtre kâğıdından balonlara aktarılmıştır. Evaporatör yardımıyla cam balonlar içindeki kloroform uçurulmuştur. İçerisinde lipit bulunan balonlar etüvde 1 saat bekletildikten sonra desikatörde soğutulmuş ve tartım sonucunda balonların ağırlıkları çıkartılmış ve aralarındaki fark lipit miktarı olarak belirlenmiştir.

3.2.3.4. Enzim Analizleri

Deney periyodu sonunda her bir gruptan 9 adet balık disekte edilerek mide ve ince barsak dokuları alınmış ve deney tüplerine konulmuştur. Örnekler analiz yapma aşamasına kadar soğuk ortamda (-20 C) saklanmıştır. Enzim aktivitelerini U/l/mg protein olarak

belirtebilmek için tüm dokuların protein düzeyleri Lowry vd., (1951)'nin geliştirdikleri yönteme göre ölçülmüştür [91].

Doku homojenat eldesi için, mide ve barsak dokuları buz üzerinde 12.000 rpm'de 5 dakika süre Tris-HCl içerisinde homojenize edilmiştir. Homojenizasyondan sonra örnekler atıklarından arındırılmak üzere 3000 rpm'de +4 C'de santrifüj edilmiştir.

3.2.3.4.1. Pepsin Aktivitesi

Balıklardan alınan mide doku örneklerindeki pepsin aktivitesi Worthington (1993)'e göre yapılmıştır. Yöntem, denature hemoglobinin hidroliz oranı ölçümüne dayanır. Sonuçlar Unit/mg protein olarak ifade edilmiştir [94].

3.2.3.4.1.1. Kullanılan Solüsyonlar

- HCl
- Hemoglobin (% 2,5) : 2,5 gram sığır eritrosit hemoglobin tozu, 100 ml distile su içinde çözülmüştür. 3-5 dakika maksimum hızda bir karıştırıcıda karıştırılmış ve süzölmüştür. Daha sonra filtre edilen bu karışımdan 80 ml, 0.3 N HCl'den 20 ml ilave edilerek seyreltilmiştir. Bu hemoglobin çözeltisi substrat olarak kullanılmıştır.

- TCA (%5)

3.2.3.4.1.2. Deneyin Yapılışı

Doku homojenatı (1 ml) ile 5 ml substrat, 37 °C de 10 dakika inkübe edilmiştir. Süre sonunda reaksiyon TCA ile durdurulmuş ve 5 dakika inkubasyona bırakılmıştır. Bu karışım daha sonra filtre edilmiştir. Spektrofotometrede 280 nm'de okuma yapılarak absorbanslar elde edilmiştir.

3.2.3.4.2. Tripsin Aktivitesi

Balık bağırsak tripsin enzim aktivitesi, Erlanger ve ark. (1961)'a göre yapılmıştır. Sonuçlar, U/ mg protein olarak ifade edilmiştir [95].

3.2.3.4.2.1. Kullanılan Çözeltiler

- Tris-HCl, (Tampon çözeltisi)
- CaCl_2 (50 mM Tris-HCl içerisine 10 mM CaCl_2 ilave edildi)
- BAPNA
- DMSO (0,1 M DMSO'da çözünen BAPNA substrat olarak kullanıldı)

3.2.3.4.2.2. Deneyin Yapılışı

Tampon çözeltiden 1 ml alınarak içerisine BAPNA çözeltisinden 10 μl 'si ilave edilmiştir. 100 μl doku homojenatı ilave edilerek karıştırılmıştır. 25°C'de 10 dakika inkübasyon yapılmıştır. Daha sonra 410 nm dalga boyunda spektrofotometrede okuma işlemi yapılmıştır.

3.2.3.4.3. Amilaz Aktivitesi

Balıklardan elde edilen barsak doku örneklerinde amilaz enzim aktivitesi, Bernfeld (1955)'e göre yapılmıştır. Sonuçlar, U/ mg protein olarak ifade edilmiştir [96].

3.2.3.4.3.1. Kullanılan Çözeltiler

- $\text{Na}_2\text{HPO}_4/\text{NaH}_2\text{PO}_4$ (Tampon çözeltisi)
- Nişasta çözeltisi (%1'lik- substrat)
- DNS (dinitrosalisilik asit)

3.2.3.4.3.2. Deneyin Yapılışı

Doku homojenatı (10 μl), 500 μl tampon ve 40 μl nişasta çözeltisi içerisinde 35 °C'de 30 dakika inkübe edilmiştir. Bu reaksiyon 100 μl DNS ilave edilerek durdurulmuş ve 10 dakika sıcak su banyosunda ısıtılmıştır. Amilaz etkisiyle nişastadan açığa çıkan indirgenmiş gruplar, renk reaktifi ile farklı renk oluşturulmuş ve 540 nm'de absorbanslar ölçülmüştür.

3.2.3.4.4. Lipaz Aktivitesi

Balık doku örneklerinde lipaz aktivitesi Winkler ve Stuckman (1979)'e göre ölçülmüştür. Enzim aktivitesi U/mg protein olarak belirtilmiştir [97].

3.2.3.4.4.1. Kullanılan Çözeltiler

- Triton-X-100
- Tris-HCl
- İzopropanol
- p-nitrofenil palmitat
- Arap zamkı
- (Substrat solüsyonu; % 0,4 Triton-X-100 ve 100 mg Arap zamkı içeren 90 ml Tris-HCl ile 10 ml izopropanol ve 30 mg p-nitrofenil palmitat karıştırılarak taze olarak hazırlanmıştır).

3.2.3.4.4.1. Deneyin Yapılışı

2,4 ml substrat çözeltisi ile 25 µl doku homojenatı ilave edilerek 37 C'de 15 dakika inkübe edilmiştir. Daha sonra spektrofotometrede 410 nm'de absorbanslar okunmuştur. Spesifik aktivite U/mg protein olarak ifade edilmiştir. Bir unit enzim aktivitesi, deney koşulları altında 1 dakikada 1 mM p-nitrofenol ile etkileşen enzim miktarı olarak tanımlanmıştır.

Bütün enzimler, spesifik aktivite Unit/mg protein olarak ifade edilmiş ve bu amaçla doku protein içerikleri Lowry vd. (1951) yöntemine göre belirlenmiştir [91].

3.2.3.4.5. Doku Protein Analizi (Lowry Yöntemi)

Alkali ortamda bakır iyonu (Cu^{+2}) proteinlerdeki peptid bağları ile bir kompleks oluşturur ve Cu^{+1} e indirgenir. İndirgenmiş bakır ve proteinlerin yan zincirinde yer alan trozin, triptofan ve sistein aminoasitleri Folin-Fenol reaktifini indirgeyerek renk oluşumuna neden olur. Oluşan rengin şiddeti protein konsantrasyonu ile doğru orantılıdır ve 660 nm'de spektrofotometrik olarak ölçülür.

3.2.3.4.5.1. Kullanılan Çözeltiler

- Çözelti A: 1000 ml damıtık sudaki 20 g Na_2CO_3 , 4 g NaOH ve 1.6 g Na-K tartarat çözeltisi
- Çözelti B: 100 ml damıtık sudaki 4 g $Cu_2SO_4 \cdot 5H_2O$ çözeltisi
- Çözelti C: 100: 1 (v/v) oranında çözelti A: çözelti B karışımı
- Folin-Ciocalteu's fenol çözeltisi

3.2.3.4.5.1. Deneyin Yapılışı

Deney tüplerine 1 ml doku homojenatından konularak üzerine 3 ml C reaktifi eklenmiştir. C reaktifi 100:1 oranında A ve B reaktifi karışımından oluşturulmuştur. A reaktifi %2 Na₂CO₃, % NaOH, % 0.16 Na-tartarat; B reaktifi ise %4 CuSO₄.5H₂O'dır. Oda sıcaklığında 30 dakika bekletilmiştir. Tüm tüplere 300 µL Folin-Fenol reaktifi eklenerek karıştırıcı yardımıyla karıştırılmış ve oda sıcaklığında 45 dakika bekletilmiştir. Absorbanslar 660 nm'de okunmuştur.

3.2.4. İstatistiksel Analiz

Deneme sonunda elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi, SPSS 16.0 Windows paket programında tek yönlü varyans (one-way-ANOVA) uygulanarak yapılmış ve ortalamalar arasındaki fark Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile $p < 0.05$ önem düzeyinde değerlendirilmiştir. Sonuçlar ortalama $\pm$ standart hata (ort. $\pm$ S.H.) şeklinde verilmiştir.

4. BULGULAR

60 gün süreli deneme süresi sonunda, yeme farklı oranlarda eklenen inülinin canlı ağırlık ortalamaları (CAO), canlı ağırlık kazançları (CAK), günlük canlı ağırlık kazançları (GCAK), yüzde canlı ağırlık kazancı (YCAK), SBO, YDO, PEO, hayatta kalma oranı, sindirim enzimleri ve kas dokusu bileşenleri araştırılmıştır.

4.1. Büyüme ve Yem Değerlendirme İle İlgili Bulgular

4.1.1. Canlı Ağırlık Ortalamaları (CAO)

Araştırma gruplarından ölçüm dönemlerine göre elde edilen CAO Çizelge 4.1.' de, bu değerlerle ilgili grafik ise Şekil 4.1.' de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Ölçüm dönemlerine göre canlı ağırlık ortalamaları.

Ölçüm Dönemleri	G-0	G-1	G-2
0. Gün	34,02 ± 0,08 ^a	34,4 ± 0,22 ^a	34,48 ± 0,26 ^a
15. Gün	47,55 ± 0,09 ^a	49,84 ± 0,30 ^b	48,33 ± 0,34 ^a
30. Gün	59,93 ± 0,16 ^a	64,38 ± 0,18 ^b	61,25 ± 0,40 ^c
45. Gün	71,42 ± 0,07 ^a	77,83 ± 0,17 ^b	73,12 ± 0,42 ^c
60. Gün	80,88 ± 0,33 ^a	89,22 ± 0,46 ^b	82,08 ± 0,41 ^a

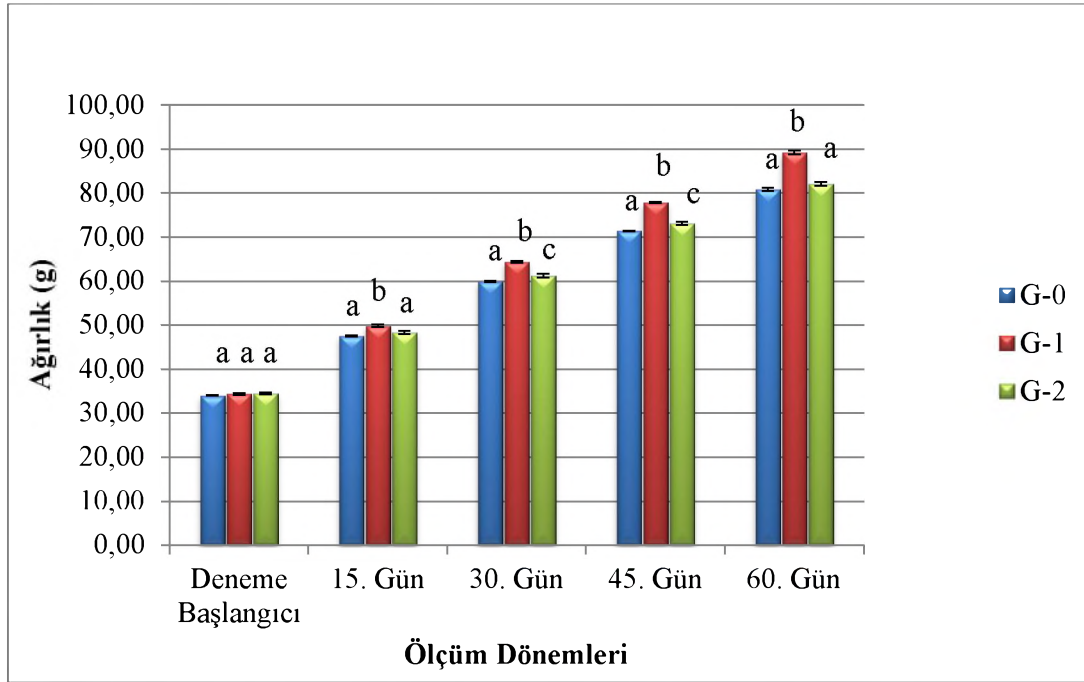
*: Veriler, aritmetik ortalama±S.H olarak ifade edilmiştir (n=45). Aynı satırda farklı harflerle ifade edilen harfler istatistiksel olarak farklıdır (p<0,05).

Çizelge 4.1.' de görüldüğü gibi ilk 15 günlük periyotta en yüksek değer 49,84 ± 0,3 g ile G-1 grubunda, en düşük değer ise 47,55 ± 0,09 g ile G-0 grubunda olduğu ve G-0 ve G-2 grupları arasında fark olmadığı (p>0,05), G-1 grubu ile diğer iki grup kıyaslandığında aralarında istatistiksel fark olduğu (p<0,05) tespit edilmiştir.

15-30 günlük dönemde; en yüksek değer 64,38 ± 0,1g ile G-1 grubunda, en düşük değer ise 59,93 ± 0,16 g ile G-0 grubunda belirlenmiş ve G-0 grubu ile G-2 grubu arasında istatistiksel olarak fark bulunamamış (p>0,05), ancak G-1 grubu ile diğer iki grup karşılaştırıldığında aralarındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur (p<0,05).

30-45 günlük dönemde; en yüksek değer 77,83 ± 0,17 g ile G-1 grubunda, en düşük değer ise 71,42 ± 0,07 g ile G-0 grubunda olduğu ve G-1 grubu ile diğer iki grup arasındaki farkın önemli olduğu (p<0,05) tespit edilmiştir.

Deneme periyodunun sonunda gruplar arasında canlı ağırlık ortalamaları karşılaştırıldığında; en yüksek değer $89,22 \pm 0,46$ g ile G-1 grubunda, en düşük değer ise $80,88 \pm 0,33$ g ile G-0 grubunda belirlenmiştir. G-1 grubu ile diğer iki grup arasındaki farkın önemli olduğu gözlenmiştir ($p < 0,05$).



Şekil 4.1. Ölçüm dönemlerine göre grupların canlı ağırlık ortalamaları

4.1.2. Canlı Ağırlık Kazançları (CAK)

Araştırma gruplarından ölçüm dönemlerine göre elde edilen CAK Çizelge 4.2.' de, bu değerlerle ilgili grafik ise Şekil 4.2. ve 4.3.' de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Ölçüm dönemlerine göre grupların canlı ağırlık kazançları (CAK)

Ölçüm Dönemleri	G-0	G-1	G-2
0-15. Gün	$13,53 \pm 0,03^a$	$15,44 \pm 0,10^b$	$13,85 \pm 0,14^a$
15-30. Gün	$12,37 \pm 0,12^a$	$14,53 \pm 0,13^b$	$12,93 \pm 0,10^c$
30-45. Gün	$11,49 \pm 0,10^a$	$13,46 \pm 0,10^b$	$11,87 \pm 0,10^c$
45-60. Gün	$09,46 \pm 0,29^a$	$11,36 \pm 0,32^b$	$09,14 \pm 0,54^a$
0-60. Gün	$46,86 \pm 0,25^a$	$54,8 \pm 0,25^b$	$47,78 \pm 0,56^a$

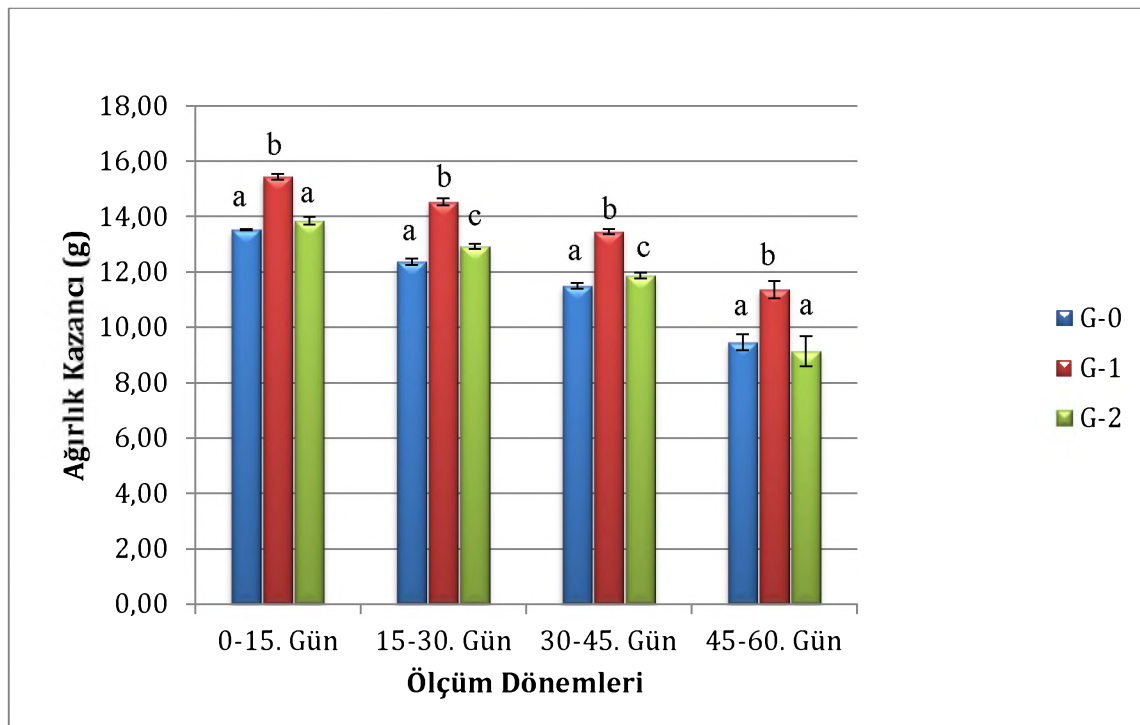
*:Veriler, aritmetik ortalama $\pm$ S.H olarak ifade edilmiştir (n=45). Aynı satırda farklı harflerle ifade edilen harfler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0,05$).

Çizelge 4.2.' den anlaşıldığı üzere; 0-15 günlük periyotta en yüksek canlı ağırlık kazancının $15,44 \pm 0,10$ g ile G-1 grubunda, en düşük kazancın ise $13,53 \pm 0,03$ g ile G-0 grubunda olduğu, G-1 grubu ile diğer iki grup arasındaki farkın önemli olduğu ($p<0,05$) tespit edilmiştir.

15-30 günlük periyotta; en yüksek değer $14,53 \pm 0,13$ g ile G-1 grubunda, en düşük değer ise $12,37 \pm 0,12$ g ile G-0 grubunda olduğu ve G-1 grubu ile diğer iki grup arasındaki farkın önemli olduğu ($p<0,05$) gözlenmiştir.

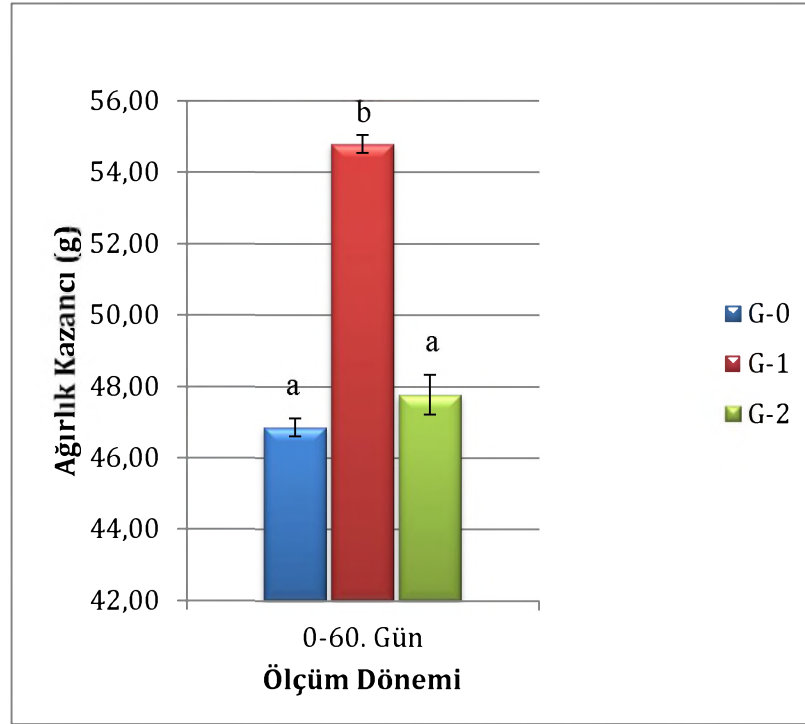
30-45 günlük dönemde; en yüksek değer $13,46 \pm 0,10$ g ile G-1 grubunda, en düşük değer ise $11,49 \pm 0,10$ g ile G-0 grubunda olduğu ve 10 g/kg inülin ilavesinin diğer gruplara göre önemli fark oluşturduğu ($p<0,05$) belirlenmiştir.

45-60 günlük dönemde; en yüksek değer $11,36 \pm 0,32$ g ile G-1 grubunda, en düşük değer ise $9,14 \pm 0,54$ g ile G-2 grubunda olduğu ve G-1 grubu ile diğer iki grup arasındaki farkın önemli olduğu ($p<0,05$) tespit edilmiştir.



Şekil 4.2. Ölçüm dönemlerine göre grupların canlı ağırlık kazançları

60 günlük deneme periyodunun sonunda gruplar arasındaki canlı ağırlık kazançlarını karşılaştırdığımızda; en yüksek değer $54,8 \pm 0,25$ g ile G-1 grubunda, en düşük değer ise $46,86 \pm 0,25$ g ile G-0 grubunda olduğu ve G-1 grubu ile diğer iki arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu ($p<0,05$) bulunmuştur.



Şekil 4.3. Deneme sonunda grupların canlı ağırlık kazançları

4.1.3. Günlük Canlı Ağırlık Kazançları (GCAK)

Araştırma gruplarından ölçüm dönemlerine göre elde GCAK Çizelge 4.3.' de, bu değerlerle ilgili grafik ise Şekil 4.4. ve 4.5.' de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Ölçüm dönemlerine göre grupların günlük canlı ağırlık kazançları

Ölçüm Dönemleri	G-0	G-1	G-2
0-15. Gün	0,90 ± 0,01 ^a	1,03 ± 0,01 ^b	0,92 ± 0,01 ^a
15-30. Gün	0,82 ± 0,01 ^a	0,97 ± 0,01 ^b	0,86 ± 0,01 ^c
30-45. Gün	0,77 ± 0,01 ^a	0,90 ± 0,01 ^b	0,79 ± 0,01 ^c
45-60. Gün	0,63 ± 0,02 ^a	0,76 ± 0,03 ^b	0,61 ± 0,04 ^a
0-60. Gün	3,12 ± 0,01 ^a	3,65 ± 0,01 ^b	3,19 ± 0,01 ^a

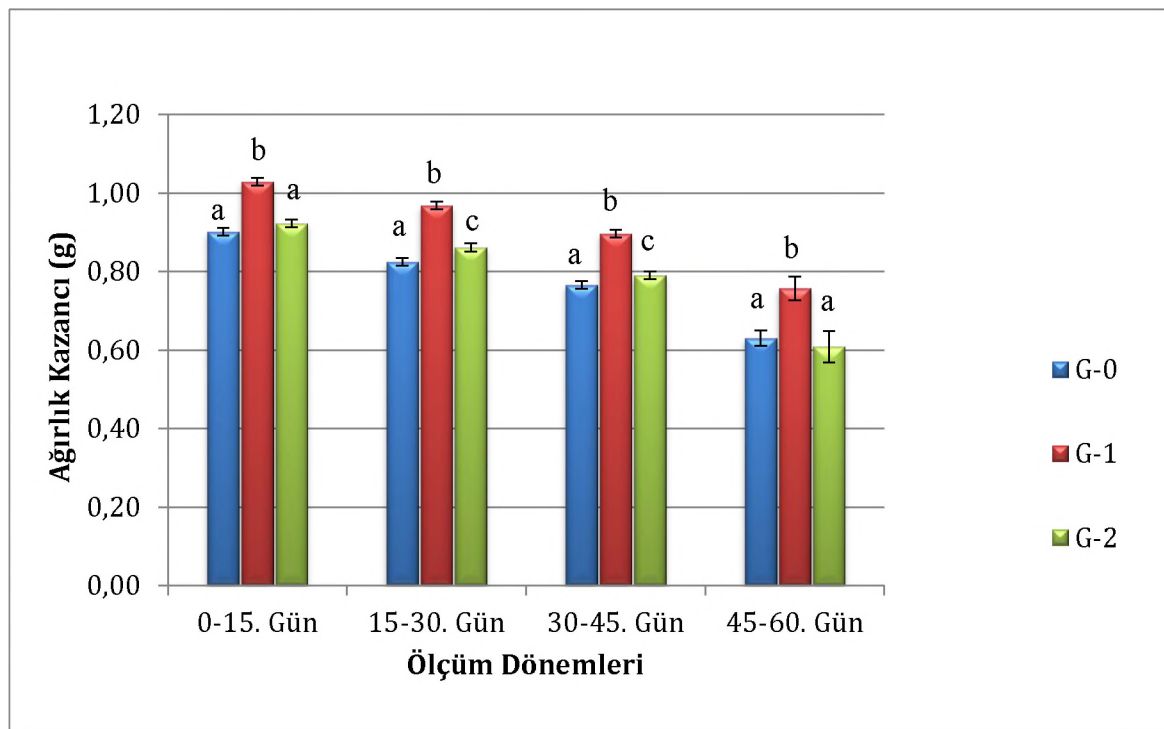
*:Veriler, aritmetik ortalama±S.H olarak ifade edilmiştir. Aynı satırda farklı harflerle ifade edilen harfler istatistiksel olarak farklıdır (p<0,05).

Çizelge 4.3.' e bakıldığında 0-15 günlük dönemde en yüksek canlı ağırlık kazancının 1,03 ± 0,01 g ile G-1 grubunda, en düşük kazancın ise 0,90 ± 0,01 g ile G-0 grubunda olduğu, G-1 grubu ile diğer iki grup arasındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu (p<0,05) tespit edilmiştir.

15-30 günlük dönemde; en yüksek değerin $0,97 \pm 0,01$ g ile G-1 grubunda, en düşük değerin ise $0,82 \pm 0,01$ g ile G-0 grubunda olduğu ve G-1 grubu ile diğer iki grup arasındaki farkın önemli olduğu ($p<0,05$) gözlenmiştir.

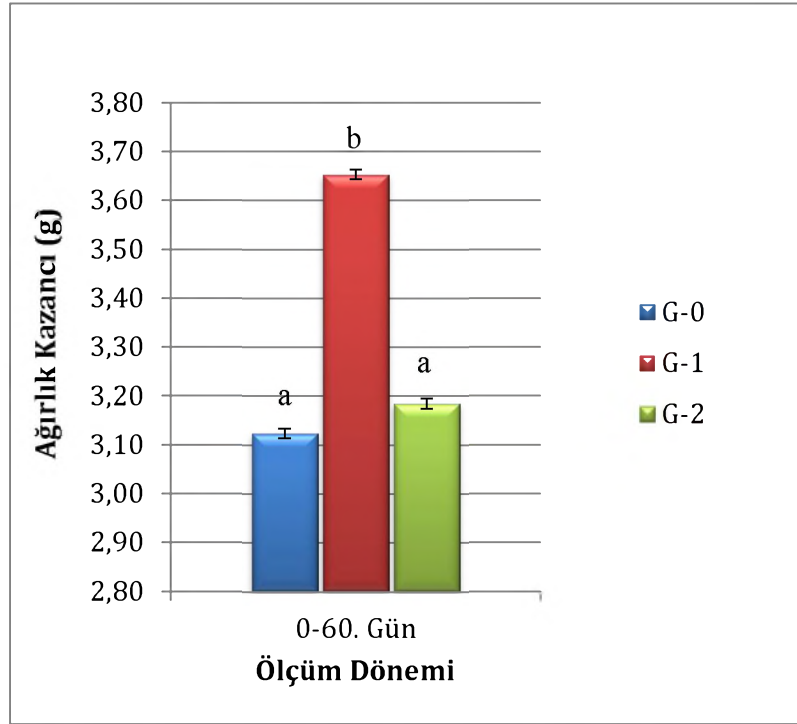
30-45 günlük dönemde; en yüksek değerin $0,90 \pm 0,01$ g ile G-1 grubunda, en düşük değerin ise $0,77 \pm 0,01$ g ile G-0 grubunda olduğu ve 10 g/kg inülin ilavesinin diğer gruplara göre önemli fark oluşturduğu ($p<0,05$) belirlenmiştir.

45-60 günlük dönemde; en yüksek değerin $0,76 \pm 0,03$ g ile G-1 grubunda, en düşük değerin ise $0,61 \pm 0,04$ g ile G-2 grubunda olduğu ve G-1 grubu ile diğer iki grup arasındaki farkın önemli olduğu ($p<0,05$) tespit edilmiştir.



Şekil 4.4. Ölçüm dönemlerine göre grupların günlük canlı ağırlık kazançları

60 günlük deneme periyodunun sonunda gruplar arasında günlük canlı ağırlık kazançları karşılaştırıldığında; en yüksek değerin $3,65 \pm 0,01$ g ile G-1 grubunda, en düşük değerin ise $3,12 \pm 0,01$ g ile G-0 grubunda olduğu ve G-1 grubu ile diğer iki grup arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu ($p<0,05$) tespit edilmiştir.



Şekil 4.5. Deneme sonu grupların günlük canlı ağırlık kazançları

4.1.4. Yüzde Canlı Ağırlık Kazançları (YCAK)

Araştırma gruplarından ölçüm dönemlerine göre elde edilen YCAK Çizelge 4.4.' de, bu değerlerle ilgili grafik ise Şekil 4.6. ve 4.7.' de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Ölçüm dönemlerine göre grupların yüzde canlı ağırlık kazançları

Ölçüm Dönemleri	G-0	G-1	G-2
0-15. Gün	39,77 ± 0,11 ^a	44,89 ± 0,04 ^b	40,16 ± 0,38 ^a
15-30. Gün	26,02 ± 0,23 ^a	29,16 ± 0,43 ^b	26,73 ± 0,10 ^a
30-45. Gün	19,18 ± 0,21 ^a	20,91 ± 0,12 ^b	19,38 ± 0,14 ^a
45-60. Gün	13,25 ± 0,40 ^{ab}	14,63 ± 0,39 ^a	12,25 ± 0,78 ^b
0-60. Gün	137,73 ± 0,41 ^a	159,35 ± 0,39 ^b	138,03 ± 2,46 ^a

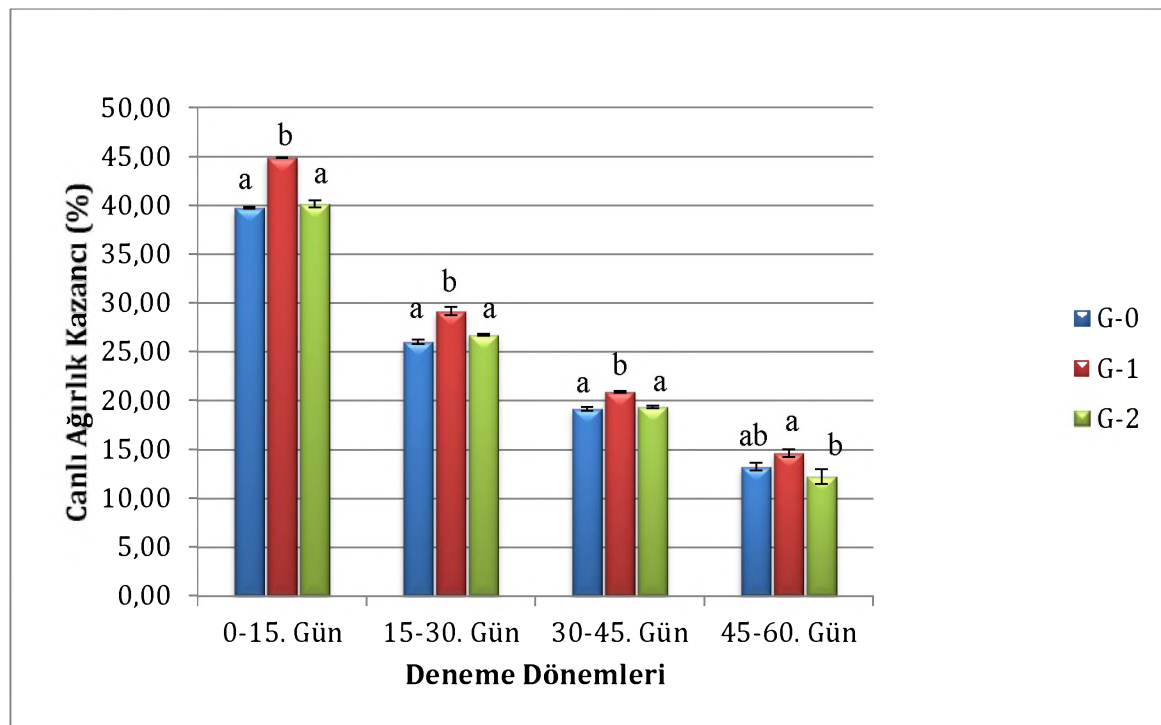
*:Veriler, aritmetik ortalama ± S.H olarak ifade edilmiştir. Aynı satırda farklı harflerle ifade edilen harfler istatistiksel olarak farklıdır (p<0,05).

Çizelge 4.4.' de görüldüğü gibi 0-15 günlük dönemde en yüksek canlı ağırlık kazancının 44,89 ± 0,04 ile G-1 grubunda, en düşük kazancın ise 39,77 ± 0,11 ile G-0 grubunda olduğu, G-1 grubu ile diğer iki grup arasındaki farkın önemli olduğu (p<0,05) tespit edilmiştir.

15-30 günlük periyotta; en yüksek değerin $29,16 \pm 0,43$ ile G-1 grubunda, en düşük değerin ise $26,02 \pm 0,23$ ile G-0 grubunda olduğu ve gruplar arasında farklılığın önemli olduğu ($p<0,05$) gözlenmiştir.

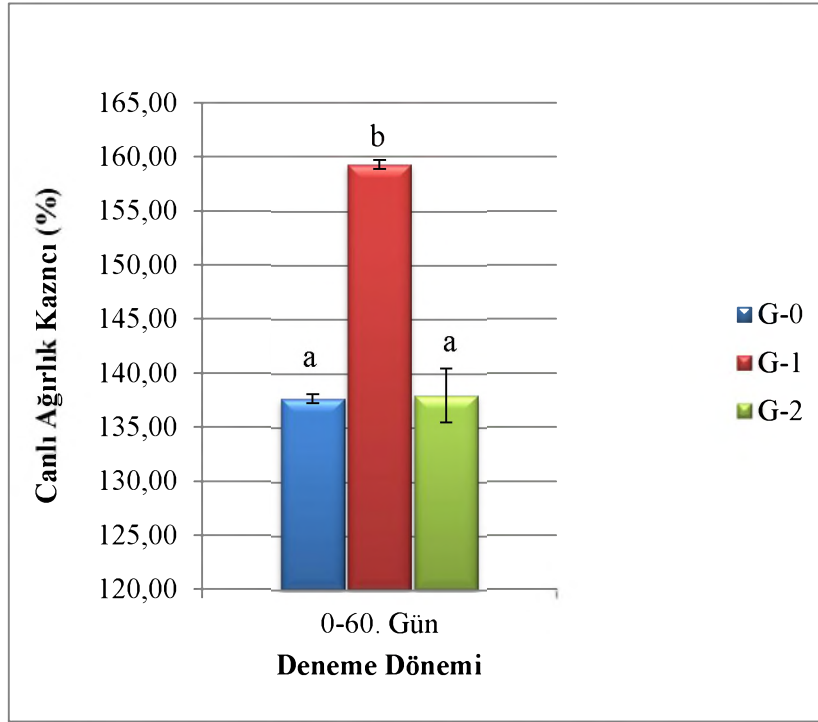
30-45 günlük periyotta; en yüksek değerin $20,91 \pm 0,12$ ile G-1 grubunda, en düşük değerin ise $19,18 \pm 0,21$ ile G-0 grubunda olduğu ve 10 g/kg inülin ilavesinin diğer gruplara göre önemli fark oluşturduğu ($p<0,05$) belirlenmiştir.

45-60 günlük dönemde; en yüksek değerin $14,63 \pm 0,39$ ile G-1 grubunda, en düşük değerin ise $12,25 \pm 0,78$ ile G-2 grubunda olduğu ve G-1 grubu ile diğer iki grup arasındaki farkın önemli olduğu ($p<0,05$) tespit edilmiştir.



Şekil 4.6. Ölçüm dönemlerine göre grupların yüzde canlı ağırlık kazançları

0-60 günlük deneme periyodunun sonunda gruplar arasında yüzde canlı ağırlık kazançları karşılaştırıldığında; en yüksek değerin $159,35 \pm 0,39$ ile G-1 grubunda, en düşük değerin ise $137,73 \pm 0,41$ ile G-0 grubunda olduğu ve G-1 grubu ile diğer iki grup arasındaki farkın istatistikî açıdan önemli olduğu ($p<0,05$) tespit edilmiştir.



Şekil 4.7. Deneme sonu grupların yüzde canlı ağırlık kazançları

4.1.5. Spesifik Büyüme Oranı (SBO)

Araştırma gruplarından ölçüm dönemlerine göre elde edilen SBO Çizelge 4.5.' de, bu değerlerle ilgili grafik ise Şekil 4.8. ve 4.9.' da verilmiştir.

Çizelge 4.5. Ölçüm dönemlerine göre grupların spesifik büyüme oranları (SBO)

Ölçüm Dönemleri	G-0	G-1	G-2
0-15. Gün	0,56 ± 0,01 ^a	0,62 ± 0,01 ^b	0,56 ± 0,01 ^a
15-30. Gün	0,39 ± 0,01 ^a	0,43 ± 0,01 ^b	0,40 ± 0,01 ^a
30-45. Gün	0,29 ± 0,01 ^a	0,32 ± 0,01 ^b	0,30 ± 0,01 ^a
45-60. Gün	0,21 ± 0,01 ^{ab}	0,23 ± 0,01 ^a	0,20 ± 0,02 ^b
0-60. Gün	1,44 ± 0,01 ^a	1,59 ± 0,01 ^b	1,45 ± 0,02 ^a

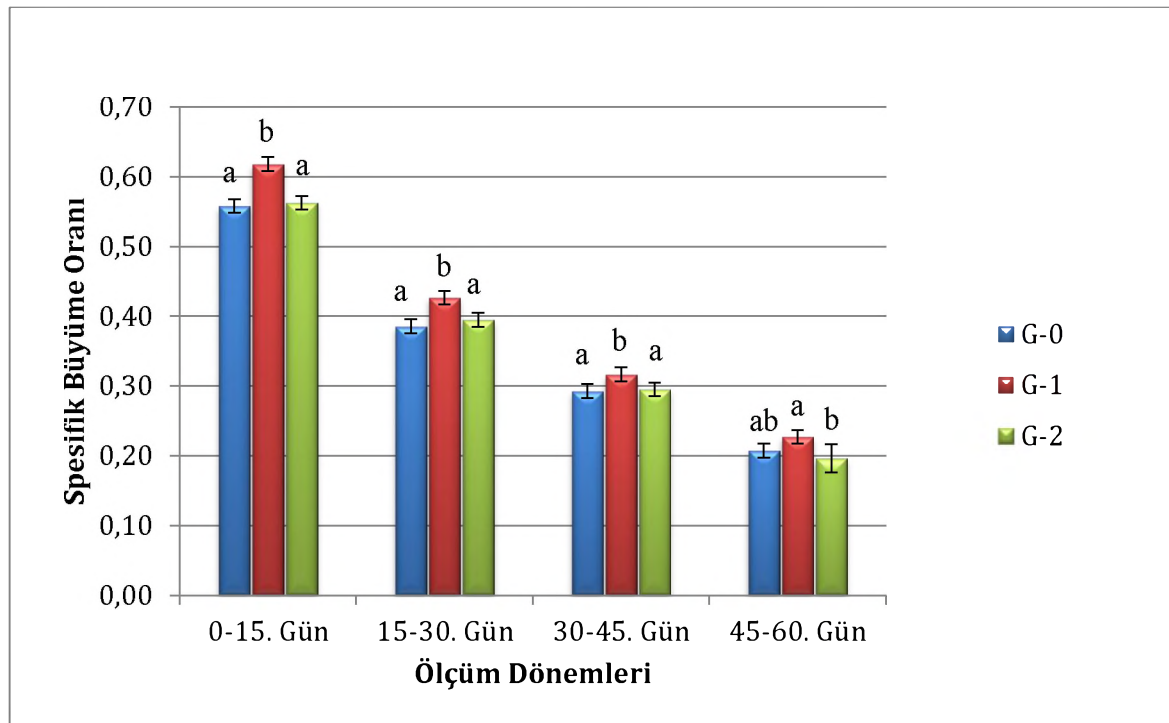
*:Veriler, aritmetik ortalama±S.H olarak ifade edilmiştir. Aynı satırda farklı harflerle ifade edilen harfler istatistiksel olarak farklıdır (p<0,05).

Çizelge 4.5.' de görüldüğü gibi 0-15 yüzde periyotta en yüksek canlı ağırlık kazancının 0,62 ± 0,01 ile G-1 grubunda, en düşük kazancın ise 0,56 ± 0,01 ile G-0 ve G-2 grubunda olduğu, G-1 grubu ile diğer iki grup arasındaki farkın önemli olduğu (p<0,05) tespit edilmiştir.

15-30 günlük periyotta; en yüksek değerin $0,43 \pm 0,01$ ile G-1 grubunda, en düşük değerin ise $0,39 \pm 0,01$ ile G-0 grubunda olduğu ve G-1 grubu ile diğer iki grup arasındaki farkın önemli olduğu ($p<0,05$) gözlenmiştir.

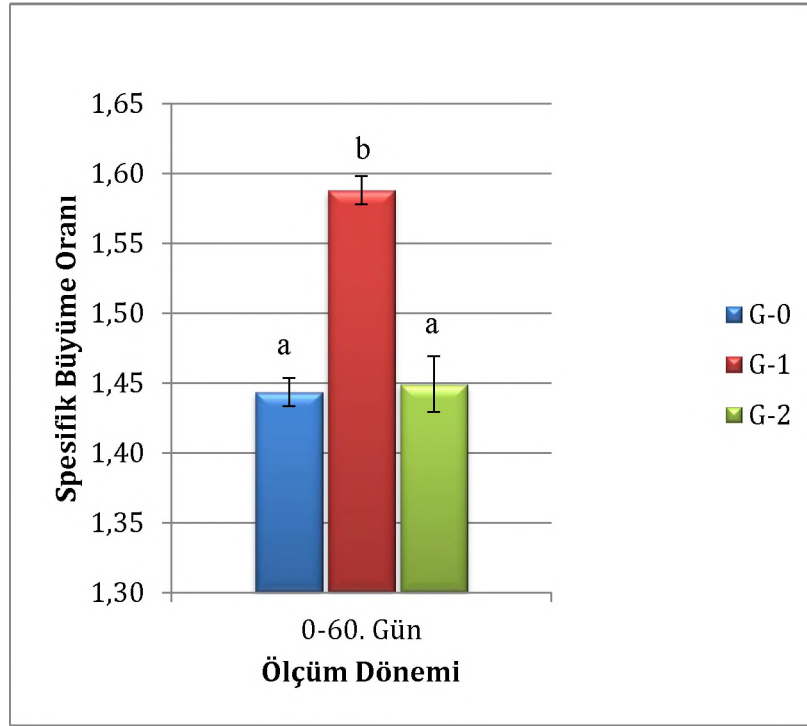
30-45 günlük periyotta; en yüksek değerin $0,32 \pm 0,01$ ile G-1 grubunda, en düşük değerin ise $0,29 \pm 0,01$ ile G-0 grubunda olduğu ve 10 g/kg inülin ilavesinin diğer gruplara göre önemli fark oluşturduğu ($p<0,05$) belirlenmiştir.

45-60 günlük dönemde; en yüksek değerin $0,23 \pm 0,01$ ile G-1 grubunda, en düşük değerin ise $0,20 \pm 0,02$ ile G-2 grubunda olduğu ve G-0 grubunun ayrı ayrı olarak; hem G-1 grubu ile hem de G-2 grubu ile arasındaki farkın önemli olmadığı ($p>0,05$), ancak G-1 ile G-2 grupları arasındaki farkın önemli olduğu ($p<0,05$) tespit edilmiştir.



Şekil 4.8. Ölçüm dönemlerine göre grupların spesifik büyüme oranları

0-60 günlük deneme periyodunun sonunda gruplar arasında spesifik büyüme oranları karşılaştırıldığında; en yüksek değerin $1,59 \pm 0,01$ ile G-1 grubunda, en düşük değerin ise $1,44 \pm 0,01$ ile G-0 grubunda olduğu ve G-1 grubu ile diğer iki grup arasındaki farkın istatistikî açıdan önemli olduğu ($p<0,05$) tespit edilmiştir.



Şekil 4.9. Deneme sonu grupların spesifik büyüme oranları

4.1.6. Yem Dönüştürme Oranı (YDO)

Araştırma gruplarından ölçüm dönemlerine göre elde edilen YDO Çizelge 4.6.' da, bu değerlerle ilgili grafik ise Şekil 4.10. ve 4.11.' de verilmiştir.

Çizelge 4.6. Ölçüm dönemlerine göre grupların yem dönüştürme oranları

Ölçüm Dönemleri	G-0	G-1	G-2
0-15. Gün	0,98 ± 0,01 ^a	0,85 ± 0,01 ^b	0,97 ± 0,01 ^a
15-30. Gün	1,12 ± 0,01 ^a	1,04 ± 0,02 ^b	1,13 ± 0,01 ^a
30-45. Gün	1,16 ± 0,03 ^a	1,06 ± 0,01 ^b	1,15 ± 0,01 ^a
45-60. Gün	1,33 ± 0,01 ^a	1,10 ± 0,01 ^b	1,37 ± 0,02 ^c
0-60. Gün	1,13 ± 0,01 ^a	1,01 ± 0,01 ^b	1,13 ± 0,01 ^a

*:Veriler, aritmetik ortalama±S.H olarak ifade edilmiştir. Aynı satırda farklı harflerle ifade edilen harfler istatistiksel olarak farklıdır (p<0,05).

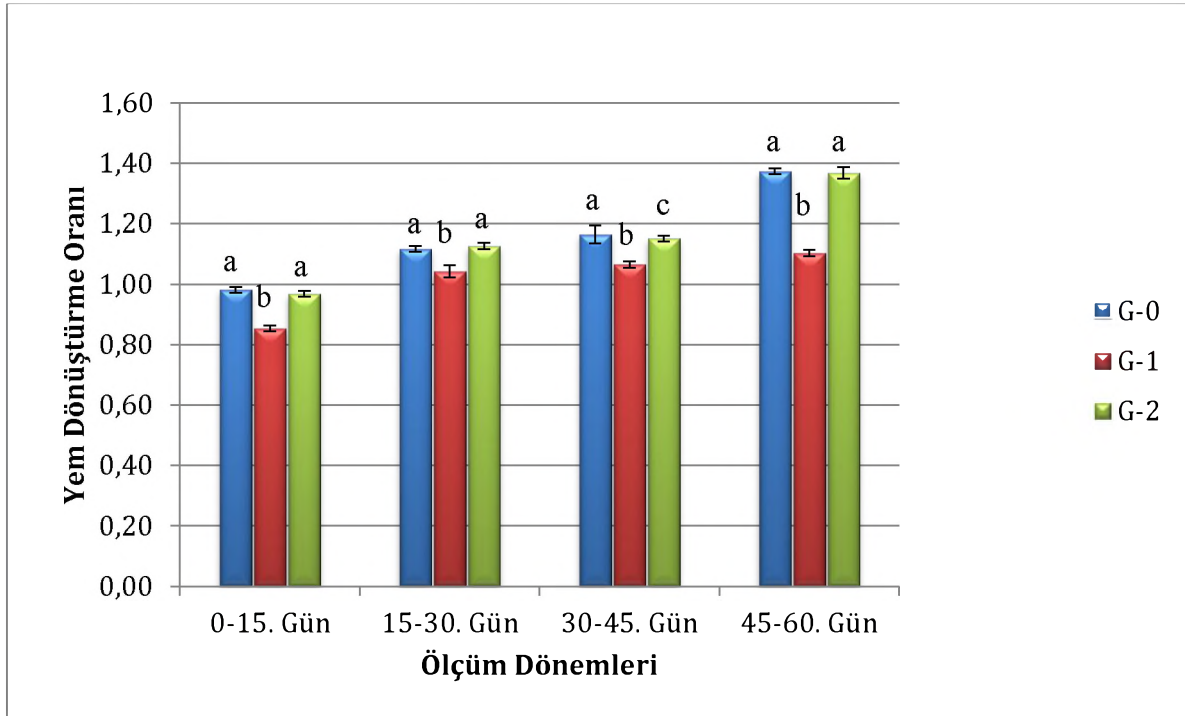
Çizelge 4.6.' da görüldüğü gibi ilk 0-15 günlük periyotta en yüksek değerin 0,98 ± 0,01 ile G-0 grubunda, en düşük değerin ise 0,85 ± 0,01 ile G-1 grubunda olduğu ve G-0 ve G-2 grupları

arasında fark olmadığı ($p>0,05$), G-1 grubu ile diğer iki grup arasında istatistiksel fark olduğu ($p<0,05$) tespit edilmiştir.

15-30 günlük dönemde; en yüksek değer $1,12 \pm 0,01$ ile G-0 grubunda en düşük değer ise $1,04 \pm 0,02$ g ile G-1 grubunda belirlenmiş ve G-0 grubu ile G-2 grubu arasında istatistiksel olarak fark bulunmamasına ($p>0,05$) rağmen G-1 grubunun değerlerinin diğer iki gruba kıyasla istatistiksel olarak farklı olduğu bulunmuştur ($p<0,05$).

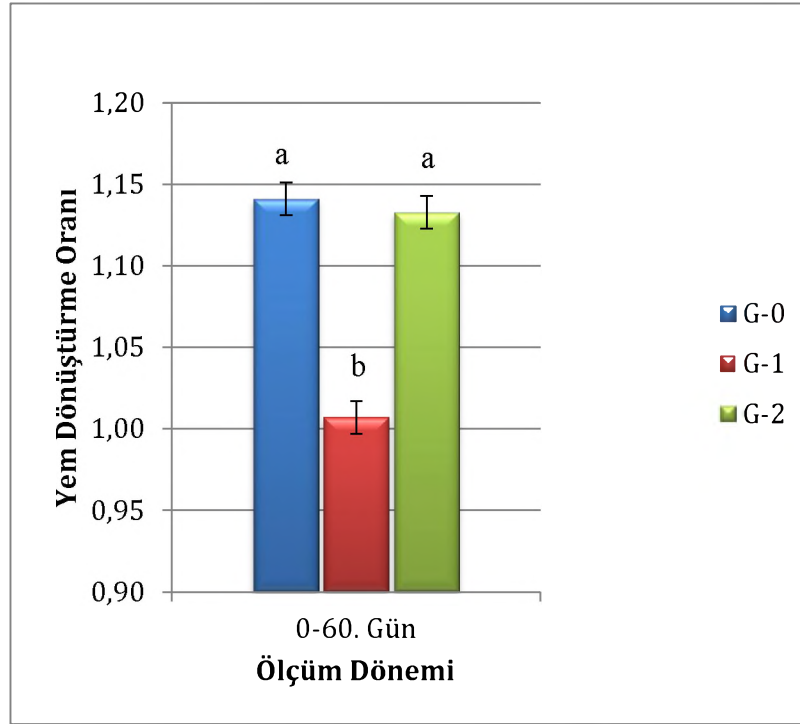
Yine 30-45 günlük dönemde; en yüksek değer $1,16 \pm 0,03$ ile G-0 grubunda, en düşük değer ise $1,06 \pm 0,01$ ile G-1 grubunda olduğu ve G-1 grubu ile diğer iki grup arasındaki farkın önemli olduğu ($p<0,05$) tespit edilmiştir.

45-60 günlük dönemde; en yüksek değer $1,37 \pm 0,02$ ile G-2 grubunda, en düşük değer ise $1,10 \pm 0,01$ ile G-1 grubunda olduğu ve G-1 grubu ile diğer iki grup arasındaki farkın önemli olduğu ($p<0,05$) tespit edilmiştir.



Şekil 4.10. Ölçüm dönemlerine göre grupların yem dönüştürme oranları

Deneme periyodunun sonunda gruplar arasında yem dönüştürme oranları karşılaştırıldığında; en yüksek değer $1,13 \pm 0,01$ ile G-0 ve G-2 gruplarında, en düşük değer ise $1,01 \pm 0,01$ ile G-1 grubunda belirlenmiş ve G-1 grubu ile diğer iki grup arasındaki farkın önemli olduğu gözlenmiştir ($p<0,05$).



Şekil 4.11. Deneme sonu grupların yem dönüştürme oranları

4.1.7. Protein Etkinlik Oranı (PEO)

Araştırma gruplarından ölçüm dönemlerine göre elde edilen PEO Çizelge 4.7.' de, bu değerlerle ilgili grafik ise Şekil 4.12. ve 4.13.' de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Ölçüm dönemlerine göre grupların protein etkinlik oranları

Ölçüm Dönemleri	G-0	G-1	G-2
0-15. Gün	2,15 ± 0,01 ^a	2,51 ± 0,01 ^b	2,24 ± 0,01 ^c
15-30. Gün	1,89 ± 0,01 ^a	2,05 ± 0,01 ^b	1,92 ± 0,01 ^a
30-45. Gün	1,81 ± 0,01 ^a	2,01 ± 0,01 ^b	1,88 ± 0,01 ^a
45-60. Gün	1,59 ± 0,01 ^a	1,94 ± 0,01 ^b	1,58 ± 0,01 ^a
0-60. Gün	1,87 ± 0,01 ^a	2,12 ± 0,01 ^b	1,91 ± 0,01 ^c

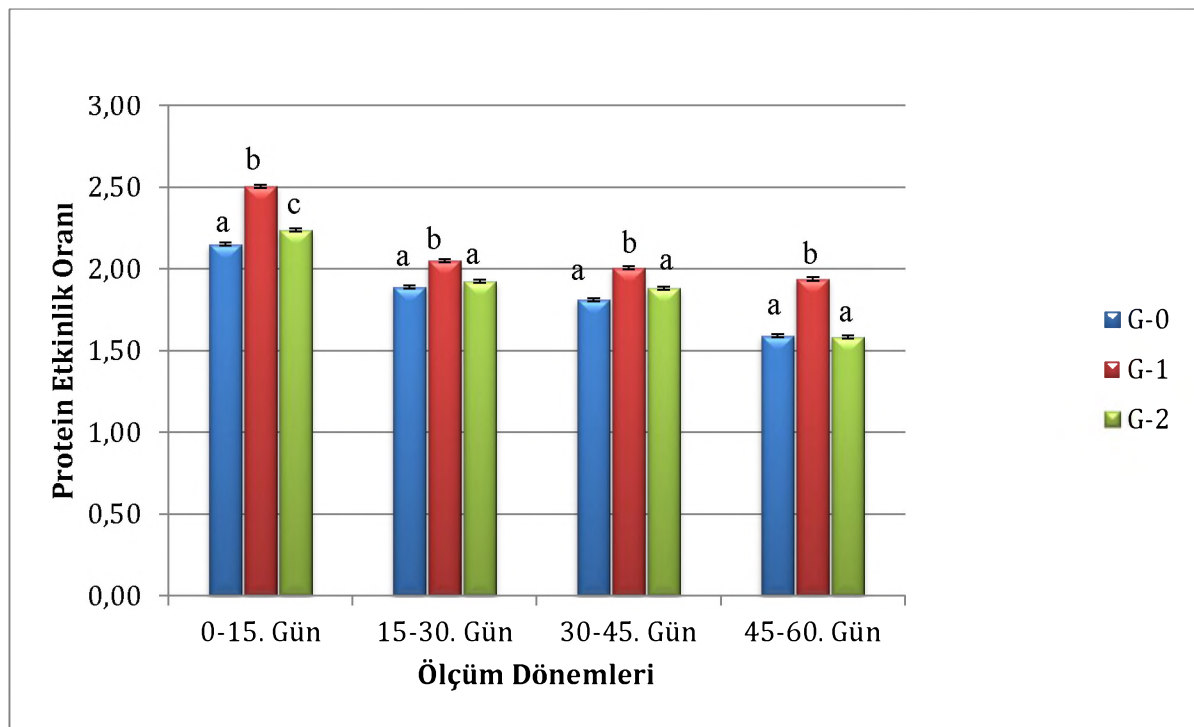
*:Veriler, aritmetik ortalama±S.H olarak ifade edilmiştir. Aynı satırda farklı harflerle ifade edilen harfler istatistiksel olarak farklıdır (p<0,05).

Çizelge 4.7.' de görüldüğü gibi 0-15 yüzde periyotta en yüksek PEO 2,51 ± 0,01 ile G-1 grubunda, en düşük kazancın ise 2,15 ± 0,01 ile G-0 grubunda olduğu, G-1 grubu ile diğer iki grup arasındaki farkın önemli olduğu (p<0,05) tespit edilmiştir.

15-30 günlük periyotta; en yüksek değerin $2,05 \pm 0,01$ ile G-1 grubunda, en düşük değerin ise $1,89 \pm 0,01$ ile G-0 grubunda olduğu ve gruplar arasında farklılığın önemli olduğu ($p<0,05$) gözlenmiştir.

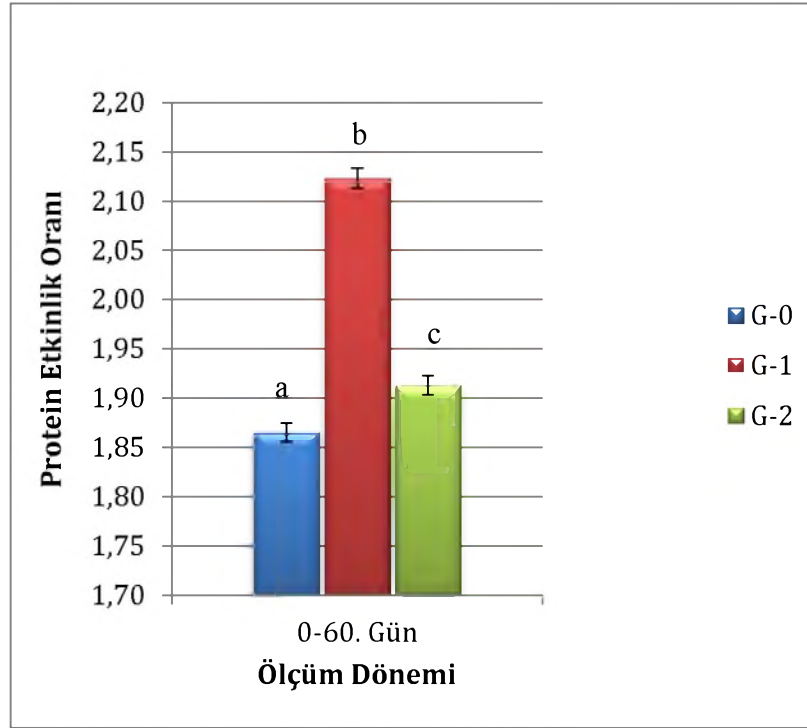
30-45 günlük periyotta; en yüksek değerin $2,01 \pm 0,01$ ile G-1 grubunda, en düşük değerin $1,81 \pm 0,01$ ile G-0 grubunda olduğu ve 10 g/kg inülinin ilavesinin diğer gruplara göre önemli fark oluşturduğu ($p<0,05$) belirlenmiştir.

45-60 günlük dönemde; en yüksek değerin $1,94 \pm 0,01$ ile G-1 grubunda, en düşük değerin ise $1,58 \pm 0,01$ ile G-2 grubunda olduğu ve G-1 grubunun diğer iki grup ile arasındaki farkın önemli olduğu ($p<0,05$) tespit edilmiştir.



Şekil 4.12. Ölçüm dönemlerine göre grupların protein etkinlik oranları

0-60 günlük deneme periyodunun sonunda gruplar arasında PEO karşılaştırıldığında; en yüksek değerin $2,12 \pm 0,01$ ile G-1 grubunda, en düşük değerin ise $1,87 \pm 0,01$ ile G-0 grubunda olduğu ve G-1 grubu ile diğer iki grup arasındaki farkın istatistikî açıdan önemli olduğu ($p<0,05$) tespit edilmiştir.



Şekil 4.13. Deneme sonu grupların protein etkinlik oranları

4.1.8. Hayatta Kalma Oranları

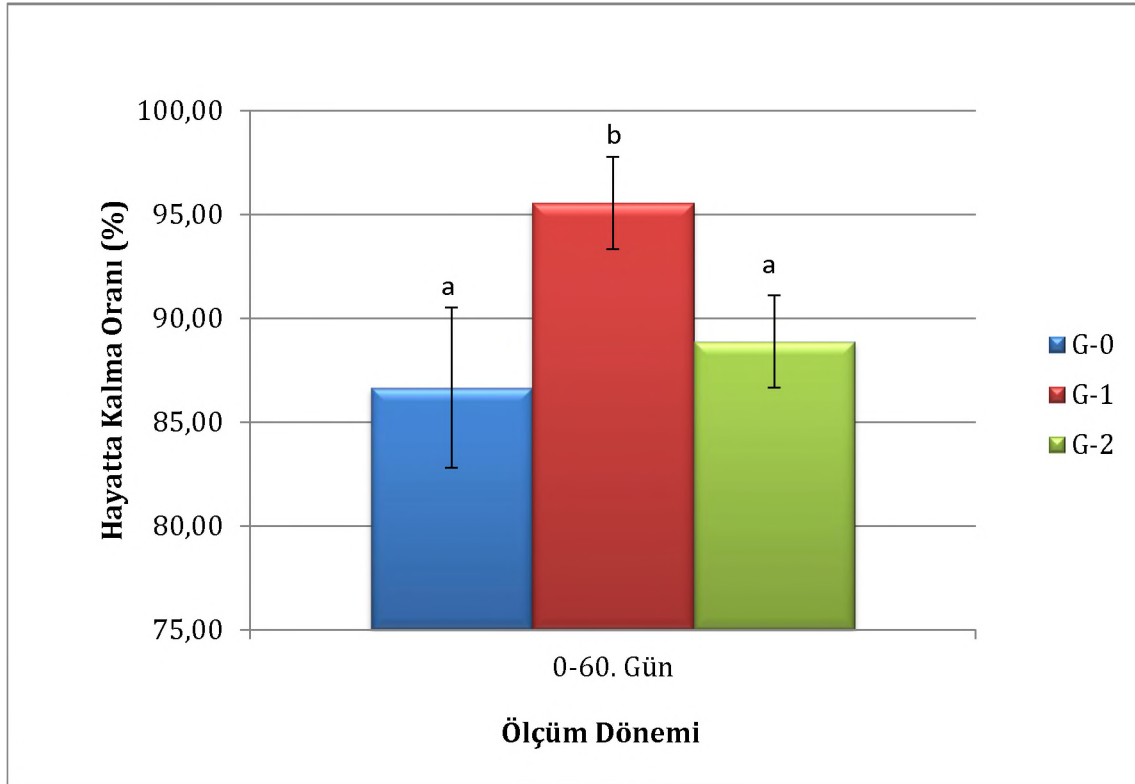
Araştırma gruplarından deneme sonunda elde edilen hayatta kalma oranı değerleri Çizelge 4.8.' de, bu değerlerle ilgili grafik ise Şekil 4.14.' de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Deneme sonunda elde edilen hayatta kalma oranları

Ölçüm Dönemleri	G-0	G-1	G-2
0-60. Gün	86,67 ± 3,85 ^a	95,56 ± 2,22 ^b	88,89 ± 2,22 ^a

*:Veriler, aritmetik ortalama±S.H olarak ifade edilmiştir. Aynı satırda farklı harflerle ifade edilen harfler istatistiksel olarak farklıdır (p<0,05).

0-60 günlük deneme periyodunun sonunda gruplar arasında hayatta kalma oranları karşılaştırıldığında; en yüksek değer 95,56 ± 2,22 ile G-1 grubunda, en düşük değerin ise 86,67 ± 3,85 ile G-0 grubunda olduğu ve G-1 grubu ile diğer iki grup arasındaki farkın önemli (p<0,05), G-0 ile G-2 arasındaki farkın önemsiz olduğu (p>0,05) tespit edilmiştir.



Şekil 4.14. Deneme sonunda elde edilen hayatta kalma oranları

4.2. Balık Kas Dokusunun Besin Madde Bileşenleri

Alabalık yavrularında farklı oranlarda yeme ilave edilen inülinin balıkların kas besin madde kompozisyonu üzerine etkisini belirlemek amacıyla deneme sonunda alınan örneklerden yapılan analizlerin sonuçları Çizelge 4.9.' da ve Şekil 4.15. ve 4.16.' da verilmiştir.

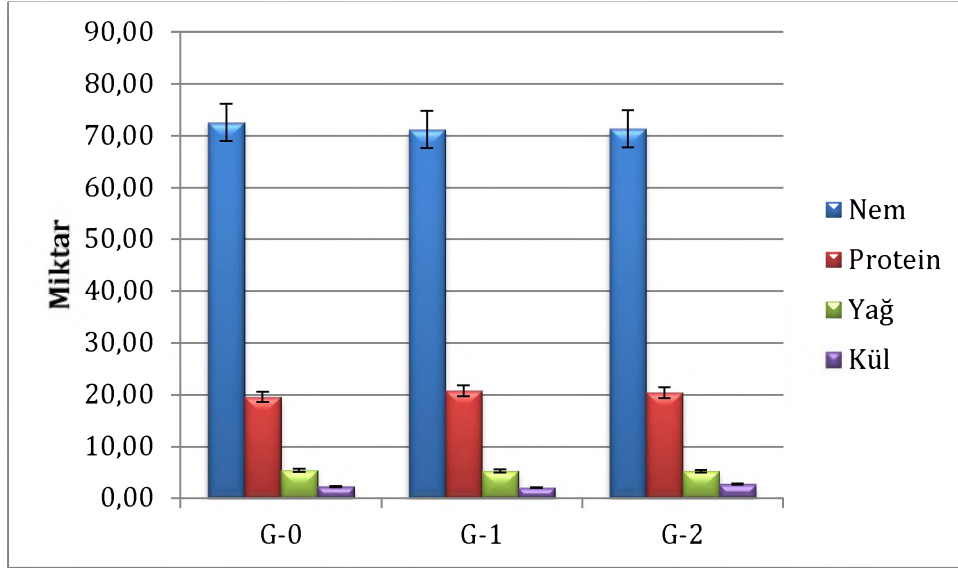
Çizelge 4.9. Deneme sonu elde edilen kas besin madde bileşenleri

Deneme Grupları	G-0	G-1	G-2
Nem	72,58 ± 0,33 ^a	71,21 ± 0,41 ^a	71,38 ± 0,30 ^a
Protein	19,57 ± 0,20 ^a	19,80 ± 0,26 ^a	20,43 ± 0,42 ^a
Yağ	5,40 ± 0,01 ^a	5,30 ± 0,27 ^a	5,25 ± 0,26 ^a
Kül	2,27 ± 0,13 ^a	2,06 ± 0,59 ^a	2,71 ± 0,26 ^a

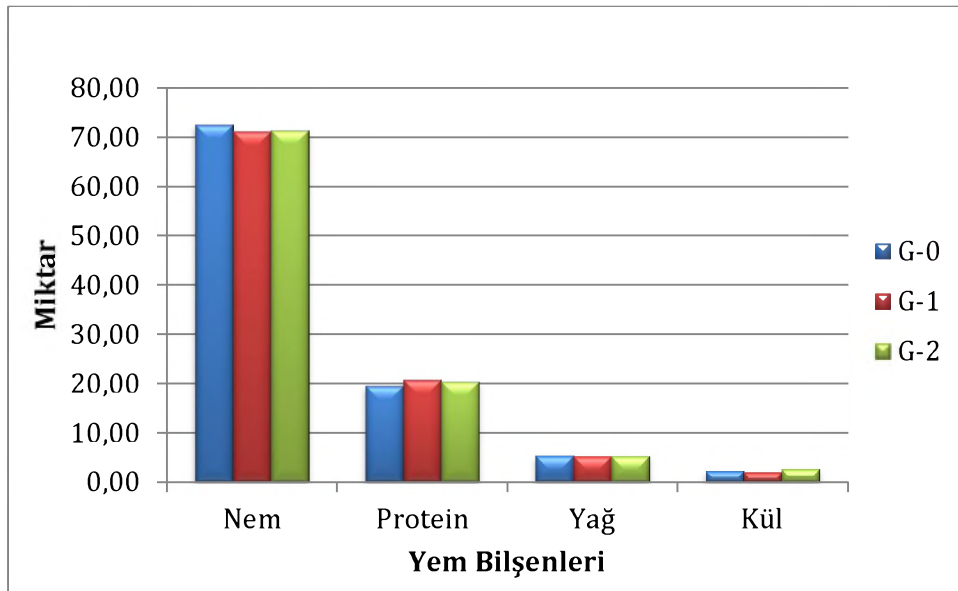
*:Veriler, aritmetik ortalama±S.H olarak ifade edilmiştir. Aynı satırda farklı harflerle ifade edilen harfler istatistiksel olarak farklıdır (p<0,05).

Deneme sonunda fileto besin maddelerinden alınan örnekler değerlendirildiğinde, kuru madde bileşenlerinde ve ham kül bileşenlerinde istatistiksel olarak bir fark belirlenmemiştir ($p>0,05$).

Ham protein oranı en yüksek değer $20,86\pm0,26$ ile G-1 grubunda bulunmuş, ancak diğer gruplarla karşılaştırıldığında istatistiksel olarak önemli fark belirlenmemiştir ($p>0,05$). Lipit oranları değerlendirildiğinde ise en yüksek değer 5,40 ile G-0 grubunda bulunmuş ancak bu grup ile diğer gruplar arasında istatistiksel olarak önemli fark belirlenmemiştir ($p>0,05$).



Şekil 4.15. Deneme gruplarına göre elde edilen kas besin madde bileşenleri



Şekil 4.16. Deneme sonu elde edilen kas besin madde bileşenleri

4.3. Enzim Aktiviteleri

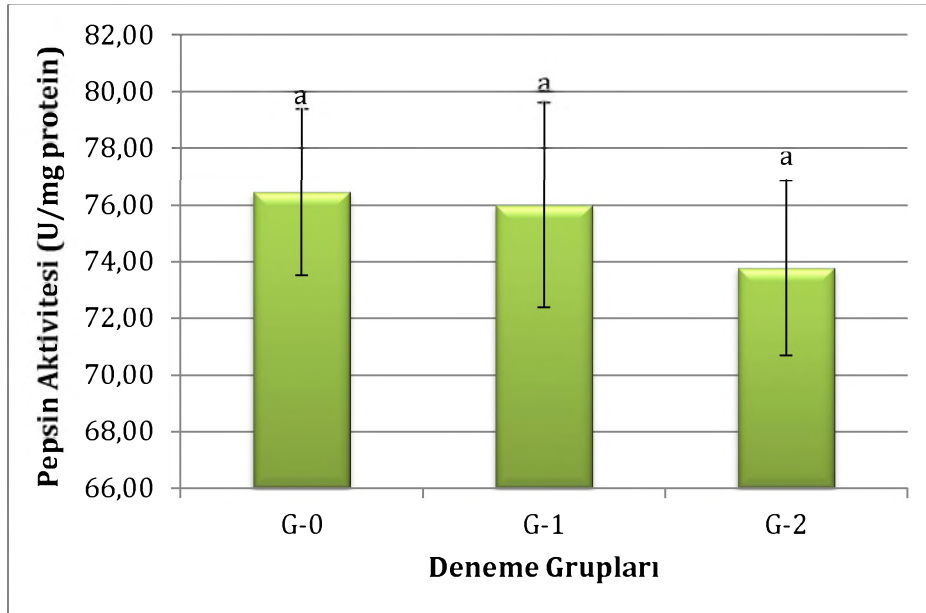
Araştırma gruplarından deneme sonunda alınan örneklerden elde edilen pepsin, tripsin, amilaz ve lipaz aktiviteleri, Çizelge 4.10.' da, bu değerlerle ilgili grafik ise Şekil 4.17., 4.18., 4.19. ve 4.20.' de verilmiştir.

Çizelge 4.10. Deneme sonu elde edilen enzim aktiviteleri

Enzim (U/mg protein)	G-0	G-1	G-2
Pepsin	76,46±2,93 ^a	76,00±3,62 ^a	73,78±3,09 ^a
Tripsin	0,52±0,03 ^a	0,80±0,03 ^b	0,46±0,02 ^a
Amilaz	3,82±0,14 ^a	4,92±0,13 ^b	3,42±0,16 ^a
Lipaz	0,66±0,01 ^a	0,91±0,03 ^b	0,59±0,02 ^a

*:Veriler, aritmetik ortalama±S.H olarak ifade edilmiştir. Aynı satırda farklı harflerle ifade edilen harfler istatistiksel olarak farklıdır (p<0,05).

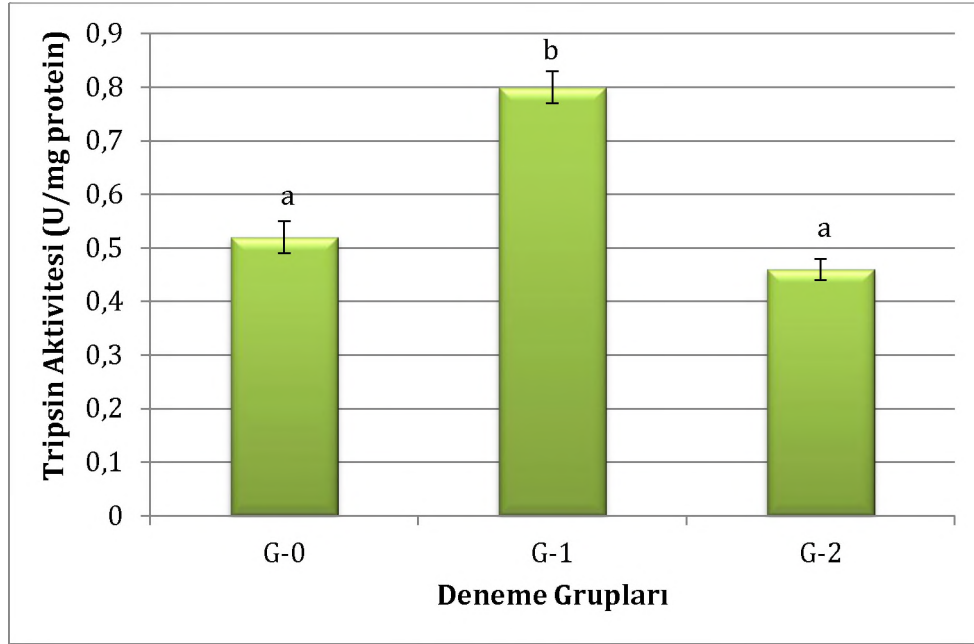
Çizelge 4.10.' da görüldüğü gibi en yüksek pepsin aktivitesi 76,46±2,93 U/mg protein ile G-0 grubunda, en düşük aktivitenin ise 73,78±3,09 U/mg protein ile G-2 grubunda olduğu, ancak pepsin aktivitesinin tüm gruplar arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir (p>0,05).



Şekil 4.17. Deneme sonu grupların pepsin aktiviteleri

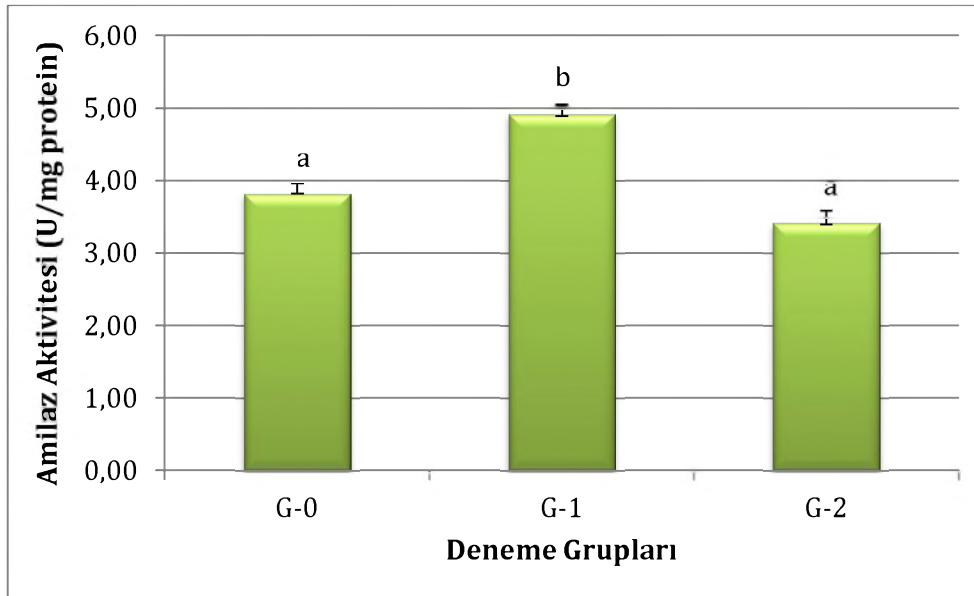
En yüksek Tripsin aktivitesi 0,80±0,03 U/mg protein ile G-1 grubunda, en düşük aktivitenin ise 0,46±0,02 U/mg protein ile G-2 grubunda diğer iki grup arasında önemli farkın

oluştugu ($p<0,05$) ve G-0 ile G-2 olduğu, G-1 grubu ile grupları arasındaki farkın istatistiki açıdan önemsiz olduğu ($p>0,05$) tespit edilmiştir.



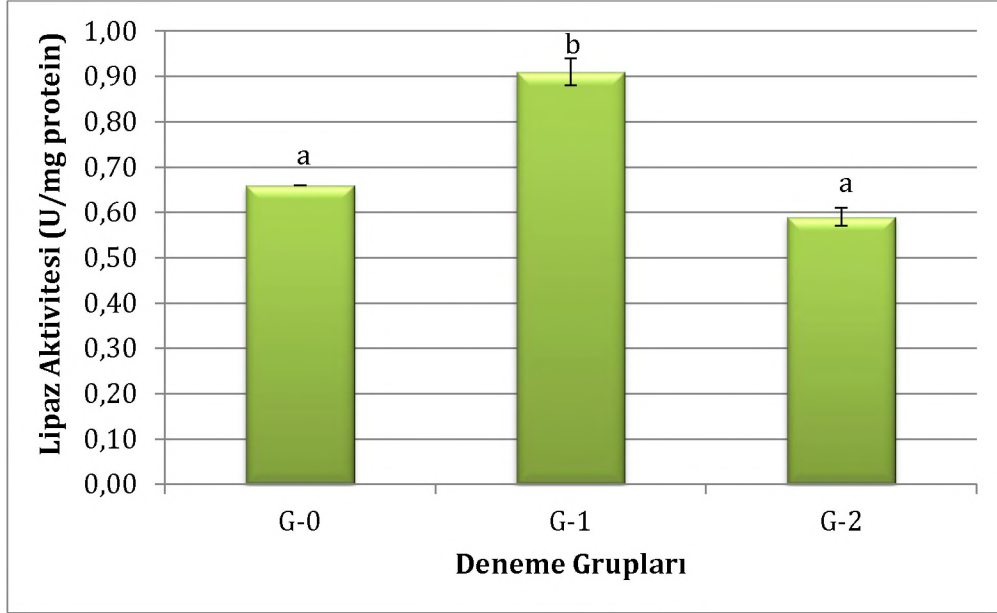
Şekil 4.18. Deneme sonu grupların tripsin aktiviteleri

En yüksek Amilaz aktivitesi $4,92\pm0,13$ U/mg protein ile G-1 grubunda, en düşük aktivitenin $3,42\pm0,16$ U/mg protein ile G-2 grubunda, G-1 grubu ile diğer iki grup arasında önemli farkın olduğu ($p<0,05$) ve G-0 ile G-2 grupları arasındaki farkın istatistiki açıdan önemsiz olduğu ($p>0,05$) tespit edilmiştir.



Şekil 4.19. Deneme sonu grupların amilaz aktiviteleri

En yüksek lipaz aktivitesi $0,91 \pm 0,03$ U/mg protein ile G-1 grubunda, en düşük aktivitenin $0,59 \pm 0,02$ U/mg protein ile G-2 grubunda olduğu, G-1 grubu ile diğer iki grup arasında önemli farkın olduğu ($p < 0,05$) ve G-0 ile G-2 grupları arasındaki farkın istatistiki açıdan önemsiz olduğu ($p > 0,05$) tespit edilmiştir.



Şekil 4.20. Deneme sonu grupların lipaz aktiviteleri

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1. Tartışma

Günümüzde biyoteknoloji alanındaki gelişmeler yetiştiriciliği yapılan türlerin daha az yem ile gelişimini hızlandırma, birim alandan/hacimden elde edilen ürün miktarını ile birlikte ürün kalitesini artırma, dolayısıyla yetiştiricilikteki en önemli amaç olan elde edilen geliri arttırma çabalarına büyük katkı sağlamaktadır. Hayvan yetiştiriciliğinde kullanılan biyoteknolojik ürünler olan enzimler, organik asitler, probiyotikler ve prebiyotikler gibi yem katkı maddeleri hem doğal olmaları, doku ve hayvansal ürünlerde kalıntı bırakmaması, sindirim kanalındaki ekosisteme zarar vermemesi ve bunların yanı sıra performansı arttırıcı etkiye sahip olmaları gibi özellikleri hem de hayvan ve insan sağlığı açısından tehlike yaratmamaları sebebiyle, kullanımlarında sakıncalar taşıyan yem katkı maddelerinin (antibiyotikler ve kemoterapötikler gibi) en önemli alternatifleridir. İnsanların temel protein kaynakları olan hayvansal ürünlerin üretiminde verim arttırıcı ve sağlık iyileştirici faydaları olan bu maddeler ilgili araştırmaların çoğaltılarak tüm faydalarının ortaya konması ilerleyen zamanlarda yetiştiricilik sektörüne büyük katkılar sağlayabilecektir.

Su ürünleri yetiştiriciliğinde istenilen büyüme hızına, kaliteye ve verime ulaşmamızı sağlayacak en önemli değişken kullanılan yemdir. Son yıllarda yemler ve özellikle yemlere eklenebilecek alternatif yem katkı maddeleri ile ilgili yapılan çalışmalar artmıştır. Bu paralelde prebiyotikler ile ilgili değişik balık ve kabuklu su canlıları üzerinde yapılan çalışmalarda bu maddelerin genel anlamda hayvan sağlığını olumlu yönde etkilediği, büyüme parametrelerini geliştirdiği, yemin sindirilebilirliğini arttırdığı yönde etkilerinin olduğu belirtilmektedir. Ancak farklı türler, büyüme aşamaları ve dozlarda büyüme ve gelişmede katkısının ne oranda olacağı yapılacak yeni ve daha kapsamlı çalışmalar ile belirlenebilir. Özellikle ticari öneme sahip türlerde farklı prebiyotik maddelerin etki mekanizmalarının ortaya konması için yapılacak araştırmalara gereksinim olduğu düşünülmektedir.

Günümüzde kullanılan sağlıklı alternatif yem katkı maddelerinin yetiştiricilikte sağladığı faydalar uzun süreden beri araştırılmakla birlikte, bu tür ürünlerin ülkemizde özellikle su ürünleri alanında kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalar çok sınırlıdır. Hem hayvan sağlığı alanında hem de verim arttırmaya yönelik uygulamalarda bu tür ürünlerin kullanımıyla ilgili olarak daha çok araştırma yapılarak, biyokimyasal ve fizyolojik etkilerinin belirlenmesi ve kullanım alanlarının yaygınlaşması halinde yetiştiricilik sektörüne katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Yaptığımız çalışmada Dünya’da ve Türkiye’de ticari olarak yetiştiriciliği yapılan balık türlerinin en önemlilerinden biri olan gökkuşağı alabalığının (*O. mykiss*) büyüme performansını

olumlu yönde etkileyeceği düşünülen inülinin etkileri araştırılmıştır. Bunun sonucunda; CAK, SBO, YDO, PEO, hayatta kalma oranı ile sindirim enzimlerinden olan pepsin, tripsin, lipaz ve amilaz aktiviteleri değerlendirilerek inülinin yem katkı maddesi olarak kullanılıp kullanılamayacağı, kullanılacaksa ne oranda yeme ekleneceğine karar verilmeye çalışılmıştır.

5.1.1. Büyüme ve Yem Değerlendirme

Yapılan çalışmalarda prebiyotiklerin birçok özelliğe sahip olabilecekleri ileri sürülmesine rağmen bunların hepsi araştırmacılar tarafından açıklanamamış ancak bazıları açıklanabilmiştir [13].

Su ürünleri üretim miktarını arttırmak daha fazla yem kullanımına sebep olmaktadır ki, bu da yetiştiricilikte sudaki yem proteininden kaynaklanan azot oranını önemli derecede arttırmaktadır. Azotlu atıkların yaklaşık % 52-95'lik kısmı yem proteininden kaynaklandığı tahmin edilmektedir [98]. Bu sebeple kullanılan yemlerin sindirilebilirliğini arttırmak ve yenmeyen yem miktarını düşürmekle sağlanabilir.

Balığın büyümesi, et kalitesi, yumurta kalitesi, yaşama oranı ve hastalıklara karşı direncin artırılması gibi konular, ticari balık yetiştiriciliğinde öne çıkmış konulardır. Bunları sağlamak amacıyla yemlere, koruyucular (acılaşmaya ve küflenmeye karşı), tatlandırıcılar (aroma vb.), renk ve parlaklığa yönelik maddeler (karotenoyitler), gelişim hızlandırıcı olarak anabolik hormonlar, vitamin ve mineraller, nöroleptikler, sentetik uyarıcılar, enzim, probiyotik ve prebiyotikler gibi pek çok katkı maddeleri eklenmektedir [99].

Yeme inülin ilavesinde ki en önemli amaçlardan biri; yemi oluşturan besin maddelerinin sindirilebilirliğini arttırarak en yüksek düzeyde kullanılması ile yemin sindirilmeden vücut dışına atılan kısmının en aza indirilmesidir. Bu sayede yem tüketiminin ve kaybının en düşük seviyede tutulması sağlanabilecektir. Yem ile alınan prebiyotik maddeler bağırsak villuslarının hem sayı olarak artmasına hem de daha standart bir şekil almasına yardımcı olarak besin emilim alanını genişletir ve besinlerin daha iyi sindirilmesine neden olmaktadır [100-101]. Bağırsak sisteminin gelişmesi ve iyileşmesi sonucunda ise daha iyi absorpsiyon ve yem alımı gerçekleşir. Bu nedenlere bağlı olarak daha iyi büyüme ve YDO elde edilmektedir [102].

Yaptığımız çalışmada CAO, CAK, GCAK ve YCAK'larına baktığımızda sırasıyla en yüksek değerlerin $89,22 \pm 0,46$ g, $54,8 \pm 0,25$ g, $3,65 \pm 0,01$ g ve $\% 159,35 \pm 0,39$ ile G-1 grubunda, en düşük değer ise $80,88 \pm 0,33$ g, $46,86 \pm 0,25$ g, $3,12 \pm 0,01$ g ve $\% 137,73 \pm 0,41$ ile G-0 grubunda belirlenmiştir. G-1 ile diğer iki grup arasındaki farkın önemli olduğu ($p < 0,05$), G-0 ile G-2 karşılaştırıldığında ise G-2 grubu değerlerinin daha yüksek olmasına rağmen aralarında istatistiksel fark olmadığı tespit edilmiştir.

YDO, SBO ve PEO değerlerine bakıldığında; sırasıyla en yüksek değerlerin $1,01 \pm 0,01$, $1,59 \pm 0,01$, $2,12 \pm 0,01$ ile G-1 grubunda, en düşük değer ise YDO' da $1,13 \pm 0,01$ ile G-0 ve G-2 gruplarında, SBO ve PEO' da ise sırasıyla $1,44 \pm 0,01$, $1,87 \pm 0,01$ ile G-1 grubunda belirlenmiştir. Tüm parametrelerde G-1 ile diğer iki grup arasındaki farkın önemli olduğu ($p<0,05$), G-0 ile G-2 karşılaştırıldığında ise YDO' da iki grubun aynı değerlere sahip olduğu, SBO ve PEO' da ise G-2 grubu değerlerinin daha yüksek olmasına rağmen aralarında istatistiksel farkın olmadığı tespit edilmiştir. Hayatta kalma oranı açısından gruplar karşılaştırıldığında ise en iyi hayatta kalma oranı $\% 95,56 \pm 2,22$ ile G-1 grubunda, en düşük değer ise $86,67 \pm 3,85$ ile G-0 grubunda olduğu ve G-1 grubuyla diğer iki grup kıyaslandığında aralarındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Diğer iki grup karşılaştırıldığında ise G-2 grubunun hayatta kalma oranı daha yüksek olmasına rağmen aralarındaki farkın önemli olmadığı saptanmıştır ($p>0,05$).

Daha önce inülin ile yapılmış çalışmalarda; 10 g/kg inülinin denizgüzeli (*S. ocellatus*)'ların YDO ve ağırlık kazancını önemli derecede arttırdığı [56]; 5 g/kg inülinin Nil tilapyasında (*O. niloticus*) daha iyi büyüme sağladığı [60]; 5, 10 g/kg inülin içeren yemlerle beslenen sazanlarda (*C. carpio*) inülin ile beslenen balıkların büyüme performansı ve yem kullanımında önemli fark bulunmadığı ama inülinin yaşam oranını önemli derecede arttırdığı [66]; 5 g/kg inülin eklenmiş yemle beslenen alabalıklarda daha iyi büyüme ve YDO elde edildiği ($P<0,03$) [65]; 0, 2,5 ve 5 g/kg inülin katkılı yemlerin Nil tilapyasında (*O. niloticus*) daha iyi büyüme sağladığı ve bağırsak villi ve goblet hücre sayılarını artırdığı [67]; Asya levreğinde (*L. calcarifer*) inülinin SBO ve YDO'yu önemli ölçüde iyileştirdiği, ancak son ağırlık ve ağırlık kazancının ikinci derecede önemli bir seyir izlediği [68]; *L. rohita* ların 10^6 cfu/ml *Paenibacillus polymyxa* + 2 g/kg inülin içeren yemlerle en iyi büyüme performansı ve hayatta kalma oranı gösterdiği [69]; bulunmuştur.

Prebiyotiklerin yeme eklenmesi glikoz alımında [103] ve iz elementlerin biyolojik olarak kullanılabilirliğini [104] arttırmaktadır.

Prebiyotikler bağlama kapasitesine sahiptirler ve bu nedenle kalsiyum, magnezyum ve demir gibi minerallerin emilimini arttırmaktadırlar. Bu mineraller ince bağırsakta emilemez ve böylece kolona ulaşırlar. Burada serbest hale gelerek emilmektedirler [8]. Prebiyotikler, bağırsak pH'ını düşürerek kalsiyum, magnezyum ve demir iyonları gibi minerallerin çözünürlüğünü ve emilimini arttırmaktadırlar. Bu etki divalent katyonlara bağlanan bazı maddelerin (myoinositol hekzafosfat) fermentasyonu yoluyla görülmektedir. Ayrıca kalsiyum-SCFA etkileşimi de mineral emilimini arttırmaktadır [105].

Prebiyotikler bağırsak mukozasında artışa sebep olarak sindirimin etkinliğini de artırır [106], ayrıca vitamin ve enzimlerin bir dizi üretimi yolu ile sindirim işlevine katkıda bulunmaktadır [107].

Balıkların büyüme parametreleri (CAO, CAK, GCAK, YCAK, YDO, SBO ve PEO) dikkate alındığında bu çalışmalar bizim çalışmamıza paralel olarak büyüme parametrelerini olumlu yönde etkilemişlerdir. Çalışmamızda elde edilen değerler göz önünde bulundurulduğunda yeme doğru oranda inülin eklendiğinde sindirim sistemini olumlu yönde etkileyerek yemde kullanılan maddelerin sindirilebilirliğini, bağırsaklarda besin emilimini ve biyo-yararlılığını arttırdığı düşünülmektedir. Bu olumlu etkiler neticesinde de balıklar daha iyi büyüme değerleri elde edebilmiştir. Ayrıca hayatta kalma oranları değerlendirildiğinde daha önce yapılmış çalışmalarda bizim çalışmamızla benzer olarak prebiyotiklerin hayatta kalma oranını arttırdığı saptanmıştır [64-66-69-83].

Denememiz ile ulaştığımız bu sonuçlar inülinin daha iyi büyüme değerleri elde edebilmek adına alabalıkların ön büyütme yemlerinde katkı maddesi olarak kullanılabileceği anlamı taşıdığı düşünülmüştür.

Daha önce yapılan bazı çalışmalarda ise; Kalkan balığı (*P. maxima*) yemlerine 20 g/kg inülin, oligofruktoz, laktosüktroz eklenmiş, kontrol grubunda ise 20 g/kg selüloz kullanılmış ve önemli farkın oligofruktoz içeren yemle beslenen grupta olduğu [55]; mersin balığında (*H. huso*) inülin içeren yemin ağırlık kazancı, SBO, PEO ve YDO' düşürdüğü [57]; Gökkuşluğu alabalığı (*O. mykiss*) juvenillerinin ağırlık kazancı ve SBO (%1, %2, %3) inülin eklenmiş gruplar göre kontrol grubunda daha iyi olduğu, YDO, PEO ve değerlerinin ise tüm gruplarda aynı olduğu [58]; farklı oranlarda (%1, %2 ve %3) inülin ilaveli yemlerle yavru mersin balıklarını (*H. huso*) beslemişler en yüksek YCAK'ının kontrol grubunda olduğu [59]; sivriburun karagözlerde (*D. puntazzo*) 8 g/kg MOS ve inülinin büyüme parametrelerinde herhangi bir fark oluşturmadığı [64]; 5, 10 g/kg inülin içeren yemlerle beslenen sazanlarda (*C. carpio*) inülin ile beslenen balıkların büyüme performansı ve yem kullanımında önemli fark bulunmadığı ama inülinin yaşam oranını önemli derecede artırdığı [66]; saptanmıştır.

Daha önce yapılan bu çalışmalarda ise bizim çalışmamıza zıt olarak inülinin ağırlık kazancı ve büyümeye olumlu bir katkısının olmadığı hatta büyümeyi olumsuz etkilediği sonucu çıkarılabilmektedir.

Yapılan bir çalışmada araştırmacılar yeme 150 g/kg inülin eklenmesinin Alp alabalığının bağırsaklarında hasar oluşturduğunu ve enterositler üzerinde inülinin zarar verici etkisinin gözlemlendiğini bildirmişlerdir [50]. Bizim çalışmamızda G-2 grubu ile G-0 grubunun değerlerinin farklı olmadığı gözlenmiştir. Balık tarafından alınan uygun dozdan fazla miktarda inülinin bağırsak villilerini olumsuz etkilemiş olabileceği düşünülmektedir.

Büyüme parametreleri üzerine yapılan tüm çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde inülinin tüm balık türlerinde ve/veya aynı tür balıkların tüm büyüme dönemlerinde ya da balığın yetiştirildiği ortam koşullarına (su sıcaklığı, pH, oksijen, suyun kimyasal yapısı vb.), inülin kaynağına ve dozuna bağlı olarak farklı etkiler gösterdiği gözlemlenmiştir.

Çalışmamızda, ham protein oranı en yüksek $20,86 \pm 0,26$ ile G-1 grubunda bulunmuş ama diğer gruplarla karşılaştırıldığında istatistiksel olarak fark belirlenmemiştir ($p > 0,05$). Lipit oranları değerlendirildiğinde ise en yüksek değer 5,40 ile G-0 grubunda bulunmuş ancak bu grup ile diğer gruplar arasında istatistiksel olarak fark belirlenmemiştir ($p > 0,05$). Yapılan çalışmada yeme farklı oranlarda katılan inülin besin fileto kompozisyonunu etkilememiştir. Daha önce inülin ile çalışılan yayınlar arasında besin bileşenleri sadece bir çalışmada araştırılmış ve bu çalışmada da besin fileto bileşenlerinden protein ve lipit değeri inülin eklenmiş grupta arttırmış ancak istatistiksel bir fark oluşturmamıştır [65]. Bizim çalışmamızda 10 g/kg inülin her ne kadar protein miktarını arttırsa da istatistiksel bir fark oluşmamıştır. Yeme eklenen inülin katkısından dolayı besin fileto bileşenleri olumsuz bir şekilde etkilenmemiştir.

Bizim çalışmamızda saptanan olumlu büyüme etkisi nedeniyle yeme doğru oranda eklenen inülinin alabalıkların ön besleme döneminde kullanılması uygun bir yem katkısı olduğu düşünülmektedir.

5.1.2. Sindirim Enzimleri

Balıklar; proteinler, yağlar ve karbonhidratları enerji kaynakları olarak kullanırlar. Vücudun biyokimyasal süreçlerinin etkin bir şekilde yürüyebilmesi için yeterli miktarda enerji sağlanması zorunludur [108]. Balıkların elde ettikleri enerjiyi öncelikli olarak yaşamsal faaliyetlerini devam ettirebilmek için kullanırlar. Bu faaliyetler sonrası kalan enerji ise büyüme ve gelişme için kullanılır. Vücut tarafından kullanılabilecek besin maddeleri sindirim sisteminde enzimlerin katıldığı kimyasal tepkimeler sonucu alınan yemin daha küçük ve basit bileşenlerine ayrılmasıyla sağlanır [110].

En yüksek pepsin aktivitesi $76,46 \pm 2,93$ U/mg protein ile inülin eklenmeyen grupta, en düşük kazancın ise $73,78 \pm 3,09$ U/mg protein ile 20 g/kg İnülin eklenen grupta olduğu, ancak tüm gruplar arasındaki farkın istatistiki açıdan önemsiz olduğu tespit edilmiştir ($p > 0,05$).

En yüksek Tripsin aktivitesi $0,80 \pm 0,03$ U/mg protein ile G-1 grubunda, en düşük kazancın ise $0,46 \pm 0,02$ U/mg protein ile G-2 grubunda olduğu, G-1 grubu ile diğer iki grup arasında önemli farkın olduğu ($p < 0,05$) ve G-2 grubu ile G-0 grubu arasındaki farkın istatistiki açıdan önemsiz olduğu ($p > 0,05$) tespit edilmiştir.

En yüksek Amilaz aktivitesi $0,91 \pm 0,03$ U/mg protein ile G-1 grubunda, en düşük kazancın $0,59 \pm 0,02$ U/mg protein ile G-2 grubunda olduğu, G-1 grubu ile diğer iki grup arasında önemli farkın olduğu ($p < 0,05$) ve G-2 grubu ile G-0 grubu arasındaki farkın istatistiki açıdan önemsiz olduğu ($p > 0,05$) tespit edilmiştir.

En yüksek Lipaz aktivitesi $4,92 \pm 0,13$ U/mg protein ile G-1 grubunda, en düşük kazancın $3,42 \pm 0,16$ U/mg protein ile G-2 grubunda olduğu, G-1 grubu ile diğer iki grup arasında önemli

farkın olduğu ($p < 0,05$) ve G-2 grubu ile G-0 grubu arasındaki farkın istatistiki açıdan önemsiz olduğu ($p > 0,05$) tespit edilmiştir.

Daha önce yapılmış çalışmalarda; alabalıkları kontrol, 10 g/kg sarımsak tozu, 10 g/kg zencefil tozu ve 15 g/kg LPS tozu eklenmiş yemlerle beslemişler, sarımsağın pepsin aktivitesini LPS ve zencefile göre daha fazla arttırdığını, asit proteaz aktivitesinin LPS ve sarımsağın önemli derecede arttırdığını, tripsin aktivitesinde gruplar arasında önemli bir fark bulunamadığı [82]; 10^{10} CFU/ml probiyotik eklenmiş yemlerle beslen post larva dönemindeki siyah kaplan karidesinin büyüme ve hayatta kalma oranlarının kontrol grubuna göre daha iyi olduğu, tripsin aktivitesinin ise gruplar arasında bir fark oluşturmadığı [83]; sarıkuyruk bireylerinde balık yağının, kanatlı ve kanola yağı ile % 50 oranında değiştirilmesi ile hazırlanan rasyonlarla, 18 °C ve 22 °C de beslemişler, 18 °C' de beslenen balıkların amilaz, lipaz ve tripsin aktiviteleri 22 °C' de beslenen bireylere göre daha düşük olduğu, genel olarak amilaz aktivitesinin etkilenmediği, tripsin aktivitesinin kanola yağı ile beslenen balıklarda, %100 balık yağı, %50 balık yağı ve %50 kanatlı yağı ile beslenen gruplara göre daha düşük olduğu ve lipaz aktivitesinin kanola yağı ile beslenen balıklarda her iki su sıcaklığında da önemli derecede düşük olduğu [84]; balık unu yerine % 20, 30 ve 53 oranlarında pirinç proteini ilave edilen yemlerle beslenen alabalık bireylerinde proteaz, amilaz ve lipaz aktivitelerinin etkilenmediği [85]; çipura larva kültüründe ilk 20 günlük besleme döneminde canlı yeme ve tank ortamına *Bacillus spp.* grubu probiyotik uygulaması yapılmış, büyüme parametreleri açısından deneme grubu ile kontrol grubu arasındaki farklılıklar önemli olmadığı, alkaline proteaz aktivitesinin önemli ölçüde arttığı, asit proteaz aktivitesinde farklılık gözlenmediği [86]; sargoz (*Diplodus sargus*) ve sariağız (*Argyrosomus regius*) bireylerini % 1 ve % 2 oranında fermentasyon sonucu elde edilmiş maya (BSY, *Saccharomyces pastorianus*) eklemişler beslemişler, sariağızda, bağırsaktaki en yüksek amilaz aktivitesi kontrol grubunda, sargoz balığındaki en yüksek amilaz aktivitesi % 2 BSY'de, en yüksek lipaz aktiviteleri ise sariağızdaki % 2 BSY'de, sargoz balığında % 1 BSY'de, en yüksek proteaz aktivitesi, sariağızda kontrol grubunda sargoz için % 1 BSY'de olduğu [87]; 0,5, 1 ve 1,5 g/kg Biomin® IMBO synbiotic ilaveli yemlerle beslenmiş sazan balıklarının tripsin ve kimotripsin aktiviteleri kontrol grubuna göre önemli derecede artarken, α -amilaz, lipaz ve alkali fosfataz enzimlerinde önemli bir fark gözlenmediği [88]; saptanmıştır.

Yaptığımız kaynak araştırmasında yem katkı maddesi olarak kullanılan inülinin enzim aktivitelerine etkisi üzerine yapılmış bir çalışma bulunmamıştır. Ancak yeme eklenen farklı maddelerin ve yemleme rejiminin enzimler üzerinde etkisinin araştırıldığı kaynaklar bulunmuştur.

Daha önce yapılmış çalışmalar değerlendirildiğinde; yeme eklenen katkı maddeleri ve/veya yetiştiricilikte kullanılan yeni hammaddelerin enzim aktivitelerini etkileyebileme özelliklerinin olabileceği gözlenmiştir. Bu maddeler enzim aktivitelerini her zaman olumlu

yönde etkilememiş veya kullanılan maddelere göre bazı enzimler etkilenirken diğerleri etkilenmediği saptanmıştır. Prebiyotiklerin fonksiyonel etkileri dikkate alındığında bu maddelerin yeme ilave edilmesi ile balığın yem alımının ve sindirim enzim aktivitelerinin olumlu yönde etkilenebileceği varsayılmaktadır. Enzim aktivitelerinin etkilenmesi; kullanılan maddeye, balık türüne, yetiştiricilik yapılan koşullara ve balıkların büyüme dönemlerine göre farklılık gösterdiği düşünülmektedir.

Sindirim, tüketilen yem veya besin materyalinin basit, küçük, absorbe edilebilecek moleküllere parçalandığı süreçtir. Bu fonksiyon esas olarak sindirim enzimleri tarafından gerçekleştirilir. Balıklarda besin sindirimi sindirim kanalının lümeninde gerçekleşir ve sindirim oranı biyolojik ve çevresel faktörler tarafından etkilenmektedir [110].

Pepsin, seçimli olarak polipeptit zincirindeki tirozin, fenilalanin ve triptofan gibi aminoasit kalıntılarının amino grubu tarafına amino asit saldırarak etkili olur ve polipeptit zincirini parçalama sonucu peptonları oluşturur. Ancak pepsin, keratin, histonlar ve protaminlere etki etmez. Midede oluşan polipeptit ince bağırsağa geçer [110]. Çalışmamız sonucunda bulduğumuz pepsin aktivitesinin gruplar arasında fark göstermemesinin sebebi prebiyotik bir madde olan inülinin alabalık midesinde sindirilememesi ve burada herhangi bir etki göstermeden bağırsağa geçmesi olduğu düşünülmektedir.

Yağların sindirimi ince bağırsakta başlar. Yağların sindiriminde karaciğer tarafından salgılanan ve safra kesesinde korunan safra tuzları ve lipazlar oynar. Safranin içinde gallik asit bulunur. Büyük yağ parçacıklarını küçük zerrelere haline getirir. İnce bağırsakta yağlar karaciğerden salgılanan safra ile çözünür ve yüzeyi genişleyerek pankreas öz suyundaki lipaz ile parçalanır. Yağlar, safra tuzlarının ve pankreastan salgılanan lipaz enziminin etkisiyle ince bağırsakta yağ asidi ve gliserole ayrılır. Safra tuzları, yağ damlalarının yüzeyini artırarak lipaz enziminin etkisini kolaylaştırır. Oluşan sindirim ürünleri hücre zarından geçebilir ve hücrelerde yapı maddesi olarak veya vücudun enerji ihtiyacının karşılanmasında kullanılabilirler [112].

Karbonhidratların kana geçebilmesi için sindirim organlarında en küçük yapı birimi olan glikoz, fruktoz, galaktoz, riboz ve deoksiriboz monomerlerine kadar parçalanmaları gerekir. Karbohidratların sindiriminde görev alan amilaz enzimi, nişasta ve glikojenin her seferinde en merkezsiz α (1-4) glikozidik bağlarını hidroliz eder. Karbohidratlar midede değişikliğe uğramadan ince bağırsağa geçerler. Burada pankreas öz suyundaki amilaz ile tamamen maltoza ve dekstrine parçalanırlar [112]. Daha sonra ince barsak bezlerinden salgılanan maltaz, laktoz ve sükroz enzimleri disakkaritleri monosakkaritlere ayrıştırır [110].

İnsan sağlığını da olumlu yönde etkileyerek koruyucu özelliklerinin yanı sıra birçok kronik hastalığın tedavisinde de kullanılabilen inülin ve oligofruktozlar, önemli fonksiyonel besin bileşenleridir. Kalın bağırsak mikroflorasının dengesini sağlarlar. Bazı minerallerin biyolojik yararlılığını arttırırlar. Dışkı üretimini kontrol ederek, dışkı üretimi, bağırsak

hareketleri ve transit zamanı etkileyerek, gastrointestinal sistemi düzenlerler. Bağışıklık sistemini güçlendirirler. Lipit metabolizması ve kan şekerinin düzenlenmesinde etki gösterirler. Enerji değerlerinin düşük olması ve kimyasal yapıları nedeniyle hem tatlandırıcı, hem de lipit benzeri maddelerdir[113].

Prebiyotikler bakteriler tarafından SCFA (propionat, asetat ve butirat; daha az oranda format, valerat ve kaprolat) dönüştürebilirler ve bu asitlerinin üretimi sonucu bağırsak pH'sı asidik aralıkta (pH 5-6) kalır [114].

Prebiyotikler, bağırsak pH'ını düşürerek kalsiyum, magnezyum ve demir iyonları gibi minerallerin çözünürlüğünü ve emilimini [105], glikoz alımını [103], iz elementlerin biyolojik olarak kullanılabilirliğini [104], arttırmaktadır. Bunlara ek olarak bağırsakta inülin fermentasyonu sonucu oluşan SCFA gibi ürünler bağırsak hücreleri tarafından enerji kaynağı olarak kullanılabilir [13]. Dahası Bifidobakteriler, B1, riboflavin, B6 ve K vitaminlerinin üretimine katkı sağlar [115]. Prebiyotiklerin göstermiş olduğu bu ve benzeri fonksiyonel etkileri alabalığın ön bağırsağında aktif olan tripsin, lipaz ve amilaz aktivitelerini önemli ölçüde arttırmış olabileceği, bunun sonucunda; artan tripsin aktivitesi midede pepsin tarafından daha küçük parçalara ayrılarak bağırsağa geçen proteinlerin sindirimini, lipaz ve amilaz aktiviteleride ki artış ise yağların ve karbonhidratların sindirimini arttırmış olabileceği varsayılmaktadır. Sindirim fonksiyonun gerçekleşmesi için esas olarak sindirim enzimlerine ihtiyaç duyulması sebebiyle tripsin, lipaz ve amilaz aktivitelerindeki artış balığa verilen yemin daha iyi sindirilmesini sağlamış, buna bağlı olarak da balığın YDO, SBO, PEO, CAK gibi büyüme parametrelerine olumlu katkı sağlayarak daha iyi büyüme elde edilmiş olacağı düşünülmektedir.

5.2. Sonuç

Son zamanlarda dünyada ve ülkemizde su ürünleri yetiştiriciliği giderek artmaya başlamış ve bunun paralelinde yetiştiricilik endüstrisinin sürdürülebilirliğini devam ettirebilmesi için en düşük maliyetle en fazla ürünü elde etme çabası göstermektedir. Sektör düşük maliyetle maksimum gelir amaçlarken insanların son yıllarda sağlıklı gıdaya talebinin artması geleneksel olarak kullanılan antibiyotik, pestisit ve diğer kimyasal maddelerin kullanımı insan ve hayvan sağlığına verdiği çeşitli zararlardan dolayı sektörü doğal olarak elde edilebilen alternatif yem katkı maddelerine yönlendirmektedir. Bu yetiştiricilik işletmelerinin en büyük gideri olan yemin hem sağlıklı hem de düşük maliyetli olması konusunu gündeme getirmektedir. Bu amaçla, yetiştiriciliği yapılan türün kullanılan yemden hem yüksek düzeyde yararlanmasını için türün tüm besin gereksinimlerini tam anlamıyla karşılaması hem de maliyetinin ucuz olması gerekmektedir.

Bu nedenle yetiştiriciliği yapılan türlere uygun yem üretimi ve bu yemlerde kullanılan katkı maddeleri önem arz etmektedir. Prebiyotikler de insan ve hayvan sağlığını geliştirici etkileri, büyüme parametrelerine olumlu etkilerinden dolayı yemlere eklenen doğal katkı maddeleri arasında önemli bir yere sahiptir.

Bu araştırmada inülin farklı seviyelerde (0, 10, 20 g/kg) yeme eklenerek gökkuşağı alabalığının (*O. mykiss*) büyüme performansları ve enzim aktiviteleri araştırılmıştır. Sonuçlar ele alındığında, büyüme parametreleri ve incelenen sindirim enzim aktiviteleri (pepsin hariç) en iyi 10 g/kg inülin içeren yemle beslenen grup bireylerinde elde edilmiştir.

Deneme sonunda elde edilen değerler göz önünde bulundurulduğunda verilebilecek sonuçlar ve öneriler aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

1) Denemeler sonunda elde edilen CAO, CAK, GCAK, YCAK değerlerine bakıldığında en iyi değerlerin G-1 grubunda olduğunu göstermiştir. G-0 ile G-2 grupları arasında ise istatistiki bir fark bulunmamış ancak G-2 grubunun değerleri daha iyi saptanmıştır.

2) Yem Dönüştürme Oranı değerlerine bakıldığında, G-1 grubunda (1,01), diğer iki grubun değerleri ise aynı olduğu (1,13) saptanmıştır. Yemi dönüştürme oranı ticari olarak ele alındığında mümkün olduğunca düşük olması kullanılan yem miktarını doğrudan etkilediği için sektörün daha düşük maliyetle üretim yapmasına ve daha yüksek gelir elde etmesini sağlayacaktır. Bu sebeple kullanılan yeme 10 g/kg inülin eklenmesinin yetiştiricilik sektöründe faydalı olabileceği belirlenmiştir.

3) Spesifik büyüme oranına baktığımızda; En yüksek değer G-1 grubunda en düşük değer G-0 grubunda belirlenmiş, elde edilen değerler kıyaslandığında G-0 grubuyla diğer iki grup arasındaki farkın önemli olduğu ($p<0,05$), diğer iki grubun kendi aralarında bir farkın olmadığı ($p>0,05$) saptanmıştır. SBO bize belirli yetiştirme koşulunda stoklanan balıkların büyüme potansiyellerini doğru tahmin etmek, enerji veya günlük verilecek yem miktarını doğru hesaplamak için kullanılan bir hesaplama değildir. Bizim elde ettiğimiz değerler incelendiğinde bu koşullar altında alabalıkların ön büyüme döneminde yeme eklenen 10 g/kg inülinin büyümeyi olumlu etkilemesi sebebiyle doğru seçilmiş bir yem katkısı olduğudur.

4) Gruplara ait besin kompozisyonları ve PEO değerlendirildiğinde protein içerikleri açısından da en iyi değerlerin G-1 grubunda olduğu gözlenmiştir ancak diğer gruplarla kıyaslandığında istatistiki olarak önemli bir fark bulunmamıştır. PEO oranını, G-1 grubunda 2,12, G-2 grubunda 1,91 ve G-0 grubunda 1,87 olarak belirlenmiştir. Gruplar karşılaştırıldığında tüm gruplar arası farkın istatistiki olarak birbirinden farklı olduğu gözlenmiştir ($p<0,05$). Balıkların yaşamsal fonksiyonlarını sağlıklı bir şekilde devam ettirebilmesi ve büyüebilmesi için yemle aldıkları yeterli miktarda proteini etkili bir şekilde kullanmaları ile gerçekleşecektir. Bu nedenle balıkların proteini etkin bir şekilde kullanabilmesi ve vücudunda protein miktarının protein miktarının yüksek olması arzulanmaktadır. Elde ettiğimiz sonuç, yeme inülin

eklenmesinin bu amaca katkı sağladığının bir göstergesi olarak kabul edilmiştir.

5) Sindirim enzimleri aktiviteleri, alınan yemin maksimum oranda sindirilmesi ve bunun sonucunda ilk olarak yaşamsal enerjinin karşılanması ve geriye kalan sindirilen kısımların büyümede kullanılması bakımından önem arz etmektedir.

Çalışma sonunda elde edilen sindirim enzimleri aktiviteleri değerlendirildiğinde pepsin hariç tripsin, lipaz ve amilaz aktivitelerinin G-1 grubunda en yüksek olduğu ve diğer iki gruba karşılaştırıldığında bu farkın önemli olduğunu göstermiştir($p<0,05$). Pepsin aktivitesi ise tüm gruplar arasında önemli bir fark göstermemiştir($p>0,05$).

Sindirim işlevinin gerçekleşmesi için en önemli maddelerin enzim olduğu düşünüldüğünde elde ettiğimiz sonuçlar yeme doğru oranda inülin ilavesinin enzim aktivitelerini uyatarak yemle alınan besin maddelerinin basit, küçük ve absorbe edilebilecek moleküllere daha fazla parçalanarak daha iyi sindirimin gerçekleştiği, dolayısıyla da daha iyi büyüme değerlerine ulaşmamızı sağladığı söylenebilir.

6) Günümüzde kullanılan sağlıklı alternatif yem katkı maddelerinin yetiştiricilikte sağladığı faydalar uzun süreden beri araştırılmakla birlikte, bu tür ürünlerin ülkemizde özellikle su ürünleri alanında kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalar çok sınırlıdır. Hem balık sağlığı alanında hem de verim arttırmaya yönelik uygulamalarda bu tür ürünlerin kullanımıyla ilgili olarak daha çok araştırma yapılarak, biyokimyasal ve fizyolojik etkilerinin belirlenmesi ve kullanım alanlarının yaygınlaşması halinde yetiştiricilik sektörüne katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

7) Yaptığımız çalışmanın sonuçları ışığında; alabalık yetiştiriciliğinde ön besleme döneminde yem katısı olarak 10 g/kg inülin kullanımının olumlu sonuçlar ortaya çıkardığı belirlenmiştir. Ancak inülinin farklı balık türlerinde veya aynı türün farklı büyüme dönemlerinde kullanılıp kullanılmayacağına, kullanılacaksa hangi dönemlerde ne miktarda kullanılacağına yapılacak yeni çalışmalarla karar verilebilir.

KAYNAKLAR

- [1]. Savaş, Y., Çipura (*Sparus aurata*, L. 1758) larvalarında gelişimin enzimatik ve histolojik açıdan incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2009.
- [2]. World Bank, Fish Report to 2030, Prospects for Fisheries ve Aquaculture, Worldbank.org/INTPROSPECTS/Resources/83177- Agriculture ve Environmental Services Discussion Paper 03, Full_Report.pdf, 2013, (20.04.2014).
- [3]. Tacon A. G. J.; Metian M., Global overview on the use of fish meal ve fish oil in industrially compounded aquafeeds, trends ve future prospects. *Aquaculture*, **2008**, 285, (1-4), 146-58.
- [4]. FAO (2012). *The State of the World Fisheries ve Aquaculture 2012*. Rome, Italy.
- [5]. Korkut A. Y.; Hoşsu B.; Ferhatoğlu M., Probiyotikler ve su ürünlerinde kullanımı, *Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Dergisi* **2003**, 20,(3-4), 551-556.
- [6]. Özlüer Hunt A.; Berkoz M.; Ozkan F.; Yalin S.; Ercen Z.; Erdogan E.; Gunduz S.G., Effects of organic selenium supplementation on growth performance, muscle composition and antioxidant system in rainbow Trout, (*Oncorhynchus mykiss*), *The Israeli Journal of Aquaculture* **2011**, 63, (2), 562-572.
- [7]. Alak G.; Atamanalp M., Su ürünleri yetiştiriciliğinde probiyotik ve prebiyotik kullanımı, *YYÜ Tar. Bil. Der.* **2012**, 22, (1), 62-68.
- [8]. Yousefian M.; Amiri M.S., A review of the use of prebiotic in aquaculture for fish and shrimp. *African Journal of Biotechnology* **2009**, 8, (25). 7313-7318.
- [9]. Gildberg A.; Mikkelsen H.; Sandaker E.; Ringø E., Probiotic effect of lactic acid bacteria in the feed on growth and survival of fry of Atlantic cod (*Gadus morhua*), *Hydrobiologia* **1997**, 352, 279-285.
- [10]. Panigrahi, A.; Kiron, V.; Satoh, S.; Hirono, I.; Kobayashi, T.; Sugita, J.; Puangkaew, J.; Aoki, T., Immune modulation and expression of cytokine genes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) upon probiotic feeding, *Developmental and Comparative Immunology* **2007**, 31, 4, 372-382.
- [11]. Rosen G.D., *The nutritional effects of tetracyclines in broiler feeds*, In, XX World's Poult. Congress. New Delhi, India WPSA 1996, pp 141-146.
- [12]. Şengül, H., Mannan-oligosakkarit (MOS) kullanımının sazan (*Cyprinus carpio*) yavrularının büyüme, Karaciğer ve barsak histolojisine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay, 2007.
- [13]. Ringø E.; Olsen R.E.; Gifstad T.Ø.; Dalmo R.A.; Amlund H.; Hemre G.I.; Bakke A.M., Prebiotic in aquaculture, reviev. *Aquaculture Nutrition* **2010**, 16, 117-136.
- [14]. Parlat S.S.; Yıldız A.Ö.; Yazgan O.; Bahtiyarca Y., Düşük protein içerikli rasyonlara prebiyotik veya antibiyotik katkısının Japon bıldırcınlarının (*Coturnix coturnix japonica*) besi performansına etkisi. *S.Ü. Ziraat Fak. Dergisi* **2002**, 16,(30), 38-42.
- [15]. Barug D.; Jong J.; Kies A.K.; Verstegen, M.W.A., Antimicrobial growth promoters. Where do we go from here?. Wageningen Academic Publishers, 2006; Netherlands,
- [16]. Gökoğlu N., *Su ürünleri işleme teknolojisi*. Su Vakfı Yayınları. İstanbul, 2002; 157 s.
- [17]. Belitz H.D., Grosch W. And Schieberle P., *Lehrbuch der Lebensmittelchemie*. Springer Verlag, D-69126 Heidelberg, Deutschland, 2001.
- [18]. FAO 2016, *Fisheries and Aquaculture Statistics 2014*, Rome, Italy.
- [19]. GTHB 2016, *Su Ürünleri İstatistikleri*, Ankara.
- [20]. Emre Y., *Alabalık Yetiştiriciliği*, T.C Başbakanlık Güneydoğu Anadolu Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, 2004; 17 s.
- [21]. Lindhorst Emme, W., *Forellenzucht*. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin 1990; p. 157.
- [22]. Çelikkale M.S., *İçsu Balıkları ve Yetiştiriciliği*, K.T.Ü. Yayın No,124, Trabzon 1988; Cilt 1; 419 s.
- [23]. Neeser J.R.; German J.B., *Bioprocesses and biotechnology for functional foods and nutraceuticals*. Marcel Dekker, Newyork, 2004; p 484.
- [24]. Gibson G.R.; Williams C.M., *Functional foods, concept to product*. 2nd ed., Woodhead Publishing Limited, Cambridge, 2001; p 374.

- [25]. Gibson G.R.; Roberfroid M.B., Dietary modulation of the human colonic microbiota, introducing the concept of prebiotics. *J. Nutr* **1995**, 125, 1401-1412.
- [26]. Shin H.S.; Lee H.; Pestka J.J.; Ustunol Z., Growth and viability of commercial *Bifidobacterium* spp. in skim milk containing oligosaccharides and inulin. *J. Food Sci.* **2000**, 65, 884-887.
- [27]. Manning T.S.; Gibson G.R., Prebiotics. *Best Pract. Res. Clin. Gastroenterol* **2004**, 18, 287-298.
- [28]. Milner J.A., Functional foods and health promotion. *J. Nutrition* **1999**, 129, 1395-1397.
- [29]. O'Sullivan, M.G., *Metabolism of bifidogenic factors by gut flora—An overview*. IDF Bull. International Dairy Federation, Brussels, Belgium 1996; p 313.
- [30]. Mahious A.S.; Ollevier F., *Probiotics and Prebiotics in Aquaculture*. 1st Regional Workshop on Techniques for Enrichment of Live Food for Use in Larviculture-2005, AAARC, Urmia, Iran, p 67.
- [31]. Fooks L.J.; Fuller R.; Gibson G.R., Prebiotics, probiotics and human gut microbiology. *Int. Dairy J.* **1999**, 9, 53-61.
- [32]. Gibson G.R.; Probert H.M.; Van Loo J.; Rastall R.A.; Roberfroid M.B., Dietary modulation of the human colonic microbiota, Updating the concept of prebiotics. *Nutr. Res. Rev* **2004**, 17, 259-275.
- [33]. Yılmaz M., Prebiyotik ve probiyotikler. *Güncel Pediatri* **2004**, 2, 142-145.
- [34]. Ganguly S.; Paul I.; Mukhopadhyay S.K., Application and effectiveness of immunostimulants, probiotics, and prebiotics in Aquaculture, A Review. *The Israeli Journal of Aquaculture* **2010**, 62, (3), 130-138.
- [35]. German B.; Schiffrin E. J.; Reniero R.; Mollet B.; Pfeifer A.; Neeser J.R., The development of functional foods, lessons from the gut. *Tibtech* **1999**, 17, 492-499.
- [36]. Holzapfel, W.H.; Haberer, P.; Snel, J.; Schillinger, U., Huis in't Veld, J.H., Overview of gut flora and probiotics. *Int. J. Food Microbiol* **1998**, 41(2), 85-101.
- [37]. Holzapfel W.H.; Schillinger U., Introduction to pre- and probiotics. *Food Res. Int.* **2002**, 35, 109-116.
- [38]. Burr G.; Gathlin D., Microbial ecology of the gastrointestinal tract of fish and the potential application of prebiotics and probiotics in finfish aquaculture. *Journal of the World Aquaculture Society* **2005**, 36, 425-436.
- [39]. Hanley F.; Brown H.; Carbery J., *First observations on the effects of mannan oligosaccharide added to hatchery diets for warmwater hybrid red tilapia*. Poster at the 11th Annual Symposium on Biotechnology in the Feed Industry, Lexington, KY, USA, 1995.
- [40]. Vulevic J.; Rastall R.A.; Gibson G.R., Developing a quantitative approach for determining the in vitro prebiotic potential of dietary oligosaccharides. *FEMS Microbiol. Lett* **2004**, 236, 153-159.
- [41]. Irianto A. and Austin, B., Probiotics in aquaculture. *J. Fish Dis.* **2002**, 25, 633-642.
- [42]. Vine N.G.; Leukes W.D.; Kaiser H., In vitro growth characteristics of five candidate aquaculture probiotics and two fish pathogens grown in fish intestinal mucus. *Microbiology Letters* **2004**, 231, 145-152.
- [43]. Özlüer Hunt, A.; Berköz, M.; Özkan Yılmaz, F.; Yalin, S.; Erçen, Z.; Erdogan, E.; Gunduz, S.G., Effect of mannan oligosaccharide on growth, body composition, and antioxidant enzyme activity of tilapia (*Oreochromis niloticus*). *The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh* **2011**, IIC, 63(2), 619-627.
- [44]. Edelman, J.; Jefford, T.G., The metabolism of fructose polymers in plants. 4. Beta fructofuranosidases of tubers of *Helianthus tuberosus*. *L. Biochem. J.* **1964**, 93, 148-161.
- [45]. Roberfroid, M., Dietary fibre, inulin and oligofructose, a review comparing their physiological effects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **1993**, 33, 103-148.
- [46]. Possemiers, S.; Grootaert, C.; Vermeiren, J.; Gross, G.; Marzorati, M.; Verstraete, W.; Van de Wiele, T., The intestinal environment in health and disease – recent insights on the potential of intestinal bacteria to influence human health. *Curr. Pharmaceut. Des.* **2009**, 15, 2051-2065.

- [47]. Silva, D.G.; Cooper, P.D.; Petrovsky, N., Inulin-derived adjuvant efficiently promote both Th1 and Th2 immune responses. *Immunol. Cell Biol.* **2004**, 82, 611-616.
- [48]. Aşan, M.; Özcan, N., Kanatlı Beslemede İnulinin Prebiyotik Olarak Önemi. *Hayvansal Üretim* **2006**, 47(2), 48-53.
- [49]. Franck A.; Leenheer L.D. , *Inulin. Biopolymers*, Wiley-VCH. 2005, pp. 441-473.
- [50]. Olsen, R.E.; Myklebust, R.; Kryvi, H.; Mayhew, T.M.; Ringø, E., Damaging effect of dietary inulin to intestinal enterocytes in Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.), *Aquacult. Res.* **2001**, 32, 931-934.
- [51]. Ringø, E.; Sperstad, S.; Myklebust, R.; Mayhew, T.M.; Olsen, R.E., The effect of dietary inulin on bacteria associated with hindgut of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.), *Aquacult. Res.* **2006**, 37, 891-897.
- [52]. Refstie, S.; Bakke-McKellep, A.M.; Penn, M.H.; Sundby, A.; Shearer, K.D.; Krogdahl, Å., Capacity for digestive hydrolysis and amino acid absorption in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with soybean meal or inulin with or without addition of antibiotics. *Aquaculture* **2006**, 261, 392-406.
- [53]. Cerezuela, R.; Cuesta, A.; Meseguer, J.; Esteban, M.A., Effects of inulin on gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) innate immune parameters. *Fish Shellfish Immunol.* **2008**, 24, 663-668.
- [54]. Mahious, A.S.; Van Loo, J.; Ollevier F., *Impact of the prebiotics, inulin and oligofructose on microbial fermentation in the spiral valve of Siberian sturgeon (Acipenser baerii)*, Aqua 2006, World Aquaculture Society, Florence, Italy, 9-13 May 2006, pp. 564-565.
- [55]. Mahious, A.S.; Gatesoupe, F. J.; Hervi, M.; Metailler, R.; Olleivier, F., Effect of dietary inulin and oligosaccharides as prebiotics for weaning turbot, *Psetta maxima* (Linnaeus, C. 1758). *Aquaculture International* **2006**, 14, 219-229.
- [56]. Burr, G.; Gatlin, D.M.; Hume, M., Effects of the prebiotics groBiotic® -A and inulin on the intestinal microbiota of red drum, *Sciaenops ocellatus*, *Journal of the World Aquaculture Society* **2009**, 40, (4),440-449.
- [57]. Akrami, R., Effect of dietary prebiotic inulin on growth performance, intestinal microflora, body composition and hematological parameters of Juvenile beluga, *Huso huso* (Linnaeus, 1758). *Journal of the World Aquaculture Society* **2009**, 40, (6), 771-779.
- [58]. Akrami, R.; Ghelichi, A.; Manuchehri, H., Effect of dietary inulin as prebiotic on growth performance and survival of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus myiss*). *Journal of Marine Science and Technology Research* **2009**, 4, (3), 1-9.
- [59]. Reza, A.; Abdolmajid, H.; Abbas, M.; Abdolmohammad, A. K., Effect of dietary prebiotic inulin on growth performance, intestinal microflora, body composition and hematological parameters of juvenile beluga, (*Huso huso*, L. 1758). *J. World Aquaculture Soc.* **2009**, 40, 771-779.
- [60]. Ibrahim, M. A.; Fathi, M.; Mesalhy, S.; El-Aty, A., Effect of dietary supplementation of inulin and vitamin C on the growth, hematology, innate immunity and resistance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish & Shellfish Immunology* **2010**, 29, 241-246.
- [61]. Akrami, R.; Ghelichi, A.; Ahmadifar, E., Effect of dietary prebiotic inulin on hematological and biochemical parameters of cultured juvenile beluga (*Huso huso*). *Journal of Veterinary Research* **2011**, 66,2,131-136.
- [62]. Luna Gonzalez, A.; Almaraz Salas, J. C.; Fierro Coronado, J. A.; Flores Miranda, M. D. C.; Gonzalez Ocampo, H. A.; Perez Gomez, V., The prebiotic inulin increases the phenoloxidase activity and reduces the prevalence of WSSV in whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) cultured under laboratory conditions. *Aquaculture* **2012**, 362-363.
- [63]. Cerezuela, R.; Milena Fumanal, M.; Tapia Paniagua, S. T.; Meseguer, J.; Moriñigo, M. A.; Esteban, A., Changes in intestinal morphology and microbiota caused by dietary administration of inulin and *Bacillus subtilis* in gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) specimens. *Fish & Shellfish Immunology* **2013**, 34,1063-1070.
- [64]. Piccolo, G.; Centoducati, G.; Bovera, F.; Marrone, R.; Nizza A., Effects of mannan oligosaccharide and inulin on sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*) in the context of partial fish meal substitution by soybean meal. *Italian Journal of Animal Science* **2013**, 12, (1),

133-138.

[65]. Ortiz, L.T.; Rebolé, A.; Velasco, S.; Rodríguez, M.L.; Treviño, J.; Tejedor, J.L., Effects of inulin ve fructooligosaccharides on growth performance, body chemical composition ve intestinal microbiota of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition* **2013**, 19, 475-482.

[66]. Hoseinifar, S.H.; Eshaghzadeh, H.; Roodsari, H.V., Ringø E., The effects of dietary inulin on growth performances, survival and digestive enzyme activities of common carp (*Cyprinus carpio*) fry. *Aquaculture Nutrition* **2015**, 21, (2), 242-247.

[67]. Tiengtam, N., Effects of inulin and Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) as prebiotic ingredients in the diet of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Animal Feed Science and Technology* **2015**, 207, 120-129

[68]. Ali, S.S.R.; Effect of dietary prebiotic inulin on growth, body composition and gut microbiota of Asian seabass (*Lates calcarifer*). *Animal Feed Science and Technology* **2016**, 217, 87-94.

[69]. Akliil, G.; Paromita, G.; Asha, D., *Effect of synbiotics on growth, immune response of Labeo rohita and disease resistance against Aeromonas hydrophila* Natural Resource Management, Ecological Perspectives Indian Ecological Society, International Conference-2016 SKUAST-Jammu (18-20 February 2016).

[70]. Dinçkaya, E., *Enzimolojiye Genel Bakış* (Editör : Azmi Telefoncu), Enzimoloji Lisansüstü Yaz Okulu 1997, s. 1-15.

[71]. Bingöl, G., *Biyokimya*. Hacettepe-Taş Kitapçılık Ltd. Şti, Ankara, 1983; s 418.

[72]. Gözükar, E.M., *Biyokimya*, Ofset Repromant Ltd. Şti., Ankara, 1989; s 1104.

[73]. Nir İ.; Şenköylü N., *Kanathılar için sindirimi destekleyen yem katkı maddeleri*. Tekirdağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yemler ve Hayvan Besleme Anabilim Dalı., Tekirdağ, 2000; s 213.

[74]. Demirsoy, A., *Yaşamın Temel Kuralları*, Cilt I, Kısım I, Meteksan A.Ş., Ankara 2001; s 770.

[75]. Palmer T, *Understanding Enzymes*, Second Edition. Ellis Horwood Limited, Chichester, 1985; p 411.

[76]. Gözükar, E.M., *Biyokimya 2*, Nobel Tıp Kitabevi, İstanbul, 1997; 653 s.

[77]. Karlson, P., *Biyokimya* (Prof. Dr. Azmi Telefoncu, Çev.). Arkadaş Tıp Kitapları Seri No, 7, İstanbul, 1992; 464 s.

[78]. Sterchi, E., E.; Stöcker, W., *Proteolytic Enzymes Tools and Targets*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1999.

[79]. Hidalgo, M.C.; Urea, E.; Sanz, A., Comparative study of digestive enzymes in fish with different nutritional habits. Proteolytic and amylase activities. *Aquaculture* **1999**, 170, 267-283.

[80]. Waché, Y., Cross effects of the strain of dietary *Saccharomyces cerevisiae* and rearing conditions on The onset of intestinal microbiota and digestive enzymes in rainbow trout, *Onchorhynchus mykiss*, fry. *Aquaculture* **2006**, 258, 470-478.

[81]. Furné, M.; García-Gallego, M.; Hidalgo, M.C.; Morales, A.E.; Domezain, A.; Domezain, J.; Sanz A., Effect of starvation and refeeding on digestive enzyme activities in sturgeon (*Acipenser naccarii*) and trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part A, Molecular & Integrative Physiology* **2008**, 149, 4, 420-425.

[82]. Nya, E.J.; Austin, B., Dietary modulation of digestive enzymes by the administration of feed additives to rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* Walbaum. *Aquaculture Nutrition* **2010**, 17, 2, 459-466.

[83]. Nimrat, S.; Tanutpongpalin, P.; Sritunyalucksana, K.; Boonthai, T.; Vuthiphandchai, V., Enhancement of growth performance, digestive enzyme activities and disease resistance in black tiger shrimp (*Penaeus monodon*) postlarvae by potential probiotics. *Aquacult Int.* **2013**, 21, 3, 655-666.

[84]. Bowyer, J.N.; Qin, J.G.; Smullen, R.P.; Stone, D.A.J., Replacement fish oil by poultry and canola oil in yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*) at optimal and suboptimal temperatures. *Aquaculture* **2012**, 356-357, 211-222.

[85]. Gai, F.; Gasco L.; Daprà, F.; Palmeolano, G.B.; Sicuro, B., Enzymatic and histological evaluations of gut and liver in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fed with rice protein

concentrate-based diets. *J. World Aquacult. Soc.* **2012**, 43, (2), 218-229

[86]. Arığ N., Probiyotik Ürünlerin Çipura (*Sparus aurata*) Larva Kùltüründe Kullanımı, Büyüme Parametreleri ve Enzimatik Aktivite, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2012.

[87]. Castro, C.; Pérez-Jiménez, A.; Coutinho, F.; Pousão-Ferreira, P.; Brandão, T.M.; Oliva –Teles A.; Peres H., Digestive enzymes of meagre (*Argyrosomus regius*) and white seabream (*Diplodus sargus*). Effects of dietary brewer's spent yeast supplementation. *Aquaculture* **2013**, 416-417, 322-327

[88]. Ghasempour Dehaghani, P.; Javaheri Baboli, M.; Taghavi Moghadam, A.; Ziaei-Nejad, S.; Pourfarhadi, M., Effect of synbiotic dietary supplementation on survival, growth performance, and digestive enzyme activities of common carp (*Cyprinus carpio*) fingerlings. *Czech J. Anim. Sci.* **2015**, 60 (5), 224–232.

[89]. *Nutrient Requirements of Fish Subcommittee on Fish Nutrition*, National Research Council 1993, 0-309-59629-7, 124 pages.

[90]. Smith, R. R., *Nutritional energetics*. (J. E. Halver, ed), in Fish Nutrition, San Diego, 1989; pp. 2-28.

[91]. Lowry O.H.; Rosebrough N.J.; Farr A.L.; Randall R.J., Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* **1951**, 193, 265-275

[92]. *Official Methods of Analysis of AOAC International*, AOAC International, Arlington, VA, 1990.

[93]. Bligh, E.G.; Dyer, W.J., A Rapid Method of total lipid ekstraction and purification, *Can. J. Biochem. Physiol.* **1959**, 37, 911-917.

[94]. Worthington, V., *Worthington Enzyme Manual*. Enzymes and Related Biochemicals Worthington Chemical, New Jersey, US, 1993, 399 pp.

[95]. Erlanger, B.; Kokowsky, N.; Cohen, W., The preparation and properties of two new chromogenic substrates of trypsin. *Arch. Biochem. Biophys.* **1961**, 95, 271–278.

[96]. Bernfeld, P., *Amylases, α and β . Methods in enzymology* **1955**; 1, 149-158.

[97]. Winkler, U. K.; Stuckman, M., Glycogen, hyaluronate, and some other polysaccharides greatly enhance the formation of exo-lipase by *Serratia marescens*. *J. Bacteriol* **1979**, 138, 663–670.

[98]. Wu, X.Y.; Liu Y.J.; Tian, L.X.; Ma, K.S.; Yang, H.J., Apparent digestibility coefficients of selected feed ingredients for yellowfin seabream, (*Sparus latus*). *Journal of the World Aquaculture Society* **2006**, 37, 3, 237-245.

[99]. Arıman H.; Araş N.M., Hormon etkisine sahip yem katkı maddelerinin balık yetiştiriciliği açısından değeriendirilmesi, XI. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu, Hatay, 04-06 Eylül 2001.

[100]. Dimitroglou, A.; Merrifield, D. L.; Moate, R.; Davies S.J.; Spring P.; Sweetman, J.; Bradley, G., Dietary mannan oligosaccharide supplementation modulates intestinal microbial ecology and improves gut morphology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Journal of Animal Science* **2009**, 87, 3226-3234.

[101]. Sweetman, J.; Torrecillas, S.; Dimitroglou, A.; Rider, S.; Davies, S.J.; Izquierdo, M.S., Enhancing the natural defences and barrier protection of aquaculture species. *Aquaculture Research* **2010**, 41, 345- 355.

[102]. Sang, H.M.; Fotadar, R., Prebiotic mannan oligosaccharide diet improves health status of the digestive system of Marron, *Cherax tenuimanus* (Smith 1912), *Journal of Applied Aquaculture* **2010**, 22, 3, 240-250.

[103]. Breves, G.; Sztkuti, L.; Schrder, B., Effects on oligosaccharides on functional parameters of the intestinal tract of growing pigs. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrifte* **2001**, 108, 246-248.

[104]. Bongers A.; Van den Huevel, EGHM., Prebiotics and the bioavailability of mineral and trace elements. *Food Rev. Int.* **2003**, 19, 397-422.

[105]. Lamprecht, S.A.; Lipkin M., Chemoprevention of colon cancer by calcium, vitamin D and folate, molecular mechanisms. *Nat Rev Cancer* **2003**, 3, 601-614.

[106]. Ringø, E.; Myklebust, R.; Mayhew, T.M.; Olsen, R.E., Bacterial translocation and pathogenesis in the digestive tract of larvae and fry. *Aquaculture* **2007**, 268, 251-264.

- [107]. Ramirez, R.F.; Dixon B.A., Enzyme production by obligate intestinal anaerobic bacteria isolated from Oscars (*Astronotus ocellatus*), angel fish (*Pterophyllum scalare*) and southern flounder (*Paralichthys lethostigma*). *Aquaculture* **2003**, 227 (1-4), 417-426.
- [108]. Lowell, T., *Nutrition and Feeding of Fish*, Chapman and Hall, International Thomson Publishing Company, New York, 1989; p 260.
- [109]. Özcan F., Lipaz ve Proteaz Enzimleri Katkılı Yemlerin Çipura (*Sparus aurata*, Linnaeus 1758)' ların Gelişme Performansı, Vücut Kimyasal Kompozisyonu ve Sindirim Enzimlerine Etkisi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 2015.
- [110]. Kutlu, İ., Balıklarda sindirim ve sindirim enzimleri. *Yunus Araştırma Bülteni* **2010**, 10, (3), 7-11
- [111]. Okumuş, İ., KTÜ-Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi, Ders Notları 2000.
- [112]. Silva, S.D.; Anderson, T.A., *Fish Nutrition in Aquaculture*, Chapman and Hall, Aquaculture Series 1, Suffolk, 1995.
- [113]. Yabancı N., İnülin ve oligofruktozların insan sağlığı ve beslenmesi üzerine etkileri, *Akademik Gıda* **2010**, 8 , (1), 49-54.
- [114]. Reddy, B.S., Prevention of colon cancer by pre- and probiotics: evidence from laboratory studies. *Br. J. Nutr.* **1998**, 80, 219-223.
- [115]. Ishibashi, N.; Shimamura S., Bifidobacteria: Research and development in Japan, *Food Technol* **1993**, 126-135.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Mükerrem ÇETİNKAYA

Doğum Tarihi : 28.05.1980

E-mail : yl-2008-1071@mersin.edu.tr

Öğrenim Durumu :

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Yıl
Lisans	Su Ürünleri	Mersin Üniversitesi	2002-2007
Yüksek Lisans			
Doktora			

Görevler :

Görev Unvanı	Görev Yeri	Yıl

ESERLER (Makaleler ve Bildiriler)

1. Özlüer Hunt, A.; Özkan Yılmaz, F.; Çetinkaya, M., Su ürünleri yetiştiriciliğinde prebiyotikler ve önemi. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, **2015**, 3, 841-848.

2. Çetinkaya, M.; Özlüer Hunt, A., Farklı oranlarda inülin içeren yemlerle beslenen alabalık (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792)' ların büyüme parametrelerinin incelenmesi. *IV. Balık Besleme ve Yem Teknolojisi Çalıştayı*, 1-2 Eylül 2016 Adana, Türkiye.