

**T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) YAVRU  
YEMİNDE KURUTULMUŞ DAMITMA KALINTILARI VE ÇÖZÜNÜR  
MADDELERİ (DDGS) KULLANMA OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

**Baki AYDIN**

**DOKTORA TEZİ  
SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**2016**

**T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) YAVRU  
YEMİNDE KURUTULMUŞ DAMITMA KALINTILARI VE ÇÖZÜNÜR  
MADDELERİ (DDGS) KULLANMA OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI**

**Baki AYDIN**

**DOKTORA TEZİ  
SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri  
Koordinasyon Birimi tarafından 2014.03.0121.015 nolu proje ile desteklenmiştir.**

**2016**

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) YAVRU  
YEMİNDE KURUTULMUŞ DAMITMA KALINTILARI VE ÇÖZÜNÜR  
MADDELERİ (DDGS) KULLANMA OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Baki AYDIN

DOKTORA TEZİ  
SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 11/11/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/~~Oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Murtaza ÖLMEZ

Prof. Dr. Sebahattin ERGÜN

Doç. Dr. Erkan GÜMÜŞ

Doç. Dr. Süleyman AKHAN

Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÖZBAŞ



M. Aydın  
S. Ergün  
E. Gümüş  
S. Akhan  
M. Özbaş

## ÖZET

# GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) YAVRU YEMİNDE KURUTULMUŞ DAMITMA KALINTILARI VE ÇÖZÜNÜR MADDELERİ (DDGS) KULLANMA OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

**Baki AYDIN**

**Doktora Tezi, Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Doç. Dr. Erkan GÜMÜŞ  
Kasım 2016, 156 sayfa**

Bu çalışmada, gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavru yeminde etanol endüstrisi yan ürünü olan kurutulmuş damıtma kalıntıları ve çözünür maddelerinin (DDGS) balık unu ve soya küspesi yerine kullanılabilirliğinin araştırılması amacıyla iki ayrı besleme denemesi yürütülmüştür. Araştırma kapsamında büyüme, yem değerlendirme, ekonomik değerlendirme, balık eti kimyasal kompozisyonu, deneme yemlerinin besin madde sindirilebilirlik oranları, deneme balıklarının karaciğer ve bağırsak histolojileri araştırılmıştır.

Birinci denemede, balık unu yerine DDGS yemde %0, %10, %20 ve %30 oranında (Kontrol, DDGS10, DDGS20 ve DDGS30) kullanılarak protein (%45,47 ham protein) ve enerji (sindirilebilir enerji 4164 kcal/kg) değerleri eşit dört farklı deneme yemi hazırlanmıştır. Hazırlanan deneme yemleriyle başlangıç ağırlığı 19,88 g olan gökkuşağı alabalığı yavruları 84 gün süreyle beslenmiştir. Deneme sonunda en yüksek canlı ağırlık artışı, yüzde canlı ağırlık artışı, spesifik büyüme oranı ve termal büyüme katsayısı değerleri DDGS30 grubunda bulunmuştur. Yem değerlendirme ve protein etkinlik oranı değerleri deneme grupları arasında benzer iken yem tüketimi değerleri DDGS30 grubunda yüksek olduğu, diğer gruplar arasında ise önemli bir farklılığın olmadığı görülmüştür. Yemde DDGS artışına bağlı olarak yem maliyeti önemli oranda düşmektedir. Ekonomik dönüşüm oranı yemdeki DDGS artışına bağlı olarak azalırken, ekonomik karlılık indeksi artmakta olup gruplar arası bu azalış ve artışlar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0,05$ ). Gruplar arası deneme yemlerinin besin madde sindirilebilirlik oranı ve balık eti kimyasal kompozisyonu değerleri arasındaki farklılıklar önemsizdir. Histolojik analizler sonucunda gruplar arası karaciğer hücre nükleus çapında önemli bir farklılığın olmadığı, ancak DDGS20 ve DDGS30 grubu balıkların hepatosit hücre sitoplazmasındaki vakuollerde bir miktar artışın olduğu ve bazı hepatosit hücre nükleuslarının merkezi konumda olmadığı görülmüştür. Yapılan histomorfometrik ölçümler sonucunda yemde kullanılan DDGS, balıkların arka bağırsak villus yüksekliği, villus alanı, villus genişliği, submukoza, stratum kompaktum ve musküler tabaka kalınlıkları üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı ancak, villus lamina proprianın önemli oranda genişlemesine ( $P<0,05$ ) neden olduğu tespit edilmiştir.

İkinci denemede ise, yemde soya küspesi yerine DDGS kullanımının balıklar üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Deneme-2'de protein kaynağı olarak sadece balık unu içeren Kontrol-1 yemi, balık unu ve soya küspesi içeren Kontrol-2 yemi olmak üzere iki farklı kontrol yemi hazırlanmıştır. Diğer deneme yemleri, Kontrol-2 yeminde soya

küspesinin %0'ı, %33'ü, %66'sı ve %100'ü yerine DDGS kullanılarak protein (%45,47 ham protein) ve enerji (4164 kcal/kg sindirilebilir enerji) değerleri eşit olmak üzere toplam beş farklı yem (Kontrol-1, Kontrol-2, DDGS33, DDGS66 ve DDGS100) hazırlanmıştır. Başlangıç ağırlığı 20,46 g olan gökkuşaağı alabalığı yavruları 84 gün süreyle bu yemlerle beslenmiştir. Deneme sonunda en iyi canlı ağırlık artışı, spesifik büyüme oranı, termal büyüme katsayısı, yem değerlendirme oranı, protein etkinlik oranı DDGS66 yemi ile beslenen deneme grubunda görülmüştür. Gruplar arası yaşama oranı, kondüsyon faktörü, hepatosomatik indeks ve visserosomatik indeks değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık görülmemiştir. Yemde soya küspesi oranının azalması ve DDGS'nin artışı ile yem maliyetinin azaldığı tespit edilmiştir. Gruplar arasında en iyi ekonomik dönüşüm oranı ve ekonomik karlılık indeksi değerleri DDGS66 ve DDGS100 gruplarında görülmüştür. Deneme yemlerinin besin madde sindirilebilirlik oranı değerleri ve balık eti kimyasal kompozisyon değerlerinin gruplar arasında benzer olduğu bulunmuştur. Histolojik analizler sonucunda gruplar arası karaciğer hücre nükleus çapı değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığı, ancak yemde bitkisel protein kaynağı kullanımının artışı ile karaciğer hücre nükleus çapında bir miktar azalmanın olduğu tespit edilmiştir. Kontrol-1 harici diğer gruplara ait balıkların hepatosit hücre sitoplazmasındaki vakuollerde bir miktar artışın olduğu ve hücre nükleuslarından bazılarının merkezi konumda olmadığı tespit edilmiştir. Histolojik analiz sonucunda, Kontrol-1 grubuna ait balıkların villus yapısından farklı olarak diğer grupların villus yapılarında gözle görülür olumsuz değişikliklerin olduğu tespit edilmiştir. Histomorfometrik ölçümler sonucunda Kontrol-2 ve DDGS33 yemleriyle beslenen balıkların lamina propria, submukoza ve musküler tabaka kalınlıklarının, DDGS66 ve DDGS100 gruplarına göre önemli oranda arttığı tespit edilmiştir ( $P<0,05$ ).

Bu tez çalışması sonucunda DDGS, Deneme-1 sonucuna göre gökkuşaağı alabalığı yavru yeminde %30 oranına kadar ve Deneme-2 sonucuna göre de soya küspesinin tamamı yerine kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

**ANAHTAR KELİMELER:** Gökkuşaağı alabalığı, Balık besleme, Balık unu, Soya küspesi, DDGS, Büyüme, Yem değerlendirme, Sindirilebilirlik, Ekonomik analiz, Karaciğer histolojisi, Bağırsak histolojisi

**JÜRİ:** Prof. Dr. Murtaza ÖLMEZ  
Prof. Dr. Sebahattin ERGÜN  
Doç. Dr. Erkan GÜMÜŞ (Danışman)  
Doç. Dr. Süleyman AKHAN  
Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÖZBAŞ

## ABSTRACT

### INVESTIGATION OF POSSIBILITIES OF USING DISTILLER'S DRIED GRAINS WITH SOLUBLES IN FEED OF JUVENILE RAINBOW TROUT

(*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792)

Baki AYDIN

**Ph.D. Thesis in Aquaculture**  
**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Erkan Gümüş**  
**November 2016, 156 pages**

In this study, two different feeding trials was performed to investigate inclusion levels of distillers dried grains with solubles (DDGS) as a fish meal and soybean meal replacement for juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). In scope of this research; growth, feed assessment, economic assessment, chemical composition of fish meat, digestibility rates of nutrients of experimental diets, histology of liver and intestine are studied.

In the first trial, four different experimental diets are prepared which have equal protein (45.47% crude protein) and energy (4164 kcal/kg digestible energy) values, by using DDGS feed in rates of 0%, 10%, 20% and 30% (Control, DDGS10, DDGS20 and DDGS30) in stead of the reducing fish meal. Fish whose starting weights are 19.88 began to be fed with the prepared experimental diets for 84 days. At the end of trial, the highest live weight increase, percentage live weight increase, specific growth rate and thermal growth coefficient values are found in DDGS30 group. While feed conversion and protein efficiency rate values are similar among the experimental groups, it is seen that DDGS30 group has the highest feed consumption values and there is no significant difference between the other groups. Feed price reduces significantly depending upon DDGS increase in feed. While economic efficiency ratio reduces depending upon DDGS increase in feed, economic profit index increases; these intergroup reduce and increases are found important statically ( $P<0.05$ ). Difference is insignificant between values of nutrient digestibility rate of intergroup experimental feeds and chemical composition of fish meat. At the end of histological analyses, it is seen that there is no significant difference in diameter of cell nucleus in liver however there is an amount of vacuolization in hepatocyte cell cytoplasm of fish in DDGS20 and DDGS30 groups and some of hepatocyte cell nucleuses are not in central position. As a result of histomorphometric measurements, it is detected that DDGS used in feed has no significant effect on villus heights in the distal intestines of fish, submucosa, stratum compactum and muscular layer thicknesses however DDGS caused by expansion of the lamina propria.

In the second trial, it is examined the effects on fish of using DDGS in stead of reducing soybean meal in feed. Two different controls are prepared as of Control-1 diet containing only fish meal as a protein resource in Trial-2 and Control-2 diets containing

fish meal and soybean meal. The other experimental diets, totally five different diets are prepared (Control-1, Control-2, DDGS33, DDGS66 and DDGS100) which have equal protein (45.47 crude protein) and energy (4164 kcal/kg digestible energy) values by using DDGS in stead of 0%, 33%, 66% and 100% of soybean meal amount in Control-2 diet. Fish whose starting weights are 20.46 began to be fed with these prepared experimental feeds for 84 days. At the end of trial, the highest live weight increase, specific growth rate and thermal growth coefficient, feed conversion rate, protein efficiency rate are found in fish of DDGS66 group that DDGS is used in rate of 20% in diet in stead of reducing soybean meal. No statistically significant difference is seen between the value of intergroup survival rates, condition factor, hepatosomatic index and visserosomatic index. With the reduce of soybean meal rate and increase of DDGS in diet, feed price cost reduces significantly. The best economic efficiency ratio and economic profit index values are seen in DDGS66 and DDGS100 groups among them. A similarity is found between the values of nutrient digestibility rates of experimental diets and the values of chemical composition of fish meat. As a result of histological analyses, it is detected that there is no statistically significant difference in diameter values of cell nucleus in liver however there is an amount of decrease in diameter of cell nucleus in liver with the increase in usage of plant protein resource in diet. It is detected that there is an amount of vacuolization in hepatocyte cell cytoplasm of fish from groups except for Control-1 and some of cell nucleuses are not in central position. As a result of histological analysis, it is detected that there are visible negative changes in other groups in comparison to villus form of fish from Control-1 group. As a result of histomorphometric measurements, it is detected that there is an increase in lamina propria, submucosa and muscular layer thicknesses of fish fed by Control-2 and DDGS33 diets in comparison to DDGS66 and DDGS100 groups ( $P < 0.05$ ).

At the end of this thesis study, it is concluded that DDGS can be used up to the rate of 30% in diet of juvenile rainbow trout as per the result of trial-1 and it can be used in stead of the whole soybean meal as per the result of Trial-2.

**KEYWORDS:** Rainbow trout, Fish nutrition, Fish meal, Soybean meal, DDGS, Growth, Feed efficiency, Digestibility, Economic analyse, Liver histology, Intestine histology

**COMMITTEE:** Prof. Dr. Murtaza ÖLMEZ  
Prof. Dr. Sebahattin ERGÜN  
Assoc. Prof. Dr. Erkan GÜMÜŞ (Supervisor)  
Assoc. Prof. Dr. Süleyman AKHAN  
Asst. Prof. Dr. Mehmet ÖZBAŞ

## ÖNSÖZ

Balık yemlerinde geleneksel olarak kullanılan başlıca protein kaynağı balık unu olup yemlerde genel olarak %25-40 oranında kullanılmaktadır. Yetiştiricilik miktarının artışına bağlı olarak ihtiyaç duyulan balık unu miktarı da her geçen gün artmakta ve doğal balık stoklarına baskı oluşturmaktadır. Küresel alanda üretilen balık unu miktarı 6,5 milyon ton/yıl ve bu miktar son 20 yıldır aynı seviyelerde seyretmektedir. Bu sabit üretim trendi gelecek yıllarda da devam etmesi, su ürünleri yetiştiriciliğinin ihtiyaç duyduğu balık unu miktarını karşılayamayacağı, ayrıca fiyatının her geçen gün artacağı öngörülmektedir. Balık yemlerinde kullanılan soya küspesi de, küresel alanda tüm yem sektörlerinde kullanılmakta olup, fiyatı ve antibesinsel madde içeriği bazı protein kaynaklarına göre yüksektir. Su ürünleri yetiştiricilik sektöründe sürdürülebilir bir yetiştiricilik yapılabilmesi ve yukarıdaki nedenlerden dolayı balık unu ve soya küspesi yerine kısmen ya da tamamen kullanılabilen daha ucuz olan alternatif bitkisel protein kaynaklarının tespit edilmesi gerekmektedir. Yapılan bu tez çalışması ile etanol endüstrisinin yan ürünü olarak elde edilen kurutulmuş damıtma kalıntıları ve çözünür maddeleri (DDGS) ununun, ülkemizde en fazla yetiştiriciliği yapılan gökkuşuğu alabalığı yemlerinde alternatif protein kaynağı olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Yüksek lisans ve doktora öğrenimim sırasında ve tez çalışmam boyunca her türlü destek ve yardımlarından dolayı değerli Hocam Doç. Dr. Erkan GÜMÜŞ'e en içten dileklerle teşekkür ederim. Tezin oluşması ve izlenmesi sürecinde yardımlarını gördüğüm Prof. Dr. Murtaza ÖLMEZ ve Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÖZBAŞ ve yine desteklerini gördüğüm Prof. Dr. Sebahattin ERGÜN ve Doç. Dr. Süleyman AKHAN hocalarıma teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam sırasında besleme denemelerinin yürütülmesine olanak sağlayan TOKLU ALABALIK sahibi Sayın Şükrü TOKLU'ya ve çalışan Ahmet KABAK'a, tezin histolojik görüntülerinin elde edilmesinde yardımını esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. B. Ahmet BALCI'ya, denemenin yürütülmesi esnasında yardımlarını gördüğüm Yusuf AKTOP'a, deneme yemlerinin yapılmasında yardımcı olan Hüseyin KILINÇ'a teşekkürlerimi sunarım.

2014.03.0121.015 No'lu proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırmaları Birimi'ne ve tez dönemi boyunca 2211-C Öncelikli Alanlara Yönelik Yurt İçi Doktora Burs Programı ile burs vererek bu tezin yürütülmesine katkısı olan TÜBİTAK-Bilim İnsanı Destekleme Daire Başkanlığı'na teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin her aşamasında maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen sevgili eşim ve kızıma en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca Millet, Bayrak, Vatan ve diğer bütün mukaddes değerleri uğruna gözlerini kırpmadan canlarını feda eden Aziz Şehitlerimizi saygıyla anıyorum. Sizleri selamların en güzeliyle selamlıyorum.



## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xiii
1. GİRİŞ .....	1
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI .....	6
2.1. Gökkuşacağı Alabalığı .....	6
2.2. Balıklarda Sindirim Sisteminin Fizyolojisi ve Anatomisi.....	8
2.3. Balık Yemlerinde Alternatif Protein Kaynakları .....	9
2.4. Kurutulmuş Damıtma Kalıntıları ve Çözünür Maddeleri (DDGS).....	14
2.4.1. DDGS üretim miktarı.....	14
2.4.2. DDGS üretim aşaması.....	15
2.4.3. DDGS besin madde içeriği .....	16
2.4.4. DDGS'nin fiziksel özellikleri .....	20
2.5. DDGS'nin Balık Yemlerinde Kullanımı.....	22
2.6. Alternatif Protein Kaynaklarının Balıkların Karaciğer ve Bağırsak Histolojisi Üzerine Etkisi.....	32
3. MATERYAL VE METOT.....	43
3.1. Materyal .....	43
3.1.1. Deneme yeri .....	43
3.1.2. Deneme zamanı.....	43
3.1.3. Deneme alanı.....	43
3.1.4. Su kaynağı.....	43
3.1.5. Balık materyali.....	43
3.1.6. Deneme yemlerinde kullanılan hammaddeler.....	45
3.1.7. Yem materyali.....	47
3.1.8. Deneme yemlerinin hazırlanması.....	51
3.2. Metot.....	53
3.2.1. Denemelerin planlanması, kurulması ve yürütülmesi.....	53
3.2.2. Balıkların yemlenmesi .....	53
3.2.3. Balık dışkısının toplanması .....	53

3.2.4. Ölçümler ve denemede kullanılan ekipmanlar.....	54
3.2.5. Büyüme parametrelerinin hesaplanması .....	54
3.2.5.1. Canlı ağırlık artışı.....	54
3.2.5.2. Yüzde canlı ağırlık artışı .....	54
3.2.5.3. Spesifik büyüme oranı.....	55
3.2.5.4. Termal büyüme katsayısı .....	55
3.2.5.5. Kondisyon faktörü.....	55
3.2.6. Yem değerlendirme parametreleri.....	56
3.2.6.1. Yem değerlendirme oranı.....	56
3.2.6.2. Protein etkinlik oranı.....	56
3.2.7. Hepatosomatik indeks .....	56
3.2.8. Visserosomatik indeks .....	56
3.2.9. Yaşama oranı.....	56
3.2.10. Ekonomik analizler .....	57
3.2.11. Kimyasal analizler.....	57
3.2.11.1. Nem ve kuru madde analizleri .....	57
3.2.11.2. Ham protein analizi .....	58
3.2.11.3. Ham yağ analizi .....	58
3.2.11.4. Ham kül analizi .....	58
3.2.11.5. Ham selüloz analizi .....	59
3.2.11.6. Nitrojensiz öz maddeler .....	59
3.2.11.7. Deneme yemlerinin enerji içeriklerinin belirlenmesi.....	59
3.2.11.8. Krom oksit analizi .....	60
3.2.12. Deneme yemlerinin sindirilebilirlik oranlarının hesaplanması .....	60
3.2.13. Histolojik ve histomorfometrik analizler .....	61
3.2.13. İstatistiksel analizler.....	64
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	65
4.1. Deneme-1'e Ait Bulgular ve Tartışma.....	65
4.1.1. Denemede kullanılan suyun fizikokimyasal özellikleri .....	65
4.1.2. Büyüme parametreleri.....	67
4.1.2.1. Ağırlık olarak büyüme .....	67
4.1.2.2. Boyca büyüme.....	75
4.1.3. Yem değerlendirme parametreleri.....	76
4.1.4. Ekonomik değerlendirme parametreleri.....	79
4.1.5. Visserosomatik indeks, hepatosomatik indeks ve karaciğer hücre nükleus çapı .....	82

4.1.6. Yaşama oranı.....	83
4.1.7. Balıkların kimyasal kompozisyonları .....	84
4.1.8. Deneme-1 yemlerinin sindirilebilirlik oranları .....	86
4.1.9. Balıkların karaciğer histolojisi .....	89
4.1.10. Balıkların bağırsak histolojisi .....	91
4.2. Deneme-2'ye Ait Bulgular ve Tartışma.....	99
4.2.1. Denemede kullanılan suyun fizikokimyasal özellikleri .....	99
4.2.2. Büyüme parametreleri.....	100
4.2.2.1. Ağırlık olarak büyüme .....	100
4.2.2.2. Boyca büyüme.....	106
4.2.3. Yem değerlendirme parametreleri .....	107
4.2.4. Ekonomik değerlendirme parametreleri.....	110
4.2.5. Visserosomatik indeks, hepatosomatik indeks ve karaciğer hücre nükleus çapı .....	112
4.2.6. Yaşama oranı.....	113
4.2.7. Balıkların kimyasal kompozisyonları .....	114
4.2.8. Deneme-2 yemlerinin sindirilebilirlik oranları .....	116
4.2.9. Balıkların karaciğer histolojisi .....	118
4.1.10. Balıkların bağırsak histolojisi .....	120
5. SONUÇ .....	128
6. KAYNAKLAR.....	129
ÖZGEÇMİŞ	

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

%	Yüzde
°C	Santigrat derece
L	Litre
₺	Türk lirası
\$	Amerikan doları
€	Euro

### Kısaltmalar

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
Atm	Standart atmosfer
BU	Balık unu
Bkz	Bakınız
CAA	Canlı ağırlık artışı
DDGS	Kurutulmuş damıtma kalıntıları ve çözünür maddeleri
EAA	Esansiyel amino asitler
EDO	Ekonomik dönüşüm oranı
EKİ	Ekonomik karlılık indeksi
EOAA	Esansiyel olmayan amino asitler
ESO	Enerji sindirilebilirlik oranı
FTU	Fitaz aktivitesi
HDDGS	Yüksek protein içerikli DDGS
HK	Ham kül
Hz	Hertz
HP	Ham protein
HS	Ham selüloz
HSİ	Hepatosomatik indeks
HPSO	Ham protein sindirilebilirlik oranı
HYSO	Ham yağ sindirilebilirlik oranı
HY	Ham yağ
NO <sub>2</sub>	Nitrit
NO <sub>3</sub>	Nitrat
NH <sub>4</sub>	Amonyum
KF	Kondüsyon faktörü
KHNÇ	Karaciğer hücre nükleus çapı
Kcal	Kilokalori
KF	Kondüsyon faktörü
KMSO	Kuru madde sindirilebilirlik oranı
KM	Kuru madde
Mak	Maksimum
Min	Minumum
NÖM	Nitrojensiz öz madde
NS	Numune sayısı
Ort	Ortalama
PEO	Protein etkinlik oranı
Rpm	Dakikadaki devir sayısı
SBO	Spesifik büyüme oranı

SE	Sindirilebilir enerji
SK	Soya küspesi
TBK	Termal büyüme katsayısı
VİT	Vitamin
VSİ	Visserosomatik indeks
YCAA	Yüzde canlı ağırlık artışı
YDO	Yem değerlendirme oranı
YM	Yem maliyeti
YO	Yaşama oranı
cm	Santimetre
g	Gram
kg	Kilogram
mm	Milimetre
mg	Miligram
vd	ve diğerleri
µm	Mikrometre

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Gökkuşığı alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) .....	7
Şekil 2.2. Gökkuşığı alabalığının arka bağırsak görüntüsü .....	9
Şekil 2.3. Yıllara göre ocak ayındaki balık unu, soya küspesi ve DDGS fiyat eğrisi ....	13
Şekil 2.4. Kuru işleme yönteminde DDGS üretim akış şeması .....	16
Şekil 3.1. Deneme düzeni .....	44
Şekil 3.2. Denemede kullanılan tank .....	44
Şekil 3.3. Denemede kullanılan gökkuşığı alabalığı .....	44
Şekil 3.4. Deneme yemlerinde kullanılan kurutulmuş damıtma kalıntıları ve çözünür maddeleri (DDGS) .....	45
Şekil 3.5. Hazırlanan deneme yeminin fiziksel görünüşü .....	52
Şekil 3.6. Gökkuşığı alabalığının karaciğer ve arka bağırsak görünümü .....	61
Şekil 3.7. Histolojik analiz basamakları .....	62
Şekil 3.8. Balıkların arka bağırsak villus alanında yapılan histomorfometrik ölçümler	63
Şekil 3.9. Balıkların arka bağırsak duvarında yapılan histomorfometrik ölçümler .....	63
Şekil 4.1. Deneme-1 suyu sıcaklık değişimi .....	65
Şekil 4.2. Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşığı alabalıklarının dönemlere ait ağırlık olarak büyüme grafiği .....	68
Şekil 4.3. Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşığı alabalıklarının deneme sonu yemdeki DDGS oranı ile büyüme parametreleri arasındaki ilişki .....	69
Şekil 4.4. Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşığı alabalıklarının deneme sonu yemdeki DDGS oranı ile yem tüketimi arasındaki ilişki .....	77
Şekil 4.5. Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşığı alabalıklarının deneme sonu yemdeki DDGS oranı ile EDO ve EKİ arasındaki ilişki .....	81
Şekil 4.6. Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşığı alabalıklarının karaciğer histolojileri .....	90
Şekil 4.7. Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşığı alabalıklarının arka bağırsaktaki villuslara ait görüntüler .....	93
Şekil 4.8. Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşığı alabalıklarının arka bağırsak duvarına ait histolojik görüntüler .....	94
Şekil 4.9. Deneme-2’de kullanılan suyun sıcaklık değişimi .....	100

Şekil 4.10. Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşuğı alabalıklarının dönemlere ait canlı ağırlık artışları .....	101
Şekil 4.11. Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşuğı alabalıklarının deneme sonu yemdeki DDGS oranı ile EDO ve EKİ arasındaki ilişki .....	111
Şekil 4.12. Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşuğı alabalıklarının karaciğer histolojik görüntüleri .....	119
Şekil 4.13. Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşuğı alabalıklarının arka bağırsaktaki villuslara ait histolojik görüntüler .....	122
Şekil 4.14. Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşuğı alabalıklarının arka bağırsak duvarına ait histolojik görüntüler .....	125

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Dünya geneli su ürünleri yetiştiricilik (Akuatik bitki hariç) ve avcılık üretim miktarı .....	2
Çizelge 1.2. Türkiye'nin 2003-2015 yılları arasındaki su ürünleri yetiştiricilik ve toplam üretim miktarı .....	3
Çizelge 1.3. Türkiye'nin 2003-2015 yılları arasında su ürünleri yetiştiriciliğinden elde edilen üretim miktarı .....	4
Çizelge 2.1. Türkiye'nin yıllara göre DDGS ithalat miktarı.....	14
Çizelge 2.2. Mısır, balık unu, soya küspesi ve DDGS besin madde içerikleri .....	18
Çizelge 2.3. Mısır, balık unu, soya küspesi ve DDGS amino asit içerikleri.....	18
Çizelge 2.4. DDGS vitamin kompozisyonu.....	19
Çizelge 2.5. DDGS mineral kompozisyonu.....	20
Çizelge 3.1. Deneme yemlerinin yapımında kullanılan protein kaynaklarının kimyasal ve amino asit kompozisyonu.....	46
Çizelge 3.2. Deneme-1 yemlerinin formülasyonu ve kimyasal kompozisyonu.....	48
Çizelge 3.3. Deneme-1 yemlerinin amino asit kompozisyonu .....	49
Çizelge 3.4. Deneme-2 yemlerin formülasyonu ve kimyasal kompozisyonu.....	50
Çizelge 3.5. Deneme-2 yemlerin amino asit kompozisyonu.....	51
Çizelge 3.6. Deneme yeminin yapımında kullanılan ekstruder makinasının teknik özellikleri.....	52
Çizelge 3.7. Histolojik kesitlerin hematoksilin ve eosin ile boyanması.....	62
Çizelge 4.1. Deneme-1'de kullanılan suyun fizikokimyasal parametreleri .....	66
Çizelge 4.2. Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşuğu alabalıklarının dönemlere ait canlı ağırlık ortalamaları .....	67
Çizelge 4.3. Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşuğu alabalıklarının deneme sonu büyüme parametreleri .....	68
Çizelge 4.4. Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşuğu alabalıklarının dönemlere ait boy ortalamaları .....	76
Çizelge 4.5. Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşuğu alabalıklarının yem değerlendirme parametreleri.....	76
Çizelge 4.6. Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşuğu alabalıklarının ekonomik değerlendirme parametreleri.....	80



Çizelge 4.7. Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşığı alabalıklarının deneme sonu VSI, HSI ve KHNC değerleri.....	82
Çizelge 4.8. Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşığı alabalıklarının deneme sonu yaşama oranları.....	83
Çizelge 4.9. Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşığı alabalıklarının kimyasal kompozisyonları .....	84
Çizelge 4.10. Deneme-1 yemlerinin kuru madde, ham protein, ham yağ ve enerji sindirilebilirlik oranları .....	87
Çizelge 4.11. Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşığı alabalıklarının bağırsak histomorfometrik ölçümleri.....	91
Çizelge 4.12. Deneme-2’de kullanılan suyun fizikokimyasal parametreleri .....	99
Çizelge 4.13. Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşığı alabalıklarının dönemlere ait canlı ağırlık ortalamaları.....	101
Çizelge 4.14. Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşığı alabalıklarının deneme sonu büyüme parametreleri.....	102
Çizelge 4.15. Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşığı alabalıklarının dönemlere ait boy ortalamaları.....	106
Çizelge 4.16. Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşığı alabalıklarının yem değerlendirme parametreleri.....	107
Çizelge 4.17. Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşığı alabalıklarının ekonomik değerlendirme parametreleri .....	110
Çizelge 4.18. Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşığı alabalıklarının deneme sonu VSI, HSI ve KHNC .....	112
Çizelge 4.19. Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşığı alabalıklarının deneme sonu yaşama oranı değerleri.....	113
Çizelge 4.20. Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşığı alabalıklarının kimyasal kompozisyonları .....	114
Çizelge 4.21. Deneme-2 yemlerinin kuru madde, ham protein, ham yağ ve enerji sindirilebilirlik değerleri.....	116
Çizelge 4.22. Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşığı alabalıklarının deneme sonu bağırsak histomorfometrik ölçüm değerleri.....	120

## 1. GİRİŞ

Su ürünleri sektörü küresel alanda en hızlı büyüyen gıda sektörlerinden birisidir. 55,1 milyon ton üretim ve yıllık %8,8'lik büyüme ile dünya genelinde 2,6 milyar insanın hayvansal protein ihtiyacının yaklaşık olarak %20'sini karşılamaktadır (FAO 2012). Su ürünleri, yüksek düzeyde ve kaliteli protein içeriği ile insanların açlık ve kötü beslenme gibi istenmeyen durumlarının azaltılmasında önemli rol oynamaktadır. Dünyada su ürünleri üretimi her geçen yıl artış göstermektedir. Bu artışın önemli bir kısmı, su ürünleri yetiştiriciliği yoluyla gerçekleşmektedir. Doğal stokların korunması ve sürdürülebilir balıkçılığın yanısıra doğal hayattaki balık stoklarının yeterli seviyede olmaması ve bazı türlerin stok miktarlarının hızla azalmasına bağlı olarak avcılıktan elde edilen su ürünleri üretim miktarında bir artış görülmemekte ve sabit seviyelerde kalmaktadır. Bu bakımdan artan dünya nüfusunun protein ihtiyacının karşılanması ve kaliteli bir beslenme için su ürünleri yetiştiriciliğinden elde edilen üretim miktarının artırılması gerekmektedir. Dünyada insan tüketimine sunulan su ürünleri miktarı, 1980'li yıllarda yaklaşık olarak toplam miktarın %70 oranında bir artış gösterirken, bu oran 2012 yılında %85'e çıkmıştır (136 milyon ton) (FAO 2014a). Toplam su ürünleri üretimindeki artış avcılık sektöründen karşılanamadığından dolayı yetiştiricilik sektöründen elde edilmesi gerekmektedir. Günümüzde insan beslenmesi için sağlanan su ürünleri üretim miktarının yarısı yetiştiricilik sektöründen sağlanmaktadır (FAO 2012). Bu bakımdan su ürünleri yetiştiriciliği önemini günümüzde olduğu gibi ileriki yıllarda da sürdürmeye devam edecektir.

Küresel su ürünleri yetiştiricilik üretimi 2003 yılında 38 916 000 ton iken 2012 yılında 66 633 000 ton (bitkisel üretim hariç) olarak gerçekleştirilmiştir. Bu üretimin, FAO'ya göre 2013 yılında %5,8 oranında bir artışla 70,5 milyon ton olacağı tahmin edilmektedir. 2012 yılında yetiştiricilikten elde edilen üretim miktarının 2003 yılında elde edilen üretime göre %71 oranında bir artış görüldüğü bildirilmiştir (FAO 2014b). Verilere bakılacak olursa son 10 yıldır dünya genelinde yetiştiricilik miktarındaki artış oranının yüksek olduğu görülmektedir. Bu artış 2014 yılında da sürmekte olup yetiştiricilikten elde edilen üretimin %5'lik bir artış ile 74,3 milyon tona ulaşacağı tahmin edilmektedir (FAO 2015). 2015 yılında da yetiştiricilik üretiminin 78 milyon tona ulaşacağı öngörülmektedir (FAO 2015). Ülkemizde en fazla üretimi gerçekleştirilen gökkuşuğu alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) dünya genelindeki yetiştiricilik üretimi, 2005 yılında 553 220 ton iken 2012 yılında 855 982 ton olarak gerçekleştirilmiştir (FAO 2014b) (Çizelge 1.1).

Küresel alanda avcılıktan elde edilen üretim miktarı ise 2003 yılında 88 287 000 ton iken 2012 yılında 91 336 000 ton olarak gerçekleşmiştir (FAO 2014a). Geçen dokuz yıllık sürede avcılıktan elde edilen üretim miktarında bir artış gerçekleşmediği, 90 milyon ton seviyelerinde olduğu görülmektedir (Çizelge 1.1). 2014 yılında da 90 milyon ton üretim gerçekleşmiş olduğu tahmini, 2015 yılında bu rakamın %0,6 artışla 90,6 milyon ton olacağı öngörüsü ve toplam küresel su ürünleri üretiminin ise bir önceki yıla göre %2,6'lık bir artışla 168,6 milyon ton olacağı öngörülmektedir (FAO 2015).

Çizelge 1.1. Dünya geneli su ürünleri yetiştiricilik (Akuatik bitki hariç) ve avcılık üretim miktarı (ton/yıl)

Yıllar	Gökkuşuğu alabalığı ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> )	Karasal su ürünleri yetiştiricilik üretimi	Deniz ve okyonus yetiştiricilik üretimi	Yetiştiricilik toplam	Karasal su ürünleri avcılık üretimi	Deniz ve okyonus avcılık üretimi	Avcılık toplam	Toplam üretim
2003	550 469*	22 440 568	16 475 131	38 915 699	8 624 637*	79 637 744*	88 286 715	127 202 414
2004	558 243	24 540 650	17 368 073	41 908 723	8 597 005*	83 847 498*	92 759 887	134 668 610
2005	553 220	26 120 861	18 176 284	44 297 145	9 367 552*	82 822 683*	92 492 270	136 789 415
2006	598 621	27 982 321	19 309 258	47 291 579	9 836 477	80 401 604	90 238 081	137 529 660
2007	652 055	29 929 821	20 010 128	49 939 949	10 089 522	80 702 569	90 792 091	140 732 040
2008	657 091	32 425 126	20 523 074	52 948 200	10 250 225	79 884 393	90 134 618	143 082 818
2009	732 487	34 318 535	21 398 954	55 717 489	10 476 205	79 642 905	90 119 110	145 836 599
2010	729 699	36 786 944	22 250 472	59 037 416	11 271 565	77 814 711	89 086 276	148 123 692
2011	767 728	38 696 500	23 315 024	62 011 524	11 124 401	82 609 926	93 734 327	155 745 851
2012	855 982	41 945 765	24 687 488	66 633 253	11 630 320	79 705 910	91 336 230	157 969 483

\*FAO (2012); FAO (2014b)

Su ürünleri yetiştiricilik sektöründeki artış hızının devam edeceği ve insanların protein ihtiyacının karşılanmasında önemli rol oynayacağı ifade edilmektedir (FAO 2014b).

Ülkemizde yetiştiricilik üretim miktarında ise her yıl artış olduğu görülmektedir (Çizelge 1.2). 2003 yılında 79 943 ton yetiştiricilik üretimi elde edilirken, bu miktar 2013 yılında 233 394 ton olarak gerçekleştirilmiştir. 2013 yılında, 2003 yılında elde edilen yetiştiricilik üretim miktarına göre yaklaşık olarak 3 kat bir artış olduğu görülmektedir. Bu artışın gerçekleşmesinde en fazla katkısı olan balık türü gökkuşuğu alabalığıdır (Çizelge 1.3).

Çizelge 1.2. Türkiye'nin 2003-2015 yılları arasındaki su ürünleri yetiştiricilik ve toplam üretim miktarı

Yıllar	Üretim Miktarı (ton/yıl)*	
	Yetiştiricilik	Toplam
2003	79 943	587 715
2004	94 010	644 492
2005	118 277	544 773
2006	128 943	661 991
2007	139 873	772 323
2008	152 186	646 310
2009	158 729	622 962
2010	167 141	653 080
2011	188 790	703 545
2012	212 410	644 852
2013	233 394	607 515
2014	235 133	537 345
2015	240 334	672 241

\*Anonim (2016b)

Ülkemizin yetiştiricilik sektörüne ait üretim miktarındaki bu artış oranı, küresel alandaki artışa göre yüksektir. Bu artışın en önemli sebeplerinden birisi, su ürünleri sektöründe kaliteli yemlerin üretilmesidir. Su ürünleri yemlerinin üretim miktarındaki ve kalitesindeki artışa bağlı olarak yetiştiricilik yoluyla elde edilen üretim miktarı da artmaktadır. İyi kalitedeki bir yem, balıkların tüm besinsel ihtiyaçlarını karşılar ve hızlı ve sağlıklı bir şekilde pazar boyuna ulaşmasını sağlar. Bu açıdan, besin madde içerikleri yeterli ve dengeli yemlerle yapılan besleme faaliyeti, yetiştiricilik üretimini ekonomik bir hale getirmekte ve su ürünleri yetiştiricilik sektörünün gelişmesine katkı sağlamaktadır.

Çizelge 1.3. Türkiye'nin 2003-2015 yılları arasında su ürünleri yetiştiriciliğinden elde edilen üretim miktarı (ton)

Yıllar <sup>a</sup>	Alabalık iç su <sup>x</sup>	Alabalık deniz <sup>x</sup>	İç su toplam	Çipura	Levrek	Deniz toplam	Genel toplam
2003*	39 674	1 194	40 217	16 735	20 982	39 726	79 943
2004*	43 432	1 650	44 115	20 435	26 297	49 895	94 010
2005*	48 033	1 249	48 604	27 634	37 290	69 673	118 277
2006	56 026	1 633	56 694	28 463	38 408	72 249	128 943
2007	58 433	2 740	59 033	33 500	41 900	80 840	139 873
2008	65 928	2 721	66 557	31 670	49 270	85 629	152 186
2009	75 657	5 229	76 248	28 362	46 554	82 481	158 729
2010	78 165	7 079	78 568	28 157	50 796	88 573	167 141
2011	100 239	7 697	100 446	32 187	47 013	88 344	188 790
2012	111 335	3 234	111 557	30 743	65 512	100 853	212 410
2013	122 873	5 186	123 019	35 701	67 913	110 375	233 394
2014	107 983	5 610	108 239	41 873	74 653	126 894	235 133
2015	101 166	6 188	101 455	51 844	75 164	138 879	240 334

<sup>a</sup>Anonim (2016a), \*Anonim (2016b), <sup>x</sup>*Oncorhynchus mykiss* ve *Salmo* sp. toplamı

Balık yemlerinde geleneksel olarak kullanılan başlıca protein kaynağı balık unu olup yemlerde genel olarak %25-40 oranında kullanılmaktadır (Hardy 1999). Balık unu yüksek düzeyde protein içermesi, dengeli amino asit ve yağ asit kompozisyonuna sahip olması ve balıklar tarafından lezzetli bulunması nedeniyle balık yemlerinde yüksek oranlarda kullanılan önemli bir protein kaynağıdır (Zhou vd 2004, Hussain vd 2011). Yetiştiricilik miktarının artışına bağlı olarak ihtiyaç duyulan balık unu miktarı da her geçen gün artmakta ve doğal balık stoklarına baskı oluşturmaktadır. Küresel alanda üretilen balık unu miktarı 6,5 milyon ton/yıl olup bu miktar son 20 yıldır aynı seviyelerde seyretmektedir (Hardy 2010). Bu sabit üretim trendinin gelecek yıllarda da devam etmesi, su ürünleri yem sektörünün ihtiyaç duyduğu miktarın karşılanamayacağı ve fiyatının her geçen gün artacağı öngörülmektedir (Coyle vd 2004, Tacon ve Metian 2008, Naylor vd 2009, Hardy 2010, Watson vd 2015, Hixon vd 2016). Balık unu (2014 yılı Kasım ayı kg fiyatı 3,81 ₺) ve soya küspesi (2014 yılı Kasım ayı kg fiyatı 1,30 ₺), kurutulmuş damıtma kalıntıları ve çözümlü maddeleri (2014 yılı Kasım ayı kg fiyatı 0,56 ₺) gibi bitkisel protein kaynaklarının fiyatlarına göre oldukça yüksektir (Hardy 2010, Anonim 2015a, Hixon vd 2016). Balık unu, sadece su ürünleri yem sektöründe kullanılmayıp karasal hayvan yemlerinde de kullanılmaktadır. Bu durum balık ununa olan talebi arttırmakta ve fiyatının daha da yükselmesine neden olmaktadır. Su ürünleri yem sektörü, balık unu üretiminin yeterli seviyede olmaması ve fiyatının yüksek oluşu nedeni ile yemlerde arzu edilen oranlarda kullanılmadığı, bu durumun gelecekte de devam edeceği balık besleme uzmanları tarafından ifade edilmektedir. Su ürünleri yetiştiricilik sektöründe sürdürülebilir bir yetiştiricilik yapılabilmesi ve yukarıdaki nedenlerden dolayı acil bir şekilde balık unu yerine kısmen ya da tamamen kullanılabilen alternatif bitkisel veya hayvansal protein kaynaklarının tespit edilmesi

gerekmektedir (Tacon ve Metian 2008, Hardy 2010, Aydın ve Gümüş, 2013, Rahman vd 2015, Soltanzadeh vd 2016, Ye vd 2016). Yüksek protein içeriği ile balık yemlerinde balık unundan sonra en fazla kullanılan yem hammaddesi soya küspesidir (Krogdahl vd 2015). Soya küspesi, balık ununda olduğu gibi sadece balık yemlerinde kullanılmayıp diğer hayvan yemlerinde de yüksek oranlarda kullanılmaktadır. Soya küspesinden daha ucuz ve antibesinsel madde içeriği daha az olan protein kaynaklarının balık yemlerinde kullanılması amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmaktadır (De Silva ve Anderson 1998, Guillaume vd 2001, Shepherd ve Bromage 2001, Gatlin vd 2007, Gümüş vd 2010, Burr vd 2012, Jirsa vd 2015). Bugüne kadar yapılan ve bundan sonra yapılacak olan araştırmalar ile balık unu ve soya küspesi yerine alternatif protein kaynaklarının yem sektöründe üretime alınması, yem maliyetinin azaltılması ve sürdürülebilir bir su ürünleri yetiştiriciliği için önem arz etmektedir (Bilgin vd 2007, Abo-State vd 2009, Barnes vd 2012a, Colburn vd 2012, Aydın ve Gümüş 2013, Chatvijitkul vd 2016).

Bu çalışmada, gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yavru yeminde kurutulmuş damıtma kalıntıları ve çözünür maddeleri (DDGS) ununun alternatif yem hammaddesi olarak balık unu ve soya küspesi yerine kullanılabilirliğinin araştırılması için iki ayrı besleme denemesi yürütülmüştür. Araştırma kapsamında büyüme, yem değerlendirme, ekonomik değerlendirme, balık eti kimyasal kompozisyonu, deneme yemlerinin besin madde sindirilebilirlik oranları, deneme balıklarının karaciğer ve bağırsak histolojileri araştırılmıştır.

## 2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI

### 2.1. Gökkuşığı Alabalığı

Gökkuşığı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) ülkemizde olduğu gibi dünya genelinde de ekonomik değeri yüksek bir balık türüdür. Bu balık türünün normal yetişkinlikteki bireyleri 2-3 kg ağırlığında olduğu, maksimum ağırlığı 25,4 kg ve toplam boyu 120 cm olan 11 yaşındaki bir balığın kayda geçtiği bildirilmiştir (Froese ve Pauly 2009, Woynarovich vd 2011).

Salmonidae familyasında yer alan gökkuşığı alabalığının sistematikteki yeri aşağıdaki gibidir.

Alem : Animalia  
Şube : Chordata  
Sınıf : Actinopterygii  
Takım : Salmoniformes  
Aile : Salmonidae  
Cins : *Oncorhynchus*  
Tür : *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)

Gökkuşığı alabalığı, Kuzey Amerika kökenli ve doğal olarak Pasifik okyanusuna dökülen ırmaklarda yaşayan önemli bir balık türüdür. İlk yetiştiricilik çalışmaları 1870’li yıllarda ABD’nin Kaliforniya eyaletinde başlatılmış, 1880’li yıllarda Avrupa’ya getirilmiş, ülkemizde ise yetiştiricilik faaliyeti 1970’li yıllarda başlamış ve başarılı bir şekilde yetiştiriciliği günümüze kadar devam etmiştir (Emre ve Kürüm 2007). Diğer alabalık türlerine göre çevre koşullarına daha iyi uyum sağlaması ve üretim şartlarının kolay olması nedeni ile günümüzde 82’den fazla ülkede yetiştiriciliği yapılmaktadır (Woynarovich vd 2011). Gökkuşığı alabalığı, ülkemizde 50 yıla yaklaşan geçmişi ile en fazla yetiştiriciliği yapılan balık türüdür. Bugün bazı illerimizde sayısı 60-70’e varan gökkuşığı alabalığı üretim tesisi bulunmaktadır. Bu türün yetiştiricilikteki üretim miktarı toplam yetiştiricilik üretimindeki artışa benzer olarak her geçen yıl daha da artmaktadır. 2003 yılında 40 868 ton üretim gerçekleşirken bu miktar 2013 yılında yaklaşık %300’lük bir artışla 128 050 ton olarak gerçekleşmiştir (Bkz. Çizelge 1.3). Ülkemizde toplam yetiştiricilik miktarının %54,9’u ile en fazla üretimi gerçekleştirilen balık türü gökkuşığı alabalığıdır. Dünya genelinde gökkuşığı alabalığı yetiştiricilik üretimi, toplam yetiştiricilik üretim miktarına göre düşük iken ülkemizde yüksek oranda üretimi yapılan ve ihracatı gerçekleştirilen önemli bir balık türüdür. Bu türün bu kadar yetiştiricilikte tercih edilmesinin en önemli nedenleri, çevre koşullarına ve hastalıklara karşı dayanıklı olması, hızlı adaptasyonu, kolay döl alımı, yem değerlendirme oranının ve ağırlık artışının çok iyi olması gibi özelliklerinden kaynaklanmaktadır (Aras vd 2000, Tekelioğlu 2000, Çağıltay 2011, Woynarovich vd 2011).

Şekil 2.1’de de görülen gökkuşığı alabalıkların morfolojik olarak en belirgin özelliği, sırt yüzgeci ile kuyruk yüzgeci arasında yağ yüzgecine sahip olmasıdır. Gökkuşığı alabalığında vücut uzamış ve kısmen basık bir görünümü vardır. Sırt yüzgeci 10-12, anal yüzgeci ise 8-12 yumuşak ışına sahiptir. Vücut kenarları gümüş, beyaz veya

soluk sarı-yeşilden griye eğilimli bir renktedir. Karın gümüşü beyaz veya sarıdır. Vücudun yanlarında gökkuşağı renginde bantların bulunması ile dikkat çekmektedir. Sırt ve kuyruk yüzgeç ile beraber yan çizginin üzerinde siyah benekler mevcuttur (Emre ve Kürüm 2007, Çağıltay 2011).

Gökkuşağı alabalığı, genellikle su sıcaklığının 20-21°C'yi geçmediği, çözülmüş oksijence zengin, soğuk ve berrak suları seven, hemen hemen dünyanın bütün bölgelerindeki ırmak, göl, dere ve nehirlerinde yaşayabilen bir balık türüdür. Çevresel faktörlere karşı adaptasyon kabiliyeti yüksek ve hızlı büyüyen bir türdür. Gökkuşağı alabalığı için optimum su sıcaklığı 15-20 °C olmasına karşın, yemlemeye uygun su sıcaklığı ise 14-16 °C'dir (Emre ve Kürüm 2007).



Şekil 2.1. Gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) (Orijinal)

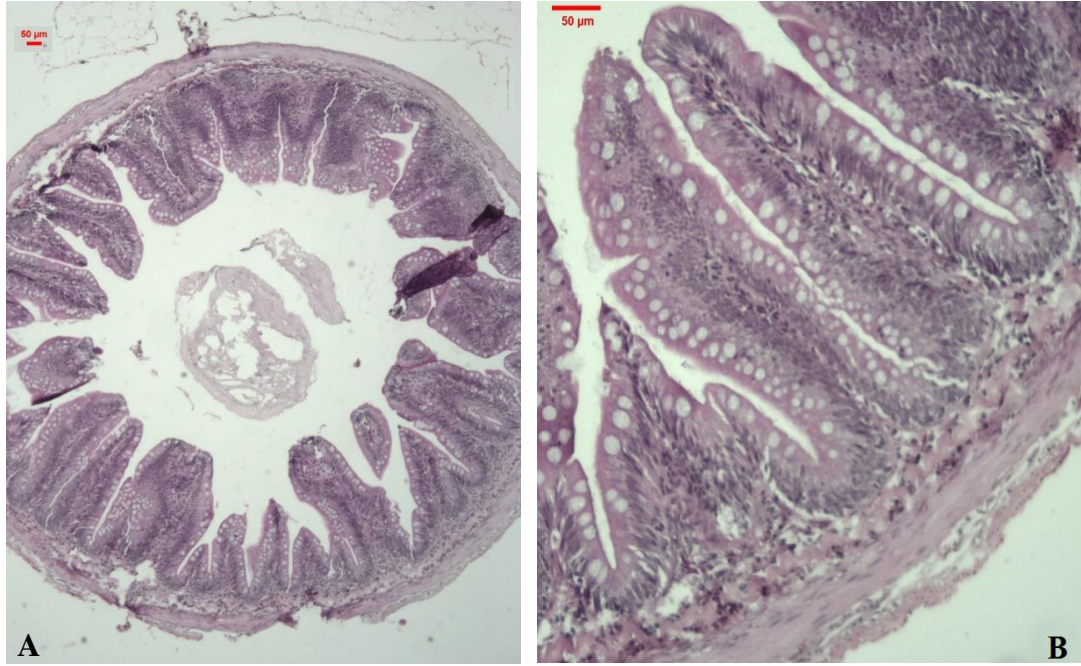
Beslenme yönünden karnivor olan gökkuşağı alabalıkları agresif ve yeme karşı oldukça heveslidir. Doğal ortamlarındaki besin kaynaklarını küçük balık larvaları, kurtçuklar, sülük, su üzerinde uçan sinekler, su içerisinde yaşayan çeşitli böcekler ve kabuklular oluşturmaktadır. Yetiştiriciliği yapılan balık türleri içerisinde gökkuşağı alabalığı, yemde yüksek oranda protein ihtiyacına sahip bir balık türüdür. Balıkların başlangıç yeminde %45-50, büyütme yeminde %42-48 ve damızlık yeminde %35-40 oranında ham protein içeren yemlere gereksinim duymaktadır. Gökkuşağı alabalığı gibi yemde yüksek oranda protein içeren balıkların beslenmelerinde, balık unu gibi yüksek oranlarda protein içeren yem hammaddeleri kullanılmaktadır. Balık unu, fiyatının yüksek olması nedeni ile bu türlerin beslenmesinde kullanılan yemlerin maliyeti artmakta ve balık üretim tesislerinin karlılığı azalmaktadır. Alabalık üretim tesislerinde yem tüketimine bağlı giderler işletme giderlerinin %40-70 oranıyla en büyük payı oluşturmaktadır (Hardy ve Tacon 2002, Cheng ve Hardy 2004a, Emre ve Kürüm 2007, Gatlin vd 2007). Bu nedenle, sürdürülebilir bir yetiştiricilik üretiminin yapılabilmesi



için yem maliyetlerinin azaltılması gerekmektedir (Abo-State vd 2009, Barnes vd 2012a, Colburn vd 2012, Aydın ve Gümüş 2013, Chatvijitkul vd 2016).

## 2.2. Balıklarda Sindirim Sisteminin Fizyolojisi ve Anatomisi

Gökkuşığı alabalığı gibi karnivor balıklarda sindirim kanalı; ağız, yutak (farinks), yemek borusu (özofagus), mide, bağırsaklar ve anüsten oluşmaktadır (Hoşsu vd 2003, Aksoy 2009). Sindirim kanalının diğer omurgalı canlılarda olduğu gibi balıklarda da besin maddelerinin alınması, alınan besin maddelerinin hem fiziksel hem de kimyasal olarak parçalanması, sindirilmiş besin maddelerinin emilmesi ve atık maddelerin vücuttan atılması gibi görevleri yerine getirmektedir (Wedemeyer 1996, Aksoy 2009). Sindirim kanalının anatomik karakteristikleri türe, balık büyüklüğüne, cinsiyete, balığın beslenme alışkanlığına, besin türüne ve habitata bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Çınar ve Şenol 2006, Banan vd 2009, Hernández vd 2009, Delashoub vd 2010). Balık tarafından alınan besinlerin sindirimi ve emilimi daha çok bağırsaklarda gerçekleşmektedir (Stepherd ve Bromage 2001, Bilgüven 2002). Bağırsaklar, kimyasal sindirimin tamamlandığı ve besin maddelerinin emiliminin gerçekleştiği organ olup gökkuşığı alabalıklarında araştırmacılar tarafından ön ve arka bağırsaklar olmak üzere iki bölgeden meydana geldiği (Lee vd 2004, Sanden vd 2005), bu bölgeler birbirinden bağırsak kalınlığının artışı ile ayırt edildiği bildirilmektedir (Buddington vd 1997). Mideden kısmi olarak sindirilerek gelen besin maddelerinin bağırsaklarda, karaciğer ve pankreastan bağırsak lümenine salgılanan proteaz, lipaz karbohidraz enzimlerinin ve safra tuzlarının etkisiyle monomerlerine parçalanarak emilime hazır hale gelmektedir. Sindirim hızı ve oranı balığın türüne, balığın büyüklüğüne ve yaşına, yem içeriğine, yem miktarına ve çevresel şartlara bağlı olarak değişebilmektedir (Thodesen vd 2001, Hoşsu vd 2003, Krogdahl vd 2010, Kutlu 2010). Balıktaki sindirim ve emilim, yemde kullanılan protein ve yağ kaynaklarının çeşidi ve miktarından önemli derecede etkilenmektedir. Bu denklemlerle yemde kullanılacak kaynakların besin madde içeriklerinin ve sindirilebilirlik oranlarının yüksek, anti besinsel madde içeriklerinin düşük olması iyi kalitede yem hazırlanması açısından önemlidir. Sindirimi tamamlanan besin maddeleri, bağırsaktaki villus yapıları aracılığıyla emilimi gerçekleştirir. Karbonhidrat, protein ve yağların asıl sindirim yeri olan ön ve arka bağırsaklardaki yer alan villus yapıları ile emilim yüzeyi artırılarak bu besin maddelerden daha iyi yararlanma sağlanmaktadır. Şekil 2.2'de görüldüğü üzere gökkuşığı alabalığı arka bağırsak mukozası, mikroskobik boyutlarda ve bağırsak lümenine doğru çıkıntı yapan parmaklı villus adı verilen yapıları içermektedir. Bağırsak iç yüzeyinde yer alan villus yapılarının sağlıklı olup olmadığı, villusların yüksekliği ve genişliği, enterosit hücrelerinin yapısı, mikrovilli görünümü, goblet hücre büyüklükleri ve sayılarından faydalanılarak anlaşılır. Villuslardaki lamina propria, kollejen liflerden, kan damarlarından ve lökositlerden oluşmaktadır (Ikpegbu vd 2014). Lamina proprianın genişliği ve içeriğindeki lökosit yoğunluğu ve infiltrasyonu gibi oluşumlar villus yapısının sağlıklı olup olmadığı hakkında önemli bir indikatördür. Gökkuşığı alabalıklarında bağırsak yapısı içten dışa doğru tunika mukoza, tunika submukoza, tunika muskularis ve tunika seroza tabakalarından oluşmaktadır (Banan vd 2009). Bu tabakaların histomorfolojik yapısı (genişliği, yüksekliği ve hücre infiltrasyonu) yem içeriğinden önemli ölçüde etkilenmektedir (Krogdahl vd 2003, Escaffre vd 2007, Iwashita vd 2009, Uran vd 2009, Krogdahl vd 2015).



Şekil 2.2. Gökkuşuğu alabalığının arka bağırsak görüntüsü (Orijinal)  
Hematoksilen ve eosin ile boyama, A: 4x büyütme, B: 20x büyütme

### 2.3. Balık Yemlerinde Alternatif Protein Kaynakları

Yetiştiricilik sektöründeki işletmelerin yem giderleri, toplam işletme giderlerinin yaklaşık olarak %80'ine kadar çıktığı bildirilmektedir (Cheng ve Hardy 2004a, Rola ve Hasan 2007, Rahman vd 2013). Yetiştiricilik sektöründe bu kadar yüksek maliyete sahip olan balık yemlerinin kalitesi, yapılan yetiştiriciliğin sürdürülebilirliği ve ekonomik boyutu açısından büyük önem arz etmektedir. Balık yemlerinin kalitesi ve maliyeti daha çok içeriğindeki protein kaynaklarına bağlıdır (Glencross vd 2007, Hu vd 2013, Samaddar vd 2015). Balık yemlerinde vazgeçilmez protein kaynağı olarak kullanılan balık unu, yüksek düzeyde (%56-76) kaliteli protein içermesi, dengeli amino asit kompozisyonu, yüksek orandaki sindirilebilirliği, yüksek seviyede doymamış yağ asitleri ve balıklar için lezzetli olması nedeni ile küresel çapta gökkuşuğu alabalıklarının ve diğer karnivor balık türlerinin yemlerinde en fazla kullanılan yem hammaddesidir (Cheng ve Hardy 2004a, Lim ve Yıldırım-Aksoy 2008, De Silva ve Anderson 2009, Zhou vd 2011, Barnes vd 2012c). Doğal balık stoklarındaki azalma nedeni ile piyasadaki balık unu arzı sınırlı seviyelerde seyretmekte ve artan su ürünleri yem sektörünün talebini karşılamakta yetersiz kalmaktadır (Tacon ve Metian 2008, Hardy 2010, Barnes vd 2014, Samaddar vd 2015). Tüm bu nedenlerden dolayı balık yemlerinde balık unu kullanım miktarını azaltacak sürdürülebilir, ucuz ve arzı fazla olan alternatif bitkisel veya hayvansal protein kaynaklarının kullanımı gerekmektedir (Hardy 2010, Barnes vd 2014).

Balık yemlerinde kullanılan alternatif protein kaynaklarının çoğunluğunu bitkisel protein kaynakları oluşturmaktadır. Soya küspesi (Heikkinen vd 2006, Martínez-Llorens vd 2007, Yamamoto vd 2007, Martínez-Llorens vd 2009, Sealey vd 2009, Yamamoto vd 2010, Glencross vd 2011a, Collins vd 2012, Barnes vd 2014,

Barnes vd 2015, Kokou vd 2015, Sevgili vd 2015), kanola küspesi (Thiessen vd 2003a, Collins vd 2012, Yiğit vd 2012), ayçiçeği tohumu küspesi (Lozano vd 2007, Nogales-Mérida vd 2011), mısır glütenu (Sevgili vd 2015), lüpen (Glencross vd 2011a, Serrano vd 2012), fındık küspesi (Sevgili vd 2009, Doğan ve Erdem 2010), ketencik tohumu unu (Bullerwell vd 2016, Ye vd 2016), pamuk tohumu küspesi (Hu vd 2015), bezelye (Thiessen vd 2003b, Collins vd 2012), bakla (Ouraji vd 2013) ve bitkisel protein karışımları (Cabral vd 2011, Burr vd 2012, Zhang vd 2012, Yun vd 2013) gibi bitkisel hammaddeler araştırmacılar tarafından yem içeriğinde alternatif protein kaynağı olarak araştırılmıştır (Gatlin vd 2007, Bilgüven ve Barış 2011).

Yapılan bazı araştırmalarda yemde balık ununun bitkisel protein kaynakları ile değişimi, gökkuşağı alabalıklarının büyümesi üzerine olumsuz etkisinin olmadığı (Kaushik vd 1995, Watanabe vd 1998), ancak uzun süreli bitkisel protein kaynakları ile yapılan beslemede balıkların canlı ağırlık artışında azalma olduğunu bildiren araştırmalarda mevcuttur (Francesco vd 2004, Francesco vd 2007). Kaushik vd (2004), balık unu yerine yüksek oranlarda (%50-100) bitkisel protein kaynakları kullanımının, levrek (*Dicentrarchus labrax*) balıklarında büyüme ve yemden yararlanmayı olumsuz etkilemediği sonucuna varmışlardır. Gómez-Requeni vd (2004), yemde balık ununun %50 ya da %75 oranında bitkisel protein kaynağı kullanımı sonucunda çipura balıklarının (*Sparus aurata*) büyümesinde azalma görülmeden kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Bitkisel protein kaynaklarından soya küspesi, balık ununa göre düşük fiyatı ve temin edilmesindeki kolaylık nedeniyle balık yemlerinde alternatif protein kaynağı olarak kullanılmaktadır (Watanabe 2002, Gatlin vd 2007, Sales 2009, Hardy 2010, Ferrara vd 2015, Krogdahl vd 2015). Soya küspesi balık yemlerinde en fazla kullanılan bitkisel protein kaynağıdır (Yue ve Zhou 2009). Soya küspesi diğer balık türlerinde olduğu gibi gökkuşağı alabalığı yemlerinde de yaygın olarak kullanılmaktadır (Gatlin vd 2007, Uran vd 2009, Yamamoto vd 2010, Ayadi vd 2011). Ancak soya küspesi, balık ununa göre düşük lezzete sahip olması (Ferrara vd 2015), içeriğindeki antibesinsel maddelerin (Storebakken vd 2000, Francis vd 2001, Refstie vd 2005, Gatlin vd 2007, Iwashita vd 2008, Abdel-Warith vd 2013, Collins 2014, Krogdahl vd 2015) bulunması nedeniyle balıkların büyümesi, yem değerlendirmesi, besin madde sindirilebilirliği, karaciğer ve bağırsak dokularında istenmeyen sonuçlara neden olabilmektedir. Ayrıca bağırsaktaki sindirim ve emilim fizyolojisi üzerinde olumsuz etkiye, bağırsak yapılarında iltihaplanmaya, villus uzunluğunda kısalmaya, mikrovilli yoğunluğunun ve yüksekliğinin azalmasına neden olduğu bildirilmektedir (Krogdahl vd 2003, Heikkinen vd 2006, Bakke-McKellep vd 2007, Barrows vd 2008, Iwashita 2008, Romarheim vd 2008b, Merrifield vd 2009, Sealey vd 2009). Soya küspesi bu tür problemlere neden olmasından dolayı yem içeriğinde istenilen seviyelerde kullanılamayıp sınırlı seviyelerde kullanılabilmektedir. Soya küspesi, tilapia gibi karnivor olmayan balık türlerinde, balık unu yerine kısmen veya tamamen büyüme ve balık sağlığı üzerine olumsuz etkisi olmadan kullanılabileceği bildirilmektedir (Uysal ve Bekcan 2006, Zhou ve Yue 2010, El Saidy ve Saad 2011). Ancak karnivor balık türlerinde bu kullanım oranı daha sınırlı olmaktadır (Martinez-Llorens vd 2007, Harlıoğlu 2012). Gökkuşağı alabalığı yemlerinde soya küspesi en fazla %20 oranında kullanıldığı (Hardy 2002), yemde %20'den daha fazla kullanıldığında ise büyümede azalmaya ve yem değerlendirme oranında kötüleşme neden olduğu bildirilmiştir (Rumsey vd 1994, Sealey

vd 2009). Yemde %10-15 oranında soya küspesi kullanımının Atlantik salmon (*Salmo salar*), gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), levrek (*Dicentrarchus labrax*) ve sarı kuyruk (*Seriola quinqueradiata*) balıklarında balık sağlığı ve büyümede kötüleşme olduğu Barrows vd (2007) tarafından bildirilmiştir. Bununla birlikte Heikkinen vd (2006), gökkuşuğu alabalığı üzerine yaptıkları çalışmada, yemde %45 oranında soya küspesi kullanımının balıkların büyümesinde önemli derecede azalmaya neden olmadığını bildirmişlerdir. Ancak birçok bitkisel protein kaynağı yüksek seviyelerde yapısal selüloz (Naylor vd 2009), saponin, lektin, alkaloid, fitik asit gibi antibesinsel madde (Burrells vd 1999) içermesi dolayısı ile gökkuşuğu alabalığı yemlerinde sınırlı seviyelerde kullanılmaktadır (Iwashita vd 2008, Barnes vd 2014).

Hidrolize buğday gluteni, balık yemlerinde kullanılacak alternatif bitkisel bir protein kaynağı olduğu Apper vd (2016) tarafından bildirilmiştir. Apper vd (2016) çalışmasında, gökkuşuğu alabalığı yeminde düşük oranda (yemde %5,6) balık unu proteini, soya küspesi, hayvansal protein kaynağı ve %6 oranında buğday gluten hidrolizi birlikte kullanıldığında, balıkların büyümesi ve bağırsak histomorfolojisi üzerine olumsuz bir etkinin görülmediğini bildirmişlerdir. Kobia (*Rachycentron canadum*) balıkları yeminde balık unu yerine soya küspesi kullanımı ile ilgili yapılan araştırmalarda maksimum ikame oranının %40 olduğu, optimum oranın ise %16 ile %18 olduğu bildirilmiştir (Chou vd 2004, Zhou vd 2005). Atlantik kod (*Gadus morhua*) balığı üzerinde yapılan bir araştırmada, balık unu yerine soya küspesi ve soya protein konsantrininin %50 oranında (Colburn vd 2012), diğer bir araştırmada ise balık unu yerine soya küspesininin %75 oranında (Olsen vd 2007) kullanılabilirliği ifade edilmektedir.

Martínez-Llorens vd (2007), balık unu yerine soya küspesinin yemde %20, %30, %40 ve %50 oranında kullanılarak protein ve enerji seviyeleri eşit dört farklı deneme yemi hazırlamışlardır. Hazırlanan deneme yemleriyle 15,2 g ağırlığındaki çipura (*Sparus aurata*) balıkları günde iki defa doyuncaya kadar beslenmiştir. Denemenin 87. gününde yapılan ölçüm sonuçlarına göre balıkların büyümelerinde %50 oranında soya küspesi içeren yemlerle beslenen gruba ait balıklarda en az büyüme (66 g) elde edildiği bildirilmiştir. Yemde %20, %30 ve %40 oranında soya küspesi içeren grupların ağırlık artışlarının ve spesifik büyüme oranlarının benzer olduğu, %20 ve %30 oranında soya küspesi içeren gruplar ile %50 oranında soya küspesi içeren grubun ağırlık artışı değerleri ve spesifik büyüme oranları arasında ise istatistiksel olarak önemli farklılıkların olduğu bildirilmiştir. Yem alımı, yem değerlendirme oranı ve protein etkinlik oranı değerlerinde ise soya küspesi artışına bağlı olarak gruplar arasında önemli bir farklılığın olmadığı bildirilmiştir. Deneme sonunda (309. gün) ise yüzde canlı ağırlık kazancı, spesifik büyüme oranı, yem değerlendirme oranı, protein etkinlik oranı ve yem alımı değerlerinin gruplar arasında benzer olduğu saptanmıştır. Yemdeki soya küspesinin artışına bağlı olarak deneme yemlerinin maliyetinin düştüğü ve ekonomik dönüşüm oranının azaldığı, ekonomik karlılık indeksinin ise arttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte grupların ekonomik dönüşüm oranı ve ekonomik karlılık indeksi değerleri arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemli olmadığı bildirilmiştir. Sonuç olarak 80 g altında ağırlığa sahip balıkların yeminde %30 oranına kadar, 80 g üzerindeki balıkların yeminde ise %50 oranına kadar yemde soya küspesinin kullanılabilirliği, ayrıca soya küspesi kullanımına bağlı ekonomik parametrelerde de bir iyileşme olduğu sonucuna varmışlardır.

Martínez-Llorens vd (2009), balık unu yerine farklı oranlarda soya küspesi (0, 132, 263, 395, 526 ve 658 g/kg) kullanarak protein (450 g/kg ham protein) ve enerji (23 kJ/g) değerleri eşit 6 farklı deneme yemi hazırlamışlardır. Hazırlanan deneme yemleriyle 242 g ağırlığındaki çipura balıklarını 134 gün süreyle beslemişlerdir. Deneme sonunda yemde 132, 263, 395 g/kg oranında soya küspesi bulunan yemlerle beslenen balıkların deneme sonu canlı ağırlık ortalamaları ve spesifik büyüme oranı değerleri kontrol grubu ile benzer olduğu, 526 ve 658 g/kg oranında soya küspesi kullanılan yemlerle beslenen gruplarda ise daha düşük gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Yemde optimum soya küspesi miktarı, maksimum spesifik büyüme oranı için 205 g/kg iken minimum yem değerlendirme oranı için ise 100 g/kg olarak saptamışlardır. Deneme sonunda gruplara ait yem alımı ve balıkların vücut kompozisyonu (nem, ham protein, ham yağ ve ham kül) değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığını bildirmişlerdir.

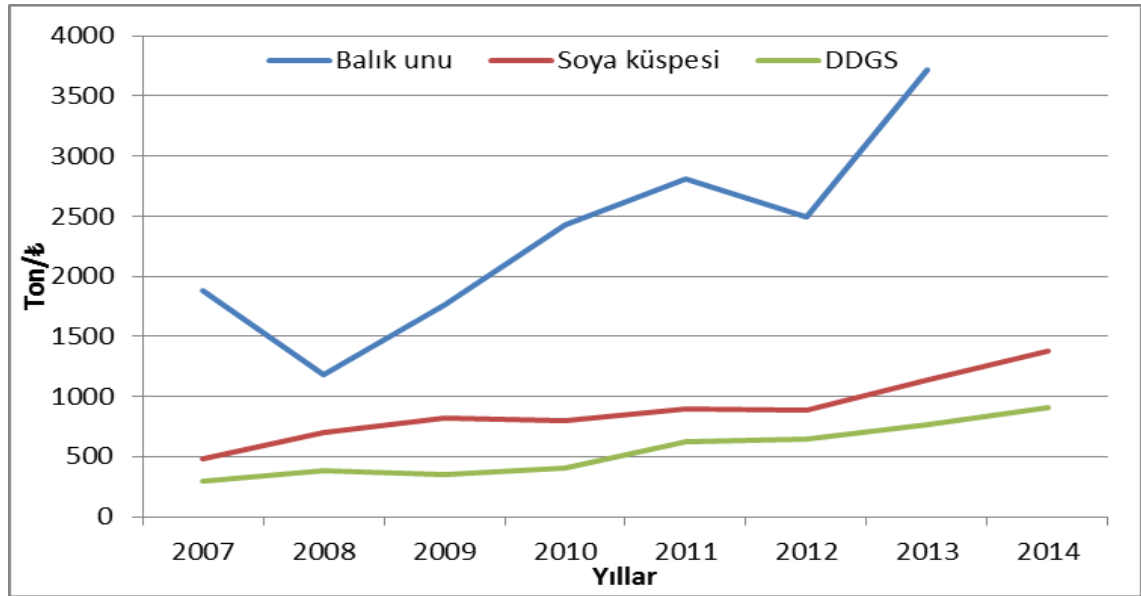
Yamamoto vd (2010), ısıtma işlem sonrasında elde edilen soya küspesini (SBM), 7 saat (FSBM-1) ve 10 saat (FSBM-2) fermantasyon işleminden geçirilmiş soya küspesi yemde %47,6 oranında mısır gluteni (yemde %21 oranında) ile birlikte kullanarak deneme yemleri hazırlamışlardır. Hazırlanan dört farklı deneme yemiyle gökkuşuğu alabalıklarını (başlangıç ağırlıkları 14,7 g) 10 hafta süreyle beslemişlerdir. Deneme sonrasında balıkların canlı ağırlık artışı, yüzde ağırlık kazancı ve spesifik büyüme oranı değerleri SBM ve FSBM-1 grubunda Kontrol ve FSBM-2 grubuna göre önemli düzeyde düşük olduğunu bildirmişlerdir. En düşük yem değerlendirme oranı SBM grubunda belirlenirken, bu grubu Kontrol ve FSBM-1 gruplarının takip ettiği ve en yüksek ise FSBM-2 grubunda olduğu saptanmıştır. Günlük yem alımı değerleri SBM, FSBM-1 ve FSBM-2 grupları arasında benzerlik gösterirken Kontrol ve FSBM-2 grupları arasındaki farklılıkların ise istatistiksel olarak önemli olduğu bildirilmiştir. Besin madde sindirilebilirliğinde, Kontrol grubuna ait protein sindirilebilirlik oranı değeri (%90,8), SBM grubu (%93,2), FSBM-1 grubu (%93,8) ve FSBM-2 grubu (%94,3) değerlerine göre istatistiksel olarak önemli derecede düşük gerçekleştiği bildirilmiştir. Deneme sonu balık eti, nem, ham protein, ham yağ ve ham kül değerlerinde gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığını bildirilmiştir.

Estévez vd (2011), balık unu yerine bitkisel protein kaynakları (Soya küspesi, mısır gluteni, buğday gluteni ve fasulye) kullanarak protein (%37,8) ve sindirilebilir enerji (17,46 MJ/kg) değerleri eşit beş farklı deneme yemi hazırlamışlardır. Hazırlanan deneme yemleriyle başlangıç ağırlığı 20,5 g olan kaya levreği balıklarını (*Argyrosomus regius*) 56 gün süreyle beslemişlerdir. Deneme sonucunda yem değerlendirme oranı ve protein etkinlik oranı bakımından gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığını saptamışlardır. Bunun nedeni de yeme %5 oranında ilave edilen balık protein hidrolizatı olabileceğini ifade etmişlerdir. Sonuç olarak balıkların büyümesi, yem değerlendirmesi ve immünolojik değerlerde olumsuz bir etki olmadan yemde %31,5 oranında (toplam proteinin %76,2'si oranında) bitkisel protein kaynağı kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Barnes vd (2014), balık unu yerine PepSoyGen (fermantasyon işleminden geçirilmiş soya küspesi, %51 proteine sahip) yemde %0, %35 ve %50 oranlarında kullanarak hazırladıkları deneme yemleriyle gökkuşuğu alabalıklarını 205 gün süreyle beslemişlerdir. Deneme sonunda yemde %50 oranında PepSoyGen kullanılan yemlerle

beslenen grubun büyüme ve yem değerlendirme oranı, Kontrol ve yemde %35 oranında PepSoyGen kullanılan yemlerle beslenen gruplara göre önemli derecede kötü olduğunu bildirmişlerdir. En iyi ağırlık artışı ve yem değerlendirme oranı, yemde %35 oranında PepSoyGen kullanılan yemlerle beslenen gruba ait balıklarda görüldüğü, ancak gruplar arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemli olmadığını bildirmişlerdir. Sonuç olarak balıkların performansında azalma görülmeden yemde PepSoyGen'nin %35 oranında kullanılabilceğini rapor etmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçlarına benzer olarak Barnes vd (2013) ve Yamamoto vd (2010) çalışmalarında da PepSoyGen'nin yemde %35 - %40 ve %47,6 oranında kullanılabilceğini bildirmişlerdir.

Alternatif protein kaynaklarından kurutulmuş damıtma kalıntıları ve çözünür maddelerinin (DDGS) yapılan araştırmalar sonucunda balık yemlerinde çeşitli oranlarda kullanılabilceği bildirilmektedir (Cheng ve Hardy 2004a). DDGS %37'ye varan protein içeriği, %15'e varan yağ içeriği (Rosentrater ve Muthukumarappan 2006, Belyea vd 2004, Barnes vd 2012b), diğer bitkisel protein kaynaklarına göre daha az miktarda antibesinsel madde içermesi ve fiyatının ucuz olması (Şekil 2.3) (Magalhães vd 2015) nedeniyle balıklar için önemli bir yem hammaddesidir. Ancak, DDGS'nin belirtilen avantajlarına ve yapılan bazı bilimsel araştırmalarda olumlu sonuçlar alınmasına karşın su ürünleri yem sektöründe kullanım miktarının yetersiz olduğunu söylemek mümkündür.



Şekil 2.3. Yıllara göre ocak ayındaki balık unu, soya küspesi ve DDGS fiyat eğrisi (Anonim 2015a)

## 2.4. Kurutulmuş Damıtma Kalıntıları ve Çözünür Maddeleri (DDGS)

Alternatif protein kaynağı olarak değerlendirilen bir çok bitkisel protein kaynaklarının protein içeriği ve besin madde sindirilebilirliklerinin düşük olması, lezzetsiz, antibesinsel madde ve dengesiz amino asit içeriğine sahip olması gibi nedenlerden dolayı balık yemlerinde istenilen seviyelerde kullanılamamaktadır. Bitkisel protein kaynaklarının kullanımını olumsuz etkileyen antibesinsel madde içeriği, yeme enzim ilave edilerek veya yemde kullanım öncesi değişik teknolojiler uygulanarak azaltılmaya çalışılmaktadır. Yetersiz amino asit seviyesi ise yeme dışarıdan sentetik amino asit ilave edilerek balık yemlerinde bitkisel protein kaynakları değişik oranlarda kullanılabilir. Bu bakımdan tahıl kaynaklarından (mısır, buğday, arpa, sorgum) etanol endüstrisi fermantasyon işlemi sonrasında yan ürün olarak elde edilen kurutulmuş damıtma kalıntıları ve çözünür maddelerinin (Distillers dried grains with solubles; DDGS) balık yemlerinde alternatif protein kaynağı olarak kullanılabilceği bildirilmektedir (Cheng ve Hardy 2004a, Lim vd 2007, Shelby vd 2008, Lim vd 2009, Schaeffer vd 2010, Li vd 2011a, Barnes vd 2012a, Øverland vd 2013, Choi vd 2014a, Welker vd 2014, Webster vd 2016).

### 2.4.1. DDGS üretim miktarı

Fosil yakıt kaynaklarının hızla azalmasından dolayı yenilenebilir, düşük maliyetli ve güvenli alternatif enerji kaynaklarına ihtiyaç vardır. Biyoetanol dünya çapında ulaşım sektöründe yaygın olarak kullanılan alternatif bir enerji kaynağı olup üretimi her geçen gün artmaktadır. Dünyada biyoetanol üretiminin %95'inden fazlası tarımsal ürünlerin işlenmesi ile elde edilmektedir (Koçtürk 2011). DDGS küresel alanda etanole olan talep artışına bağlı olarak mısırdan elde edilen etanol miktarında hızlı bir artış gerçekleşmiştir (Shapouri vd 2002). Alternatif protein kaynaklarından DDGS'nin üretimi, özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) etanol endüstrisinin gelişmesiyle hızla artmaktadır. ABD'de DDGS üretim miktarı 2004-2005'de 10,2 milyon ton, 2006-2007'de 16,4 milyon ton iken bu miktar 2009-2010 yıllarında hızlı bir artış ile 35,3 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (Lim vd 2011, Li vd 2012). 2011 yılında ABD'de 52,6 milyar litre etanol ile 30 milyon ton DDGS üretimi gerçekleştirilmiştir (RFA 2011). 2012 yılında ise ABD'deki 200'den fazla etanol tesisindeki DDGS üretim miktarının 34,4 milyon ton olduğu bildirilmiştir (RFA 2013). ABD'de ve Avrupa Birliği'nin bütün üye ülkelerinde yenilenebilir yakıtların belirli oranlarda kullanımı konusunda zorunluluk getirilmiş ve buna bağlı olarak 2020 yılında yakıtların %20'sinin tahıl kaynaklarından üretilmesi hedeflenmiştir.

Çizelge 2.1. Türkiye'nin yıllara göre DDGS ithalat miktarı (ton/yıl)

Yıl	Miktar	Yıl	Miktar
2006*	330 069	2011/2012 <sup>+</sup>	121 633
2007*	323 923	2012/2013 <sup>+</sup>	298 111
2008*	521 855	2013/2014 <sup>+</sup>	236 022
2009*	445 614	Eylül 2014/Şubat 2015 <sup>+</sup>	344 152
2010*	505 955	Eylül 2015/Şubat 2016 <sup>+</sup>	218 207

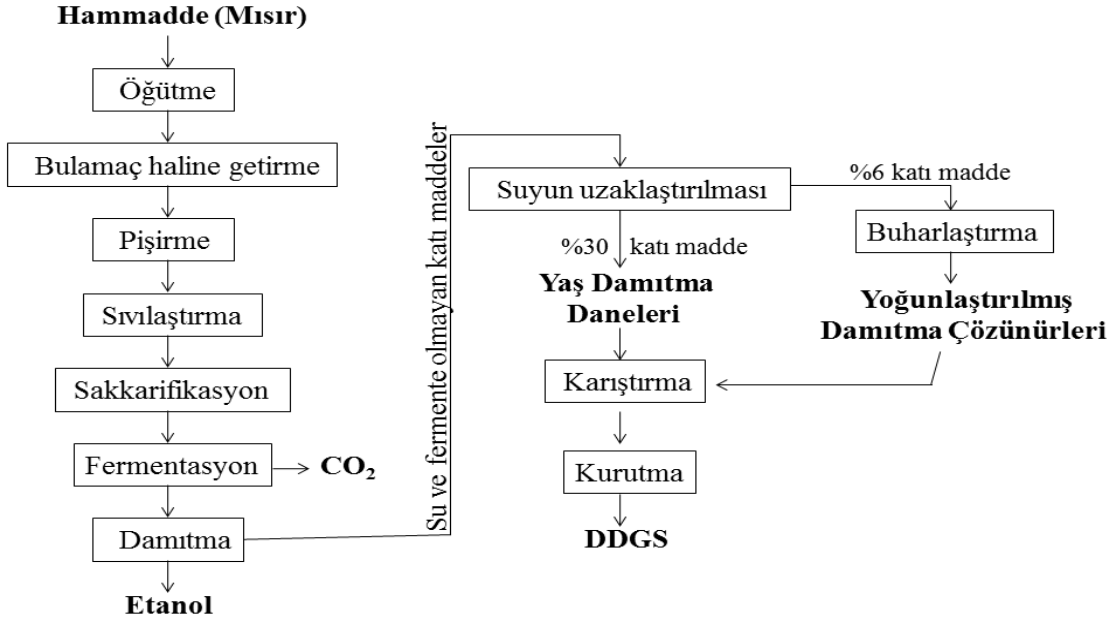
\* Anonim (2011); <sup>+</sup> ABD'den ithal edilen miktar, Anonim (2016c)

ABD’de 200’den fazla etanol ve DDGS üretim tesisi varken, ülkemizde ise mısırdan üretim yapan iki etanol tesisi bulunmaktadır. Ülkemizde yem endüstrisinin talebi doğrultusunda uzun yıllar boyunca değişik miktarlarda DDGS ithalatı yapılmıştır (Bkz. Çizelge 2.1). Ülkemizin de Avrupa Birliği’ne üyelik süreci ve tüketilen yakıt miktarı göz önüne alındığında gelecekte DDGS üretiminin önemli seviyelere geleceği öngörülmektedir.

#### 2.4.2. DDGS üretim aşaması

DDGS başta mısır olmak üzere buğday, arpa ve sorgum gibi tahıllarda veya karışımlarında bulunan şekerin enzim ve mayalarla fermantasyonundan sonra karbondioksitin ve etanolün ayrılması sonucu geriye kalan kısmın kurutulması ile elde edilmektedir (Davis 2001, Li vd 2011a, Magalhães vd 2015). Etanol üretiminde kuru ve yaş işleme olmak üzere 2 farklı teknoloji kullanılmaktadır (Singh vd 2001, Rausch ve Belyea 2006). Yaş işleme yöntemi genellikle büyük firmalar tarafından tercih edilmekte olup daha fazla ekipman ve yatırım maliyeti gerektirmektedir. Bu yöntemde başlangıçta tahıl nişasta ve diğer bileşenler olmak üzere ayrılmakta, sonrasında ise nişasta etanole dönüştürülmez. Kuru işleme yöntemi ise yaş işleme yöntemine göre daha az ekipman ve yatırım masrafı gerektirdiğinden genellikle bölgesel fabrikalarda tercih edilen bir yöntemdir. Kuru işleme yönteminde tahılın tamamı fermantasyon işlemine sokulmakta olup tahılın içindeki kabuk, öz gibi maddelerin ayrılması gibi bir ön işlem yapılmamaktadır. Kuru işleme yönteminde 100 kg mısırdan yaklaşık olarak 34,4 L etanol, 34 kg karbondioksit ve 31,6 kg DDGS elde edilmektedir (Chevanan vd 2005, RFA 2005). Her iki yöntemde de fermente olmayan kısım DDGS olarak kullanılmaktadır. Daha çok kuru yöntemin tercih edildiği etanol tesislerinde ilk aşama, tahıl tanelerinin partikül boyutunun öğütme işlemi ile küçültülmesidir. Öğütülmüş tahıla su ve alfa-amilaz enziminin ilavesiyle pişirilerek nişastanın kısa zincirli dekstrine dönüşmesi sağlanır. Pişirme işlemi 5-20 dakika aralıklarla gerçekleştirilir ve uygulanan sıcaklıklar ön karıştırma tankında 40-60 °C, pişirme sırasında 90-165 °C, sıvılaştırmada ise 60 °C’dir (Liu ve Rosentrater 2012). Nişasta jelatinizasyonu 50-70 °C’de gerçekleşmeye başlar. Soğutulmuş karışıma ikinci enzim glukoamilaz ilave edilerek dekstrinin şekere dönüştürülmesi sağlanmaktadır. Elde edilen şeker daha sonra biyoetanol üretimi için maya yardımı ile fermantasyona tabi tutulmaktadır. Fermantasyon aşamasında en çok kullanılan maya türü *Saccharomyces cerevisiae*’dir (Øverland vd 2013). pH 4 ve 33 °C sıcaklıkta yaklaşık 48-72 saat süren fermantasyon işleminden sonra açığa çıkan karbondioksit ayrılır ve daha sonra distilasyon işlemi ile etanol alınarak pazara sunulur (Anonim 2016d). Etanol ve karbondioksitin ayrılması sonrasında fermantasyona uğramayan ve geriye kalan tahıl parçalarının içeriğindeki maya hücreleriyle beraber kurutulması (126 - 621 °C) sonrası DDGS açığa çıkmaktadır (Salim vd 2010, Anonim 2016d) (Şekil 2.4). Etanol tesislerindeki damıtma sisteminin etkinliğinin yüksek olması ve DDGS’ye kurutma işlemi uygulanması dolayısı ile DDGS’de herhangi bir etanol kalıntısının kalmadığı bildirilmektedir (RFA 2011).





Şekil 2.4. Kuru işleme yönteminde DDGS üretim akış şeması (Liu ve Rosentrater 2012)

### 2.4.3. DDGS besin madde içeriği

Mısırdan elde edilen DDGS genel olarak %22 ile %37 arasında ham protein, %3 ile %15 arasında ham yağ içermesi ve çoğu bitkisel protein kaynaklarında bulunan antibesinsel maddelerin olmayışı ile dikkat çekmektedir (Lim ve Yıldırım-Aksoy 2008, Lim vd 2011). Etanol üretimi sonrasında DDGS'nin bazı besin madde değerinin (protein, yağ, vitamin ve mineral maddeler) mısırın besin madde değerlerine göre yaklaşık üç kat daha fazla olduğu bildirilmektedir (Spiehs vd 2002, Jacques vd 2003, Nuez ve Yu 2009). DDGS genel olarak %86-93 kuru madde, %22-37 ham protein, %3-15 ham yağ, %2-5 ham kül, %5-11 ham selüloz ve düşük oranda nişasta (%4-9) içeriğine sahiptir (Çizelge 2.2) (Rosentrater ve Muthukumarappan 2006). İyi kalitedeki DDGS genellikle %28'in üzerinde ham protein içermektedir (Meriç 2010). DDGS'nin içeriğindeki nişasta miktarı düşük olup nişastanın fermantasyon etkinliğine ve etanole dönüşümüne bağlı olarak %2 ile %9 arasında değişmektedir. Mısır içeriğindeki nişastanın şekerleştirilmesi ve şekerin etanola dönüşümü DDGS'nin besin değerini etkileyen en önemli faktörlerden birisi olup işletmeler arasında farklılık görülmektedir. DDGS besin madde içeriği üretimi yapılan işletmelere ve üretim teknolojisi gibi birçok etkene bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Belyea vd 2004, Robinson ve Li 2008, Abo-State vd 2009, Schaeffer vd 2011). İşletmeler arasındaki teknolojik farklılıklara, tahıl türüne (Belyea vd 2004, Chevanan vd 2005), tahıl kalitesine, tahılın üretim zamanı ve yerine (Belyea vd 2004, Belyea vd 2010), pişirme sıcaklığı ve süresine (Liu ve Rosentrater 2012), maya miktarına (Olentine 1986), fermantasyon işlemine ve nişastanın etanole dönüşüm oranına (Rausch ve Belyea 2006, Lim vd 2011), kullanılan çözünürün kalitesine ve kurutma sıcaklığına (Young 2008) bağlı olarak DDGS'nin besin kalitesinde değişiklik görülebilmektedir (Abo-State vd 2009).

Spiehs vd (2002), 10 farklı etanol tesisinden aldığı 118 farklı DDGS'nin ortalama %88,9 kuru madde, kuru madde üzerinden %30,2 ham protein, %10,2 ham yağ, %5,8 ham kül ve %8,8 ham selüloz içerdiğini bildirmişlerdir.

Belyea vd (2004), mısırın ve mısırdan elde edilen DDGS'nin besin madde içeriğinin yıllara göre değiştiğini ve mısır ile DDGS besin madde içeriği arasında pozitif bir korelasyon olduğunu bildirmişlerdir. Yine aynı çalışmada 235 farklı mısırdan elde edilen DDGS'nin besin madde değerlerini kuru madde üzerinden incelemişler ve ortalama %31,3 (%28,3 - %33,3) ham protein, %11,9 (%10,9 - %12,6) ham yağ, %4,6 (%4,3 - %5,0) ham kül, %5,1 nişasta ve %10,1 (%9,6 - %10,6) ham selüloz değerlerini bildirmişlerdir.

Tanör (2008), 34 farklı DDGS'nin analizi sonucunda, nem değerinin %12,63 (%9,38 - %16,67), ham protein %25,85 (%21,93 - %28,43), ham yağ %9,1 (%7,09 - %11,02) ve ham kül %4,80 (%3,47 - %6,26) elde edildiğini bildirmiştir.

Salim vd (2010), 395 farklı DDGS'nin analizi sonucunda ortalama ham protein değerinin %27,15 (%23,87 - %30,41) olduğunu bildirmişlerdir. Meriç (2010) tarafından yapılmış araştırma sonucunda toplam 52 adet DDGS örneğinin ortalama besin madde kompozisyonu kuru madde üzerinden %28,29 ham protein, %9,69 ham yağ, %7,54 ham selüloz, %5,14 ham kül ve %7,85 nem değerine sahip olduğunu tespit etmiştir. Yukarıdaki çalışmalarda görüldüğü üzere DDGS'nin besin madde içeriğinin değişken olduğu bildirilmektedir.

DDGS'nin esansiyel amino asit değerleri incelendiğinde lizin %0,5 - %1,1 arasında, metiyonin %0,5 - %0,8 arasında olduğu bildirilmektedir (Çizelge 2.3). DDGS'nin esansiyel amino asit değerleri balık unu ve soya küspesi ile karşılaştırıldığında düşük olduğu görülmektedir (Cheng ve Hardy 2004a, Lim ve Yıldırım-Aksoy 2008) (Çizelge 2.3). Han ve Liu (2010) DDGS'deki esansiyel amino asitlerin Arjinin %1,16 - %1,40 arasında, histidin %0,82 - %1,02, izolösin %0,91 - %1,25, lösin %3,18 - %3,91, lizin %0,88 - %1,15, metiyonin %0,65 - %0,76, fenilalanin %1,37 - %1,76, treonin %1,06 - %1,26, valin ise %1,40 - 1,80 arasında değiştiğini bildirmişlerdir (Çizelge 2.3). Kurutmadan kaynaklanan olumsuzluklardan dolayı DDGS'nin lizin içeriği ve sindirilebilirliğinin olumsuz etkilenebileceğini bildirmişlerdir. Açık renkli DDGS'deki lizin miktarı ve sindirilebilirliğinin koyu renkli DDGS'ye göre daha yüksek olduğu bildirilmektedir (Salim vd 2010, Liu ve Rosentrater 2012). Bu nedenle balık yemlerinde DDGS'nin protein kaynağı olarak kullanılırken esansiyel amino asit değerlerine, özellikle lizin miktarına dikkat edilmesi gerektiği bildirilmektedir. Balık yemlerinde yüksek miktarlarda DDGS kullanıldığı zaman diğer yem içeriklerine bağlı olarak yeme dışarıdan amino asit ilavesi önerilmektedir (Chevanan vd 2005).

Çizelge 2.2. Mısır, balık unu, soya küspesi ve DDGS besin madde içerikleri

	Mısır <sup>1</sup>	BU <sup>2</sup>	SK <sup>2</sup>	DDGS					
				Min-Mak <sup>3</sup>	Ort <sup>3</sup>	Min-Mak <sup>4</sup>	Ort <sup>4</sup>	Min-Mak <sup>5</sup>	Ort <sup>5</sup>
NS	1	1	1	118	118	17	17	395	395
KM	89,0	88,4	86,9	87,2-90,2	88,9	-	86,0	91,5-85,8	89,90
HP	8,5	65,1	46,7	28,7-31,6	30,2	23,0-30,0	27,0	23,9-30,4	27,15
HY	3,8	10,9	1,0	10,2-11,4	10,9	4,2-10,6	8,8	7,8-12,2	10,67
HK	1,4	11,5	6,8	5,2-6,7	5,8	3,9-5,4	4,4	2,6-6,6	4,54
HS	2,2	0,4	3,9	8,3-9,7	8,8	5,1-8,1	6,6	5,1-10,6	6,21

NS: Numune sayısı; KM: Kuru madde; HP: Ham protein; HY: Ham yağ; HK: Ham kül; HS: Ham selüloz; Değerler kuru madde üzerinden ve % olarak verilmiştir

<sup>1</sup>NRC (1994), <sup>2</sup>Aydın ve Gümüş (2013), <sup>3</sup>Spiehs vd (2002), <sup>4</sup>Batal ve Dale (2006), <sup>5</sup>Salim vd (2010)

Çizelge 2.3. Mısır, balık unu, soya küspesi ve DDGS amino asit içerikleri

Parametre <sup>*</sup>	Mısır <sup>1</sup>	BU <sup>2</sup>	SK <sup>2</sup>	DDGS <sup>3</sup>	DDGS <sup>4</sup>	DDGS <sup>1</sup>	DDGS <sup>5</sup>
NS	1	1	1	118	8	1	3
Arjinin	0,43	4,12	2,56	1,20	1,09	1,34	1,29
Histidin	0,27	1,94	1,28	0,76	0,69	0,79	0,91
İzolösin	0,29	3,70	1,96	1,12	0,97	1,12	1,03
Lösin	1,09	5,76	3,08	3,55	3,05	3,43	3,50
Lizin	0,30	7,60	3,11	0,85	0,71	0,89	1,04
Metiyonin	0,17	1,49	3,59	0,55	0,54	0,53	0,72
Fenilalanin	0,44	2,61	1,82	1,47	1,31	1,49	1,50
Treonin	0,34	3,25	1,71	1,13	0,96	1,14	1,17
Valin	0,44	5,49	2,09	1,50	1,33	1,51	1,56

<sup>\*</sup>Ortalama değerler kuru madde üzerinden % şeklinde verilmiştir

NS: Numune sayısı, <sup>1</sup>Belyea vd (2010), <sup>2</sup>Aydın ve Gümüş (2013), <sup>3</sup>Spiehs vd (2002), <sup>4</sup>Batal ve Dale (2006), <sup>5</sup>Han ve Liu (2010)

Mısırdan elde edilen DDGS yağ içeriği yaklaşık olarak %10 civarında olup doymamış yağ asitleri (%86,7) bakımından zengindir. Özellikle linoleik asit (C18:2n-6) %55,7 oranında, linolenik asit (C18:3n-3) %7,8 oranında ve DHA ise %0,14 oranında yağ asitleri içermektedir (Shurson 2012). DDGS yağ asitlerinden palmitik asit (C16:0) %14,9, stearik asit (C18:0) %2,3, oleik asit (C18:1) %25, linoleik asit (C18:2) %49, linolenik asit (C18:3) %1,8 ve araşidonik asit (C20:0) %0,39 oranında içerdiği bildirilmektedir (Martinez-Amezcuca vd 2007, Díaz-Royón vd 2012, Huallpa 2013). Liu ve Rosentrater (2012), DDGS linoleik asit (18:2n-6) değerinin %53,96 - %56,53 arasında, oleik asit (C18:1) değerinin %25,25 - %27,15 arasında, palmitik asit (C16:0) değerinin %13,25 - %16,41 arasında olduğunu bildirmişler. Yine Liu ve Rosentrater (2012), DDGS'nin düşük seviyede stearik asit (C18:0) %1,80 ile %2,34 arasında ve linolenik asit (18:3n-3) %1,15 ile %1,40 arasında içerdiğini bildirmişlerdir. Martinez-Amezcuca vd (2007), dört farklı üretim uygulaması sonucunda oluşan DDGS hammaddesinin ham yağ oranlarının değişebildiğini, ancak yağ asit profilinin değişmediğini rapor etmişlerdir.

DDGS yeterli miktarlarda vitamin ve mineral madde içeriğine sahiptir (Hertrampf ve Piedad-Pascual 2000) (Çizelge 2.4 ve 2.5). DDGS'nin vitamin ve mineral madde içeriği, diğer besin maddelerinde olduğu gibi tahıl kaynağına bağlı olarak değişmektedir (Lim vd 2011). Ham tahıla göre DDGS'de riboflavin, niasin, pantotenik asit, folik asit ve kolin miktarı minimum üç kat artmaktadır (Hertrampf ve Piedad-Pascual 2000, Lim vd 2011). DDGS yüksek seviyede vitamin A, niasin, kolin ve mineral maddelerden fosforun kullanılabilirliği ile dikkat çekmektedir (Lim vd 2011). NRC (1993), DDGS'nin manganez miktarını 22,8 mg/kg, demir miktarını 236 mg/kg, bakır miktarını 52,8 mg/kg, çinko miktarını 80 mg/kg, sülfür miktarını %0,35, magnezyum miktarını %0,16, potasyum miktarını %0,40, fosfor miktarını %0,66 ve kalsiyum miktarını %0,14 olarak rapor etmişlerdir. Batal ve Dale (2003) 12 farklı DDGS üzerinde yaptığı analiz sonucunda, DDGS'de manganez miktarı 22 mg/kg, demir miktarı 149 mg/kg, alüminyum miktarı 56 mg/kg, bakır 10 mg/kg, çinko miktarı 61 mg/kg ve sodyum miktarının %0,09 - %0,44 arasında olduğunu ve bu değerlerin tahıl kaynağına ve üretim teknolojisine bağlı olarak değişiklik gösterebildiğini bildirmişlerdir. Diğer bir çalışmada, üç yıl boyunca yapılan inceleme sonucunda DDGS'de kalsiyum miktarının %0,01 - %0,38 arasında değiştiği, ortalama değer ise %0,04 olduğu bildirilmiştir (Salim vd 2010). Salim vd (2010)'nin bulgularında DDGS'de fosfor miktarı %0,48 - %0,91 arasında değiştiği bildirilmektedir. Buradan DDGS'nin fosfor içeriğinin balık ununa (%1,7 - %4,2) göre daha az olduğu anlaşılmaktadır (NRC 1993, Batal ve Dale 2003). Balık ununa göre daha düşük seviyede fosfor içeren DDGS'nin balık yemlerinde kullanılmasının çevreye bırakılacak atık fosfor miktarının azaltılmasına katkı sağlayacağı bildirilmektedir (Cheng ve Hardy 2004b). DDGS fosfor içeriğinin diğer bitkisel hammaddelere göre daha yüksek olması, büyük çoğunluğu fitat formunda olan fosforun üretim esnasında fermantasyon sonucu açığa çıkarak ve sindirimi kolay hale gelmektedir. Cheng ve Hardy (2004b) yaptıkları çalışmada mısırdan elde edilen DDGS'nin fosfor sindirilebilirliğinin yüksek olduğunu (%81,8), bunun nedeninde DDGS'nin üretim esnasındaki fermantasyon teknolojisinden kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir.

Çizelge 2.4. DDGS vitamin kompozisyonu

	DDGS <sup>1</sup>	DDGS <sup>2</sup>
Biotin (mg/kg)	1,0	0,8
Kolin (mg/kg)	2548	2551
Folik asit (mg/kg)	0,7	0,9
Niasin (mg/kg)	88,5	72
Pantotenik asit (mg/kg)	2,4-4,0	2,9
Piridoksin (mg/kg)	4,6	5,0
Riboflavin (mg/kg)	8,4	8,3
Tiamin (mg/kg)	5,9	2,8
Vitamin E (mg/kg)	40,7	39,1
Vitamin A (IU/kg)	1363	-
Vitamin D (IU/kg)	600	-

<sup>1</sup>Rosentrater ve Muthukumarappan (2006), <sup>2</sup>NRC (1993)

Çizelge 2.5. DDGS mineral kompozisyonu

	DDGS <sup>1</sup>	DDGS <sup>2</sup>	DDGS <sup>3</sup>	DDGS <sup>4</sup>
Numune sayısı	118	12	395	3
Kalsiyum (%)	0,06 (0,03-0,13)	0,29 (0,01-0,71)	0,04 (0,01-0,38)	0,04 (0,03-0,05)
Fosfor (%)	0,89 (0,70-0,99)	0,68 (0,50-0,77)	0,76 (0,48-0,91)	0,87 (0,84-0,93)
Potasyum (%)	0,94 (0,69-1,06)	0,91 (0,67-0,99)	0,91 (0,76-1,20)	1,14 (1,07-1,24)
Magnezyum (%)	0,33 (0,25-0,37)	0,28 (0,21-0,33)	-	0,34 (0,32-0,36)
Sülfür (%)	0,47 (0,33-0,74)	0,84 (0,45-1,10)	-	0,68 (0,60-0,79)
Sodyum (%)	0,24 (0,12-0,51)	0,25 (0,09-0,44)	0,17 (0,04-0,33)	0,26 (0,22-0,29)
Çinko (mg/kg)	97,5 (44,7-312,0)	61 (44-88)	57,3 (44,6-71,2)	65,2 (63,4-67,3)
Manganez (mg/kg)	15,8 (10,7-21,3)	22 (9-48)	10,4 (6,2-18,9)	15,8 (14,6-18,0)
Bakır (mg/kg)	5,9 (4,7 - 7,7)	10 (3-18)	3,9 (2,2-6,2)	5,55 (5,0 - 6,1)
Demir (mg/kg)	119,8 (75,3-156,4)	149 (67-325)	81,5 (61,6-116,7)	21,5 (17,5-26,6)

Değerler yaş ağırlık üzerinden Ortalama (Min-Mak) olarak verilmiştir

<sup>1</sup>Spiehs vd (2002), <sup>2</sup>Batal ve Dale (2003), <sup>3</sup>Salim vd (2010), <sup>4</sup>Liu ve Han (2011)

Etanol üretimi sırasında fermantasyon aşamasında *Saccharomyces cerevisiae* türü maya kullanılmakta olup yan ürün olarak elde edilen DDGS'nin protein içeriği mısır ve maya proteininden oluşmaktadır (Ingledeew 1999, Han ve Liu 2010, Lim vd 2011, Øverland vd 2013). Han ve Liu (2010), DDGS protein içeriğinin %20'sinin maya proteininden, %80'nin ise mısır proteininden oluştuğunu bildirmişlerdir. DDGS'de bulunan maya içeriğindeki nükleik asitler, mannan oligosakkaritler,  $\beta$ -glukan, B kompleks vitaminleri ve diğer hücre duvarı bileşenleri balıklarda immün sistemin gelişmesi, hastalıklara direncin ve yaşama oranının artması gibi olumlu etkilere neden olduğu bildirilmiştir (Oliva-Teles ve Gonçalves 2001, Li ve Gatlin 2005, Pooramini vd 2009, Refstie vd 2010, Li vd 2011b, Lim vd 2011, Liu ve Rosentrater 2012, Oliva-Teles 2012, Øverland vd 2013, Choi vd 2014). Ayrıca bu bileşenlerin yem alımı ve besin sindirilebilirliğini artırıcı etkisiyle büyümeyi iyileştirdiği bildirilmektedir (Thiessen vd 2003b, Abdel-Tawwab vd 2008, Pooramini vd 2009, Abdel-Tawwab vd 2010, Güroy vd 2012). Ingledeew (1999)'a göre bu olumlu etkiler DDGS içeriğindeki mayadan kaynaklandığı, DDGS'nin %3,9'unu, toplam DDGS protein miktarının ise %5,3'ünü maya proteini oluşturduğu rapor edilmiştir. Kuru madde üzerinden %32 ham protein içeren DDGS'deki  $\beta$ -Glukan miktarının 5,7 g/kg olarak tespit edildiği bildirilmiştir (Shelby vd 2008). Maya hücrelerinin  $\beta$ -Glukan miktarı %7,6 ve nükleik asit miktarı ise %5 - %12 arasında olduğu bildirilmiştir (Oliva-Teles ve Gonçalves 2001, Thiessen vd 2003b). Mayada bulunan  $\beta$ -Glukan, mannan oligosakkarit ve nükleik asit maddelerinin balıklar üzerinde prebiyotik etkisinin olduğu, balıkların bağırsak morfolojisinde olumlu etkiler görüldüğü rapor edilmiştir (Li vd 2011b).

#### 2.4.4. DDGS'nin fiziksel özellikleri

DDGS'nin fiziksel özelliklerinden nem miktarı DDGS'nin mikrobiyal bozulma ve raf ömrü açısından önemlidir. Nem miktarı genellikle %10 - %12 arasında ya da daha düşük oranda olabilmektedir (Liu ve Rosentrater 2012). DDGS'nin boyut, şekil, görünümü ve yoğunluğu ürünün elde edilmesi sırasındaki uygulanan prosedüre göre farklılık gösterebilmektedir. Yoğunluğu ise 389-630 kg/m<sup>3</sup> arasında değişmekte olup yapılan bir çalışmada depolama kapasitesi ve taşıma maliyeti açısından bu değer önemli olduğu bildirilmiştir (Liu ve Rosentrater 2012). DDGS'nin fiziksel özelliklerinden rengi açık sarıdan koyu kahverengiye kadar değişiklik

gösterebilmektedir. Kullanılan tahıl kaynağına, uygulanan öğütme işlemine, fermantasyon ve kurutma işlemine bağlı olarak ürünün renginde ve kokusunda değişiklik olabileceği bildirilmiştir. Kurutma işleminde geçen süre, kurutma hızı, kurutucudaki sıcaklık derecesi ve kurutucudan geçen miktar ürün renginin değişmesinde etkili olmaktadır. Genellikle ürünün eldesi sırasında sıcaklık derecesinin yüksek olması ve sistemde kalma süresinin uzaması ürünün renginin koyu olmasına neden olmaktadır (Lim vd 2011, Schaeffer vd 2011). DDGS'nin renginin koyu ya da açık olması besin madde durumu ve amino asit sindirilebilirliği hakkında bize ön bilgi verebilmektedir (Batal ve Dale 2006). Kanatlılarda yapılan çalışmalarda koyu renkli mısırdan elde edilen DDGS'nin besin miktarının daha düşük olduğu bildirilmektedir (Fastinger vd 2006). Açık renkli ürünlerde lizin amino asidinin sindirilebilirliği koyu renkli ürünlere göre daha yüksek olduğu bildirilmektedir (Dale ve Batal 2005, Lim ve Yıldırım-Aksoy 2008, Lim vd 2011). DDGS'nin kurutulması sırasında sıcaklık derecesi oldukça önemlidir. Yüksek sıcaklık (315 °C) işleminin uygulandığı üretimde DDGS'nin protein kalitesinin düştüğü ve başta lizin amino asidi olmak üzere diğer amino asitler üzerine olumsuz etkisinin olduğu ifade edilmektedir (Fastinger vd 2006, Fontaine vd 2007). DDGS'nin kurutma işeminin yapıldığı sistemin (otoklav, fırın ya da otoklav + fırın) lizin miktarında önemli değişikliğe neden olabilmektedir (Fontaine vd 2007). Kingsly vd (2010), HunterLab renk ölçüm cihazı ile 4 farklı DDGS üzerinde yaptıkları ölçümde L\* değeri 49,03 - 54,21 arasında, a\* değeri 8,78 - 11,33 arasında, b\* değeri 24,72 ile 26,50 arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Kingsly vd (2010)'nin DDGS rengi üzerindeki ölçüm değerlerine benzer olarak Liu ve Rosentrater (2012), L\* değerini 36,56 - 50,17 arasında, a\* değerini 5,20 - 10,79 arasında ve b\* değerini ise 12,53 ile 23,50 arasında olduğunu belirlemişlerdir. Fastinger vd (2006), DDGS'nin L\* değeri ile lizin sindirilebilirliği arasında orta düzeyde ( $r^2= 0,52$ ), Batal ve Dale (2006) ise yüksek düzeyde ( $r^2= 0,87$ ) korelasyon olduğunu bildirmişlerdir. Fastinger vd (2006), 6 farklı DDGS üzerinde yaptığı araştırmada lizin miktarının %0,48 - %0,76 arasında değiştiğini, en az lizin miktarının en koyu renkli DDGS'de olduğunu bildirmişlerdir. Batal ve Dale (2006), Liu ve Rosentrater (2012) kanatlı yemlerinde DDGS kullanılmadan önce DDGS'nin rengine bakarak (Minolta renk ölçüm cihazı ile) kalitesi ve amino asit sindirilebilirliği hakkında hızlı ve güvenilebilir bir fikir edinilebileceğini ifade etmişlerdir.

DDGS'de bulunan ksantofil miktarı (10,6 - 34,0 mg/kg) tahıl kaynağına bağlı olarak değişiklik gösterebilmekte ve balık etinde sarı pigmentasyona neden olabilmektedir (Roberson vd 2005, Lim vd 2011). Salim vd (2010), üç yıl boyunca inceledikleri 16 değişik DDGS'nin ksantofil miktarının 23,26 - 54,40 mg/kg arasında ve ortalama 36,72 mg/kg olduğunu, karoten miktarının ise 4,64 - 16,97 mg/kg arasında ve ortalama 8,58 mg/kg olduğunu saptamışlardır. DDGS'nin balık etinin rengine olan etkisi üzerine yapılmış çalışmalar kısıtlı olup, balık eti rengini etkileyebileceği bildirilmiştir (Lim vd 2011).

## 2.5. DDGS'nin Balık Yemlerinde Kullanımı

Alternatif protein kaynağı olarak DDGS'nin balık yemlerinde kullanılabilirliği ile ilgili olarak tilapia balıklarında (Wu vd 1994, 1996, 1997, Coyle vd 2004, Lim vd 2007, Shelby vd 2008, Abo-State vd 2009, Schaeffer vd 2009, Tahoun vd 2009, Goda vd 2011, Lim vd 2007, Li vd 2011a, Lim vd 2011, Salama vd 2011, Schaeffer vd 2011, Webster vd 2016), kanal yayın balıklarında (Tidwell vd 1990, Webster vd 1991, 1992, Webster vd 1993, Robinson ve Li 2008, Lim vd 2009, Li vd 2010; 2011b, Zhou vd 2010), gökkuşuğu alabalıklarında (Cheng ve Hardy 2004a,b, Barnes vd 2012a,b,c, Welker vd 2014), hibrit levreklerde (Thompson vd 2008, Metts vd 2011) ve tatlısu levreğinde (Schaeffer vd 2011) çalışılmıştır.

Webster vd (1992), 515 g ağırlığındaki kanal yayın (*Ictalurus punctatus*) balıklarını, 5 farklı deneme yemi (DDGS yemde %0, %35, %55, %90 ve %90+lizin oranında kullanılmış) ile kış koşullarında beslemiştir. Deneme sonunda ağırlık artışı ve yaşama oranı değerlerinin gruplar arasında istatistiksel olarak farklılık gösterdiğini saptamışlardır. Sonuç olarak DDGS'nin yemde %90 oranında lizin ilave edilmeden kanal yayın balıklarında kış koşullarında kullanılabileceğini, ayrıca yemde DDGS kullanımının ekonomik olabileceğini bildirmişler.

Wu vd (1994), DDGS protein kaynağını kullanarak üç farklı deneme yemi hazırlamışlar ve bu yemlerle Nil tilapia (*Oreochromis niloticus*) balıklarını beslemiştir. Balık unu kullanılmayan %32 ham proteine sahip birinci yemde %22 DDGS ve %46 soya küspesi kullanılmış, ikinci yemde %29 DDGS, %35 soya küspesi ve %6 balık unu kullanılmış, %35 ham proteine sahip üçüncü yem ise %19 DDGS ve %56 soya küspesi kullanılarak hazırlanmıştır. 30 g ağırlığındaki tilapia balıkları günde iki defa vücut ağırlığının %3,8 oranında 103 gün süreyle beslenmiştir. Deneme sonunda balıkların ağırlık kazancı ve yem değerlendirme oranı değerleri gruplar arasında değişmemiştir. Araştırmalar, balık unu kullanılan yem ile beslenen deneme grubunun diğer gruplara göre bir avantajı olmadığı sonucuna varmışlardır.

Wu vd (1996), mısır glüten unu, soya unu ve DDGS kullanarak %32 ile %40 arasında protein içeren 7 farklı deneme yemleri hazırlamışlardır. Bu yemlerle 0,4 g ağırlığındaki Nil tilapia (*Oreochromis niloticus*) balıklarını 8 hafta süreyle beslemiştir. Deneme sonunda kontrol grubu ve %35 oranında DDGS içeren yem ile beslenen balıkların ağırlık kazancı ve yem değerlendirme oranı değerlerinin benzer olduğunu tespit etmişlerdir. DDGS içerikli bitkisel protein içeren yemlerle tilapia balıklarını beslemenin iyi sonuçlar verdiğini ve DDGS'nin tilapia balıkları için iyi bir protein kaynağı olduğunu bildirmişlerdir.

Cheng vd (2003), gökkuşuğu alabalığı yemine metiyonin (Methionine hydroxy analogue, MHA) ilavesinin balıkların büyümesi ve vücut kompozisyonu üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmada soya küspesi yemde balık unu yerine %16,4 oranında (balık unu proteini yerine %50 oranında) kullanıldığında büyüme ve yem değerlendirme oranında olumsuzluk görülmeden kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Soya küspesinin (yemde %17,5 oranında) ve DDGS'nin (%18,5 oranında) balık unu yerine kullanıldığı yemlere çeşitli oranlarda MHA ve lizin ilave edilerek hazırlamışlardır. Hazırlanan yemlerle başlangıç ağırlığı 49,5 g olan gökkuşuğu alabalığı yavruları 56 gün süreyle

beslenmiştir. Deneme sonunda 1,65 g/kg MHA ilave edilmiş DDGS-soya küspesi içerikli yemle beslenen grubun, MHA ve lizin ilave edilmemiş gruba göre daha hızlı bir büyüme gösterdiğini saptamışlardır.

Cheng ve Hardy (2004a), DDGS protein kaynağının ve yeme lizin ve metiyonin ilavesinin gökkuşağı alabalığı performansı üzerine etkilerini araştırmışlardır. Yeme %7,5 %15 ve %22,5 oranında (kontrol yemindeki balık unu proteinin %25, %50 ve %75'i yerine) lizin ve metiyonin ilave edilerek DDGS protein kaynağının kullanılabilirliğini test etmişlerdir. Başlangıç ağırlığı 49,8 g olan gökkuşağı alabalıklarını hazırlanan yemlerle günde üç defa altı hafta boyunca beslemişlerdir. Deneme sonunda DDGS protein kaynağının gökkuşağı alabalığı yeminde kullanılabilir bir alternatif protein kaynağı olduğunu, amino asit ilave edilmeden yemde %15 oranında (balık unu proteinin %50'si yerine), amino asit ilave edilmesi ile yemde %22,5 oranında (balık unu proteinin %75'si yerine) kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca, yüksek fosfor içerikli balık ununun, düşük içerikli DDGS protein kaynağı ile değişimi sonucunda yemdeki fosfor miktarının azaldığı ve balık tarafından kullanılan fosfor miktarının ise arttığını rapor etmişlerdir.

Cheng ve Hardy (2004b) yaptıkları araştırmada gökkuşağı alabalığı yeminde DDGS protein kaynağının kullanıldığı iki ayrı deneme planlamışlardır. Birinci deneme DDGS protein kaynağı içeren yemlere fitaz ilave edilerek yemlerin besin madde sindirilebilirlik oranlarını belirlemek ve optimum fitaz miktarını tespit etmek amacıyla %30 DDGS içeren deneme yemlerine değişik oranlarda mikrobiyal fitaz (0, 300, 600, 900 ve 1200 FTU/kg) ilave edilerek beş farklı deneme yemi hazırlamışlardır. 129,1 g ağırlığındaki gökkuşağı alabalıklarını bu yemlerle beslenmiş. Deneme sonunda, 300 FTU/kg oranında mikrobiyal fitaz ilavesi yapılan yemin kuru madde, kalsiyum, magnezyum, toplam fosfor ve manganez sindirilebilirliğinin kontrol yemine göre önemli derecede yüksek çıktığını belirlemişlerdir. 600 FTU/kg mikrobiyal fitaz ilave edilen yemin ise ham yağ, kalsiyum, magnezyum, fitat fosfor, toplam fosfor ve manganez sindirilebilirliğini önemli oranda arttığını saptamışlardır. Yeme mikrobiyal fitaz ilavesi ham protein, potasyum, sodyum ve sülfür sindirilebilirliği üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı, bu durumun özellikle DDGS'nin ham protein, potasyum, sodyum ve sülfür sindirilebilirliklerinin yüksek (>%88) olmasından kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. İkinci deneme de ise DDGS protein kaynağının kullanıldığı yeme iz minarel maddeleri ilavesinin canlı ağırlık artışı, yem değerlendirme oranı, yaşama oranı ve balık eti kimyasal kompozisyonu üzerine olumsuz bir etkisi olmaksızın yeme fitaz ilave oranını 500 FTU/kg'a düşürdüğünü bildirmişler. Genel olarak DDGS ham protein, ham yağ ve toplam fosfor sindirilebilirliğinin %90,4, %81,8 ve %80,1 değerleri ile yüksek olduğunu, esansiyel amino asit sindirilebilirliği thereonine (%87,9) hariç %90'nın üzerinde olduğunu ve esansiyel olmayan amino asitlerin sindirilebilirliği ise sistin (%75,9) hariç %86'nın üzerinde olduğunu bildirmişlerdir.

Coyle vd (2004), yavru hibrit tilapia (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*) balıklarında DDGS, soya küspesi ve et-kemik unu karışımının balık unu yerine kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Bu amaçla dört farklı deneme yemi: 1 nolu (Kontrol) yem %12 balık unu ve %41 soya küspesi, 2 nolu yem %30 DDGS, %34 soya küspesi ve %8 balık unu, 3 nolu yem %30 DDGS, %26 et-kemik unu ve %16 soya küspesi; 4 nolu yem ise %46 soya küspesi içerecek şekilde hazırlamışlardır. 2,7 g ağırlığındaki tilapia



yavruları 10 hafta süreyle günde iki defa deneme yemleriyle beslemişlerdir. Deneme sonunda 1, 2 ve 3 nolu deneme yemleriyle beslenen balıkların ağırlık kazancı, spesifik büyüme oranı, yem değerlendirme oranı ve protein etkinlik oranı değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farkın olmadığını bildirmişlerdir. balık unu kullanılmadan yemde %30 oranında DDGS, et-kemik unu ve soya küspesi birlikte kullanıldığında iyi bir büyümenin elde edildiğini saptamışlardır.

Stone vd (2005) yapmış oldukları çalışmada, DDGS ve mısır glüteninin balık unu yerine kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Bu amaçla iki ayrı deneme planlamışlar. Birinci deneme, büyüme denemesi olup DDGS ve mısır glütenini balık unu proteini yerine %0, %25, %50 ve %75 oranlarında kullanarak soğuk peletleme veya ekstrude olmak üzere iki kategoride dört farklı deneme yemi hazırlamışlardır. Kontrol yeminde balık unu miktarı %40 oranında kullanılmıştır. Bu yemlerle başlangıç ağırlığı 21 g olan gökkuşağı alabalığı yavrularını 12 hafta süre ile günde üç defa beslemişlerdir. Bütün deneme yemlerinde ham protein sindirilebilirliğinin %90 ve ham yağ sindirilebilirliğinin ise %97'nin üzerinde olduğunu tespit etmişlerdir. Ham protein sindirilebilirliğinin DDGS'nin ve mısır glüteninin artışı ile azaldığını ve bu azalmanın %2'yi geçmediği bildirilmişlerdir. Soğuk peletleme veya ekstrude işleminin sindirilebilirlik oranları üzerine önemli bir etkisinin olmadığını bildirmişler. DDGS'nin ve mısır glüteninin fosfor içeriğini balık unu ile karşılaştırdıklarında düşük olduğunu, yemdeki DDGS'nin ve mısır glüteninin artışı ile çevreye bırakılan fosfor miktarının azaldığını bildirmişlerdir. Sonuç olarak, balık unu yerine %25 oranında mısır türevlerinin (yeme %10,0 oranında DDGS ve %8,4 oranında mısır glütenu) ilave edilmesinin avantajlı olduğunu, bu seviyenin üzerine çıkıldığında büyümede azalma görüldüğünü tespit etmişlerdir.

Lim vd (2007), soya küspesi ve mısır unu yerine DDGS yemde %0, %10, %20, %40 ve %40+lizin oranında kullanılarak protein (%32 protein) ve enerji (2,8 kcal SE/g) değerleri eşit beş farklı deneme yemi hazırlamışlardır. Bütün gruplarda yemdeki balık unu oranı %8 olarak ayarlanmıştır. Hazırlanan deneme yemleriyle 9,4 g başlangıç ağırlığındaki Nil tilapia (*Oreochromis niloticus*) balıklarını doyuncaya kadar on hafta süreyle beslemişlerdir. DDGS'nin yemde %40 oranında kullanıldığı grupta en kötü ağırlık kazancının, yem değerlendirme oranının ve protein değerlendirme oranının görüldüğünü bildirmişlerdir. DDGS'nin yemde %40+lizin kullanıldığı grupta ise ağırlık kazancında ve protein etkinlik oranında iyileşme olduğunu saptamışlardır. Gruplar arasındaki immünolojik ve hematolojik bulgularda önemli bir değişimin olmadığını tespit etmişlerdir. Canlı ağırlık kazancı, yem değerlendirme oranı, protein değerlendirme oranı, immünolojik ve hematolojik parametrelerde olumsuz bir etki görülmeden DDGS'nin yemde %20 oranında, soya küspesi ve mısır unu yerine kullanılabilirliğini bildirilmişlerdir. Eğer yemde %40 oranında DDGS kullanılacak ise balıkların büyümesinde azalma görülmemesi için yeme lizin ilave edilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir.

Robinson ve Li (2008), yemde soya küspesi yerine pamuk tohumu küspesi ve DDGS kullanımının araştırılması amacıyla yaptıkları çalışmada 1. yemde (kontrol yemi) soya küspesi %42,5 oranında, 2. yemde soya küspesi %20 ve pamuk tohumu küspesi %27,65 oranında, 3. yemde pamuk tohumu küspesi %53,75 oranında, 4. yemde pamuk tohumu küspesi %44 ve DDGS %18,75 oranında, 5. yemde soya küspesi %30 ve

DDGS %30 oranında kullanarak 5 farklı deneme yemi hazırlamışlardır. Kanal yayın (*Ictalurus punctatus*) balıklarının hazırlanan deneme yemleriyle beslenmesi sonrasında en fazla canlı ağırlık artışı ve yem değerlendirme oranının DDGS'nin yemde %30 oranında soya küspesi ile beraber kullanıldığı 5. yem ile beslenen grupta görülürken, en az ağırlık artışının ise pamuk tohumu küspesinin yemde tek başına kullanıldığı 3. yem ile beslenen grupta saptanmıştır. Sonuç olarak %50 oranında soya küspesi proteini yerine pamuk tohumu küspesi+lizin ile balıkların büyüme performansında olumsuzluk yaşanmadan kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Yemde %30 ile %40 oranında DDGS, lizin ilavesi ile birlikte soya küspesi yerine balıkların büyümesinde azalma görülmeden kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca soya küspesinin yemde azalması ile yem maliyetinde %10 ile %20 arasında azalma olacağını ifade etmişlerdir.

Shelby vd (2008), DDGS protein kaynağını yemde %0, %30, %30+lizin, %60 ve %60+lizin oranlarında soya küspesi ve mısır unu kombinasyonu yerine kullanarak beş farklı deneme yemi hazırlamışlardır. Bütün yemlerde balık unu miktarı %8 oranında kullanılmış. Hazırlanan deneme yemleri ile Nil tilapia (*Oreochromis niloticus*) balıkları 12 hafta süreyle beslenmiştir. Deneme sonunda DDGS'nin yemde lizin ilavesiz %60 oranında kullanılan grup haricindeki grupların canlı ağırlık artışı ve yem değerlendirme oranı değerleri arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemsiz olduğunu bulmuşlardır. Grupların yem tüketimi ve yaşama oranı değerleri arasındaki farklılıkların önemsiz olduğunu bildirmişlerdir. Nil tilapia yemlerinde %40 ve üzerinde DDGS kullanıldığında balıkların büyümesinde azalma görülmemesi için yeme lizin amino asiti ilave edilmesini rapor etmişlerdir.

Thompson vd (2008), karnivor bir balık türü olan hibrit çizgili levrek balıkları (*Morone chrysops x Morone saxatilis*) üzerinde yapılan sindirilebilirlik çalışmasında 867 g ağırlığındaki balıkları kullanmışlardır. Sindirilebilirlik denemesi sonunda DDGS'nin ham protein sindirilebilirlik oranının %65, ham yağ sindirilebilirlik oranının %69, kuru madde sindirilebilirlik oranının %10 ve organik madde sindirilebilirlik oranının ise %17 olduğunu saptamışlardır. Orta derecede ham protein ve ham yağ sindirilebilirlik oranının bulunduğunu, organik madde sindirilebilirliğinin düşük bulunduğunu, nedenini ise DDGS'deki karbonhidrat seviyesine bağlı olduğunu bildirmişlerdir.

Abo-State vd (2009), DDGS protein kaynağını yemde soya küspesi yerine %0, %25, %50, %75 ve %100 oranında iki farklı oranda fitaz (0 ve 150 mg/kg) ilavesi ile protein (%35) ve enerji (3884 kcal/kg) seviyeleri eşit deneme yemleri hazırlamışlardır. 2 g ağırlığındaki Nil tilapia (*Oreochromis niloticus*) balıkları 70 gün süreyle hazırlanan deneme yemleriyle beslenmiştir. Deneme sonunda soya küspesi yerine %0, %25 ve %50 oranında DDGS kullanılan ve yeme 150 mg/kg fitaz ilave edilen yemlerle beslenen balıklara ait canlı ağırlık artışı ve spesifik büyüme oranı diğer gruplara göre önemli derecede daha iyi olduğunu tespit etmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre soya küspesi yerine DDGS kullanımı ve yeme fitaz ilavesinin balıkların büyüme performansını artırdığını bildirmişlerdir.

Lim vd (2009), soya küspesi ve mısır unu yerine DDGS yemde %0, %10, %20, %30 ve %40 oranında lizin ilavesi ile birlikte kullanılarak protein seviyeleri eşit beş farklı deneme yemi hazırlamışlardır. Hazırlanan deneme yemiyle kanal yayın (*Ictalurus*

*punctatus*) balıkları (başlangıç balık ağırlığı 13,3 g) 12 hafta süreyle beslenmişlerdir. Deneme sonunda canlı ağırlık kazancı, yem alımı, yem değerlendirme oranı, protein etkinlik oranı ve yaşama oranı değerlerinin deneme grupları arasında benzer olduğunu bildirmişlerdir. Bununla birlikte canlı ağırlık kazancı, yem değerlendirme oranı ve protein etkinlik oranında yemdeki DDGS oranının artışına bağlı olarak iyileşme görüldüğünü bildirmişlerdir. Grupların balık eti ham protein ve ham kül değerleri arasında önemli bir farklılık görülmezken ham yağ değerleri arasındaki farklılıkların önemli olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak soya küspesi ve mısır unu yerine DDGS'nin yemde %40 oranında büyüme ve yem değerlendirme parametrelerinde azalma görülmeden kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Schaeffer vd (2009), Nil tilapia (*Oreochromis niloticus*) yeminde soya küspesi ve mısır unu yerine DDGS kullanılabilirliğini araştırmışlardır. DDGS yemde %20, %30 ve %40 kullanılarak protein (ham protein %29,6) ve enerji (15,7 MJ/kg) seviyeleri eşit olacak şekilde üç farklı deneme yemi hazırlanmıştır. Kontrol yemi olarak ticari bir yem seçilmiştir. Başlangıç ağırlığı 6,7 g olan balıklar deneme yemleriyle 42 gün süreyle beslenmiştir. Deneme sonunda, yemde %20 DDGS kullanılan yemle beslenen gruptaki ağırlık kazancı (%66,5) ile kontrol grubu balıkların ağırlık kazancı (%73,8) arasında istatistiki olarak önemli bir farklılığın olmadığını tespit etmişlerdir. Ağırlık kazancına benzer olarak grupların yem değerlendirme oranı değerleri arasında da önemli bir farklılığın olmadığını, ancak yemde %30 ve %40 oranında DDGS kullanılan gruplara ait ağırlık kazancı ve yem değerlendirme oranının diğer iki gruba göre önemli derecede kötü olduğunu bildirmişlerdir. Deneme sonunda, DDGS'nin yemde %20 oranında soya küspesi ve mısır unu ile birlikte kullanıldığında kontrol grubu ile benzer bir büyüme performansı gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Li vd (2010), bitkisel protein kaynaklarından oluşan (yemde %41 soya küspesi ve %41 mısır unu) kontrol yemi ile DDGS'nin yemde soya küspesi ve mısır unu yerine %30 oranında kullanılan yemin karşılaştırılması amacıyla 12,6 g ağırlığındaki kanal yayın (*Ictalurus punctatus*) balıkları hazırlanan yemlerle 9 hafta süreyle beslenmiştir. Deneme sonunda %30 oranında DDGS içeren yemle beslenen gruba ait balıkların canlı ağırlık artışı ve yem değerlendirme oranının kontrol grubuna göre önemli derecede daha iyi olduğunu saptamışlardır. DDGS protein kaynağının yemde %30 oranında bulunduğu yemle beslenen balıkların karkas ham yağ içeriğinin, kontrol yemi ile beslenen balıklara göre bir miktar arttığı ancak aralarında istatistiki olarak önemli bir farklılığın olmadığı bildirilmiştir. Karkas ham yağ içeriğindeki artış, yemde kullanılan DDGS'nin sahip olduğu yüksek yağ içeriğine bağlı olarak yemin yağ içeriğinin artmasından kaynaklandığı sonucuna varmışlardır. DDGS'nin yemde soya küspesi yerine kullanılabileceğini ve DDGS protein kaynağının yemde kullanılması ile yem maliyetinin azaltılabileceğini bildirmişlerdir.

Schaeffer vd (2010), Nil tilapia (*Oreochromis niloticus*) yeminde balık unu yerine DDGS protein kaynağının kullanılabilirliğini değerlendirmişlerdir. DDGS yemde %17,5, %20, %22,5, %25 ve %27,5 oranında kullanarak enerji (gross enerji 19,3 KJ/g) ve protein (ham protein %39,1) değerleri eşit olacak şekilde referans yemi dahil altı farklı deneme yemi hazırlanmıştır. Deneme sonunda referans yem ile beslenen balıklar diğer grup balıklarına göre daha iyi büyüdüğü, %17,5 oranında DDGS içeren yemle beslenen balıkların yem değerlendirme ve protein etkinlik oranı referans yem ile benzer

olduğunu bildirmişler. Grupların hepatosomatik indeks ve yaşama oranı değerleri arasındaki farklılıkların önemsiz olduğunu saptamışlardır. DDGS protein kaynağının balık unu yerine yem maliyetinin azaltılması bakımından önemli olduğunu bildirmişlerdir.

Zhou vd (2010), yavru hibrit yayın (kanal yayını *Ictalurus punctatus* x mavi yayın *Ictalurus furcatus*) balıkları yeminde soya küspesi ve mısır unu kombinasyonu yerine DDGS'nin kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Bu amaçla 75-L hacimli cam akvaryumların her birine 1,16-1,25 g ağırlığında 30'ar balık koymuşlar. 1 numaralı kontrol yeminde %32 soya küspesi ve %20 mısır unu, 2 numaralı yemde %20 DDGS ve %0 lizin, 3 numaralı yemde %20 DDGS ve %0,20 lizin, 4 numaralı yemde %30 DDGS ve %0 lizin, 5 numaralı yemde %30 DDGS ve %0,20 oranında lizin kullanarak 5 farklı deneme yemi hazırlamışlardır. Hazırlanan deneme yemleriyle balıklar vücut ağırlığının %5 oranında günde 2 defa 8 hafta süreyle beslenmiştir. Deneme sonunda 3, 4 ve 5 numaralı yemlerle beslenen balıkların ağırlık kazancı, yem değerlendirme ve protein etkinlik oranı kontrol grubuna göre istatistiksel olarak önemli oranda iyi olduğunu bildirmişlerdir. 2-5 numaralı yemlerle beslenen balıkların yüzde ağırlık kazancı değerleri arasında önemli bir farklılığın olmadığı saptanmıştır. Sonuç olarak DDGS protein kaynağının yemde %30 oranında soya küspesi ve mısır unu yerine kullanılabilceği rapor edilmiştir.

Goda vd (2011) çalışmasında Nil tilapia (*Oreochromis niloticus*) balıkları yeminde soya küspesi yerine kısmen veya tamamen (%0, %20, %40, %60, %80 ve %100) DDGS protein kaynağını kullanarak hazırlanan yemlerin, balıkların büyüme ve yem değerlendirme parametreleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. %30 ham protein ve 19,50 MJ/kg enerji değerine sahip deneme yemleriyle 5,2 g ağırlığındaki balıklar 84 gün süreyle beslenmiştir. soya küspesi yerine %60 oranında DDGS kullanılan yemlerle beslenen balıkların canlı ağırlık artışı ve yem değerlendirme oranı değerlerinin kontrol grubuna göre istatistiksel olarak daha iyi olduğu, spesifik büyüme oranlarının ise benzer olduğu saptanmıştır. Benzer şekilde %60 oranında DDGS kullanılan gruba ait yem maliyeti ve ekonomik dönüşüm oranı değerlerinin, Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak daha iyi olduğu rapor edilmiştir. Deneme sonu balık eti kimyasal kompozisyon değerlerinin ise deneme yemlerinden etkilenmediği bildirilmiştir. Sonuç olarak DDGS yemde soya küspesi yerine %60 oranında kullanıldığında balıkların büyüme ve yem değerlendirme parametrelerinde artış olduğu tespit edilmiştir.

Li vd (2011a), buğdaydan elde edilen DDGS kaynağını soya küspesi ve mısır unu yerine yemde %0, %10, %20, %30 ve %40 oranında ve DDGS içeren gruplara lizin ilave ederek 9 farklı deneme yemi hazırlamışlardır. Bütün gruplarda yemdeki balık unu oranı %8 olarak ayarlanmıştır. Hazırlanan deneme yemleriyle Nil tilapia (*Oreochromis niloticus*) balıkları 10 hafta boyunca günde iki defa beslenmiştir. Deneme sonunda %40 oranında DDGS içeren grubun canlı ağırlık artışı, yem değerlendirme oranı ve protein etkinlik oranı Kontrol grubuna göre önemli derecede düşük iken lizin ilave edilen grup ile Kontrol arasında önemli bir farkın olmadığı bildirilmiştir. Yem tüketimi, yem değerlendirme oranı, protein etkinlik oranı ve yaşama oranı değerlerinde yemde %30'a kadar DDGS kullanılan gruplar arasında önemli bir farklılığın olmadığı tespit edilmiştir. Yine tüm gruplara ait balıkların vücut kimyasal kompozisyonu değerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Sonuç olarak buğdaydan elde edilen

DDGS'nin yemde lizin ilave edilmeden %30 oranında, lizin ilave edilerek ise %40 oranda soya küspesi ve mısır unu yerine kullanılabileceği bildirilmiştir.

Li vd (2011b), kanal yayın balıklarında (*Ictalurus punctatus*) yaptıkları çalışmada yemde %30 oranında DDGS kullanılması durumunda, Kontrol grubundaki büyüme ve yem değerlendirme değerlerine benzer değerlerin elde edildiğini bildirmişlerdir. Yemde %30 oranında DDGS kullanımı sonucunda balıkların yemde soya küspesi bulunan gruba göre önemli derecede daha iyi ağırlık kazancı ve yem değerlendirme değerleri elde edildiğini saptamışlardır. Yemde %42 oranında soya küspesi bulunan yeme %1 ve %2 oranında DDGS üretiminde kullanılan maya ilave edilmesi sonucunda balıkların büyümesi, yemde %30 oranında DDGS kullanılan yemle beslenen balıklarla benzer büyüme değerlerinin elde edildiği, yeme ilave edilen mayanın büyümeyi artırdığını, DDGS'de bulunan mayanın (DDGS'de %3,9 oranında) büyüme üzerine önemli etkisinin olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, yaptıkları analiz sonrasında mayada nükleotitlerin %3 oranında olduğunu ve balıkların bağırsak villus yapıları üzerine olumlu etkisinin olduğunu bildirmişlerdir.

Salama vd (2011), yemde balık unu yerine DDGS protein kaynağını %0, %50, ve %100 oranında kullanarak ve turp kökü ekstraktı (yemde %1 oranında) ilave ederek ya da etmeden kullanılmasının Nil tilapia (*Oreochromis niloticus*) yavruları üzerine etkisini incelemişlerdir. balık unu yemde %15 oranında kullanılarak hazırlanan deneme yemlerinin protein oranı yaklaşık %30 oranında olduğu bildirilmiş. Deneme sonunda yemde balık unu yerine %50 oranında DDGS kullanılan ve %1 oranında turp kökü ekstraktı ilave edilen grup ile kontrol grubu ağırlık kazancı değerleri arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemli olmadığını, yeme ilave edilen turp kökü ekstraktının büyümeyi artırdığını bildirmişlerdir.

Schaeffer vd (2011), soya küspesi yerine DDGS kullanımının balıklar üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla DDGS yemde soya küspesi yerine %0, %10, %20, %30, %40 ve %50 oranında kullanılarak ham protein (%30,1), ham yağ (%16,7) ve sindirilebilir enerji (13,5 KJ/g) değerleri eşit 6 farklı deneme yemi hazırlamışlardır. 19,1 g ağırlığındaki tatlısu levrek (*Perca flavescens*) balıklarını 126 gün boyunca günde iki defa doyuncaya kadar beslemişlerdir. Deneme sonunda yemde kullanılan DDGS'nin balıkların canlı ağırlık artışı üzerine önemli etkisinin olduğunu saptamışlar. Yemde %40 oranında DDGS kullanılan grup balıkları tamamen soya küspesi içeren yem ile beslenen balıklara göre istatistiksel olarak önemli derecede daha iyi büyüdüğü sonucuna varmışlardır. Yem dönüşüm oranı, protein etkinlik oranı ve visserosomatik indeks değerleri gruplar arasında değişmediğini, hepatosomatik indeks değerinin ise değiştiğini bildirmişlerdir. Ayrıca yemde bitkisel protein kaynağı kullanımının balıkların et kalitesi üzerine olumsuz etkisinin olmadığını bildirmişlerdir.

Barnes vd (2012a), yemde %10 ve %20 oranında HDDGS kullanarak dört farklı yem hazırlamışlar ve yemlerin esansiyel amino asit seviyelerini aynı düzeyde ayarlamak için lizin, metiyonin, izolösin amino asitleri ve fitaz enzimi ilave etmişlerdir. Başlangıç ağırlığı 1,2 g olan gökkaşağı alabalıklarını (*Oncorhynchus mykiss*) 36 gün süreyle besledikten sonra, gruplar arasında büyüme değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar, HDDGS içeren grupların ağırlık kazancı ve yem değerlendirme oranının Kontrol grubu ile benzer olduğunu, HDDGS

içeren yemlerin protein sindirilebilirliğinin %93,4 ile %94,1 arasında değiştiğini, bu değerlerin kontrol grubu yemi protein sindirilebilirliğinden (%91,4) önemli derecede farklı olduğunu ifade etmişlerdir. Yemlere fitaz ilavesinin ağırlık kazancı ve yemlerin besin madde sindirilebilirliği üzerine önemli bir etkisinin olmadığını bildirmişler. Deneme sonu balık eti kimyasal kompozisyon parametrelerinde gruplar arasında önemli bir farkın olmadığı bildirilmiştir. Ayrıca yeme amino asit ilavesi (lizin, metiyonin, izolösin ve histidin) ile birlikte HDDGS yemde %20 oranında kullanılabileceği gibi Kontrol grubuna göre kg balık başına daha ekonomik bir üretimin gerçekleştirilebileceğini vurgulamışlardır. DDGS üretimine bağlı olarak DDGS'nin besin içeriğinde değişmelerin olabileceği, bu değişmelerden dolayı gökkuşağı alabalıkları üzerinde yapılan çalışmaların sonuçlarının farklılık gösterebileceği ifade edilmiştir. Ayrıca bu farklılıkların, yemin üretim tekniği, yemdeki diğer hammaddelerin kullanımı ve balık büyüklüğü gibi faktörlerden etkilenebileceği rapor edilmiştir.

Barnes vd (2012b), HDDGS'yi (%41,7 protein ve %4,5 yağ seviyesine sahip DDGS) balık unu yerine yemde %0, %10 ve %20 oranında kullanmışlardır. Hazırlanan deneme yemleriyle 1,6 g başlangıç ağırlığındaki gökkuşağı alabalıklarını (*Oncorhynchus mykiss*) 73 gün süreyle beslenmişlerdir. Deneme sonunda yemde HDDGS artışı ile balıklardaki ağırlık kazancında azalma ve yem değerlendirme oranında artışın olduğunu tespit etmişlerdir. Grupların hepato somatik indeks değerleri arasında önemli bir farklılığın olmadığını bildirmişlerdir. %20 oranında HDDGS kullanılan grupta deneme sonrası balık eti ham protein oranında bir azalma olduğunu, yemde HDDGS artışına bağlı olarak yaşama oranında ve balık sağlığında olumsuz bir değişimin olmadığını saptamışlardır.

Barnes vd (2012c), DDGS protein kaynağı içeren yemlerle 33,6 g ağırlığındaki Shasta-strain gökkuşağı alabalıklarını 36 gün süreyle beslemişlerdir. DDGS yemde %10 ve %20 oranında kullanılmış ve yeme esansiyel amino asit (lizin, metiyonin ve izolösin) ve fitaz ilave edilerek dört farklı deneme yemi hazırlanmıştır. Deneme sonucunda yemde DDGS artışı ile balıklardaki ağırlık kazancında azalma ve yem değerlendirme oranında artış gerçekleştiği bildirilmiştir. Yemde %20 oranında DDGS kullanıldığında büyümede önemli derecede azalma olmasına rağmen büyümedeki bu azalmanın göz ardı edilerek ekonomik bir üretim için yemde DDGS kullanılabileceği rapor edilmiştir.

Li vd (2012), buğdaydan elde edilen DDGS proteini soya küspesi ve mısır yerine lizin ilaveli ve ilavesiz olarak hazırladıkları deneme yemleri ile 12 hafta süreyle kanal yayın balığı (*Ictalurus punctatus*) yavrularını beslemişlerdir. DDGS yemde %0, %10, %20, %30 ve %40 oranında kullanılarak lizin ilave edilmeden (2-5 numaralı deneme yemleri) ve lizin ilave edilerek (6-9 numaralı deneme yemleri) %30 ham protein, %6 ham yağ ve 2800 kcal sindirilebilir enerji/kg olacak şekilde deneme yemlerini hazırlamışlardır. Kontrol yeminde %8 balık unu, %45 soya küspesi, %25 mısır unu ve %7,4 buğday unu kullanmışlardır. Deneme sonunda gruplara ait balıkların karkas nem ve ham kül kompozisyonu değerleri arasında önemli bir farklılığın olmadığını, grup 1'e ait balıkların ham protein değerlerinin grup 4 ve grup 5 balıklarına göre önemli derecede yüksek olduğunu, diğer gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın ise olmadığını bildirmişlerdir. Yine grup 1'e ait balıkların ham yağ değerleri grup 2-5'e göre önemli derecede düşük iken grup 6-9 arasında önemli bir farklılığın olmadığı bildirilmiştir. Kan hematolojik parametrelerinden grup 5'e ait eritrosit sayısı grup 2, 3, 6

ve 7'ye göre önemli derecede düşük bulunurken, diğer grupların değerleri arasında önemli bir farklılığın olmadığını bildirmişlerdir. Grupların lökosit sayıları karşılaştırıldığında grup 6'ya ait lökosit değeri diğer gruplara göre önemli derecede yüksek bulunduğunu, diğer gruplar arasında ise önemli bir farklılığın olmadığını saptamışlardır. Grup 9'a ait hemoglobin değeri diğer gruplara göre önemli derecede yüksek olduğu, grup 5'e ait hematokrit değerinin grup 4'e ait değerle arasında önemli bir farklılığın olmadığını diğer gruplar ile istatistiksel olarak önemli derecede farklılığın olduğunu bildirmişlerdir. Kan biyokimya parametrelerinden toplam protein, toplam immunoglobulin ve lizozom aktivite değerlerinde gruplar arasında önemli farklılıkların olmadığını bildirmişlerdir. 12 haftalık besleme denemesi sonucunda buğdaydan elde edilen DDGS protein kaynağı, soya küspesi ve mısır unu yerine yemde %20 oranında veya lizin ilavesi ile birlikte %40 oranında kullanılabilceği, büyümedeki ve yem değerlendirme oranındaki iyileşme ve *Edwardsiella ictaluri* enfeksiyonuna direncin artması DDGS'deki maya ve mayanın sahip olduğu  $\beta$ -glukan ve nükleotidler nedeni ile olabileceği sonucuna varmışlardır.

Schaeffer vd (2012), yemde maya ve DDGS kullanımının balıkların büyüme, yem değerlendirme ve stres durumu üzerine etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla yemde DDGS %20, %25 ve %30 oranlarında ve %0,125 oranında ticari maya ilaveli ve ilavesiz olarak 6 farklı deneme yemi hazırlamışlardır. Balık unu bütün yem gruplarında %8 oranında kullanılmıştır. 43,6 g başlangıç ağırlığındaki Nil tilapia (*Oreochromis niloticus*) balıkları günde iki defa 62 gün boyunca deneme yemleriyle beslenmiş. Deneme sonunda grupların ağırlık artışı, yem değerlendirme oranı, protein etkinlik oranı ve plazma kortizol değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığı ifade edilmiştir. Yeme probiyotik olarak maya ilavesinin balıkların büyüme ve yem değerlendirme parametreleri üzerine önemli bir etkisinin olmadığını bildirmişler. Probiyotik ilavesinin balıklar üzerine istatistiksel olarak önemli derecede olumlu bir etkisinin olmamasının balık türüne, balık boyutuna ya da ilave edilen maya oranına bağlı olarak değişebileceği rapor edilmiştir.

Reveco vd (2012), yemde protein seviyesi yüksek, işleminden geçmiş buğdaydan elde edilen DDGS kullanarak protein %38,6 ve sindirilebilir enerji seviyesi 17,6 MJ/kg sahip beş farklı deneme yemi hazırlamışlardır (DDGS yemde %0, %7,5, %15 ve %30). Hazırlanan deneme yemleriyle 231 g başlangıç ağırlığındaki gökkuşuğu alabalıklarını (*Oncorhynchus mykiss*) 56 gün süreyle beslemişlerdir. Deneme sonunda yemde balık unu ve et-kemik unu yerine yemde %30 oranında DDGS'nin, balıkların büyüme performansında azalma görülmeden kullanılabilceğini bildirmişlerdir.

Øverland vd (2013), DDGS ve HDDGS (Yüksek protein içeren DDGS; %44,7 ham protein) protein kaynaklarının gökkuşuğu alabalığı yeminde bitkisel protein kaynakları yerine kullanılabilirliğini belirlemek amacıyla iki ayrı deneme yürütmüşlerdir. Birinci denemede, Kontrol yeminde balık unu, ayçiçeği unu, kolza unu içermekte diğer iki deneme yeminde ise Kontrol yemindeki ayçiçeği unu ve kolza unu yerine DDGS %50 (DDGS yemde %25 oranında) ve %100 (DDGS yemde %50 oranında) oranında kullanılmıştır. İkinci denemede ise HDDGS, Kontrol yemindeki bitkisel protein kaynakları yerine %50 (HDDGS yemde %22,5 oranında) ve %100 (HDDGS yemde %45 oranında) oranında kullanılmıştır. Başlangıç ağırlığı 143 g olan balıklar her tankta 20 balık olacak şekilde stoklanarak deneme yemleriyle 77 gün

süreyle beslenmiştir. Birinci deneme sonunda bitkisel protein kaynakları ile birlikte yemde %25 oranında DDGS içeren yemlerle beslenen balıklar Kontrol grubuna göre daha iyi büyüdüğü, daha fazla yem tükettiği ve daha düşük yem değerlendirme oranına sahip olduğu bildirilmiştir. Yemde %50 oranında DDGS kullanılan yemlerle beslenen balıkların ağırlık kazancı Kontrol ile benzer bulunurken, yem değerlendirme oranı diğer gruplara göre daha düşük gerçekleştiği saptanmıştır. Yeme ilave edilen DDGS, yemlerin protein, bir çok amino asit ve fosfor değerlerinde olumsuz bir etkisinin olmadığı, enerji sindirilebilirliğinde bir miktar artış olduğu bildirilmiştir. İkinci deneme sonucunda ise yüksek proteine sahip DDGS içeren yemlerle beslenen balıklar ile Kontrol balıkları arasında canlı ağırlık artışı, yem değerlendirme oranı ve yem tüketimi değerlerinin benzer bulunduğu saptanmıştır. Yemde %22,5 ve %45 oranında HDDGS içeren yemlerin sindirilebilirliğinin Kontrole göre yüksek olduğu belirlenmiştir.

Choi vd (2014a), mercan balıkları (*Pagrus major*) yeminde buğday unu ve mısır gluteni yerine prinçten elde edilmiş DDGS'nin kullanılabilirliğini araştırmışlar. Bu amaçla DDGS yemde %5, %10, %15, %20 ve %25 oranında kullanarak 6 farklı deneme yemi hazırlamışlardır. 10,1 g başlangıç ağırlığına sahip balıkları deneme yemleriyle 10 hafta süreyle beslemişlerdir. Deneme sonrasında yemde %25 oranında DDGS kullanılan yem ile beslenen balıkların büyüme performansında azalma görülmediğini bildirmişlerdir. Ayrıca yemde kullanılan DDGS balıkların vücut kimyasal ve amino asit değerleri, kan glukoz, toplam protein, toplam kolesterol ve trigliserit değerleri üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Yemde yüksek oranda DDGS kullanılabilirliğinin büyük oranda elde edilmesi sırasındaki fermantasyon işleminden kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir.

Webster vd (2016), yapmış oldukları çalışmada Nil tilapia (*Oreochromis niloticus*) yemlerinde %20 oranında balık unu yerine DDGS alternatif protein kaynağını tavuk kesim atıkları unu (TKAU) ve soya küspesi ile birlikte kullanımını araştırmışlardır. Ayrıca yeme metiyonin, lizin ve ticari enzim (non-amylaceous polysaccharide enzyme) ilavesinin ne gibi bir etkisinin olacağını da araştırmışlardır. Kontrol yemi sadece balık unu ve soya küspesi kullanılarak oluşturulmuştur. Deneme gurupları ise %15, %30, % 45 oranında DDGS ve her grupta %25 oranında hayvansal protein kaynağı TKAU ve çok az bir oranda da soya küspesi içermekte olup, balık unu deneme guruplarında ilave edilmemiştir. 2,7 g başlangıç ağırlığındaki balıkların 60 gün beslenmesi sonucunda deneme guruplarında büyüme, yem ve protein değerlendirme oranı Kontrol grubuna göre çok az azalma olduğu bildirilmiştir. Yeme metiyonin, lizin ve ticari enzim ilavesinin olumlu bir etkisinin olmadığı rapor edilmiştir. Yemde kullanılan DDGS'nin balıkların yaşama oranı üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığı saptanmıştır.



## 2.6. Alternatif Protein Kaynaklarının Balıkların Karaciğer ve Bağırsak Histolojisi Üzerine Etkisi

Yemde antibesinsel maddelerin veya toksik maddelerin varlığı bağırsak villus yapısını olumsuz şekilde etkilemektedir. Ancak yem içeriğinde prebiyotik veya probiyotik varlığında ise villus yapıları üzerinde olumlu etkilerin meydana geldiği bildirilmektedir (Yılmaz vd 2007, Ramos vd 2015). Yapılan çalışmalar, çevresel faktörlere ve beslenmeye bağlı olarak villus uzunluğunun ve goblet hücre sayısının değiştiğini göstermiştir (Krogdahl vd 2003, Heikkinen vd 2006, Bakke-McKellep vd 2007, Barrows vd 2008, Iwashita 2008, Romarheim vd 2008b, Merrifield vd 2009, Monge-Ortiz vd 2016). Balık yemlerinde kullanılan bazı protein kaynaklarının balıkların bağırsak yapısı üzerinde olumsuz etkilere sahip olduğu bildirilmektedir (Krogdahl vd 2003). Özellikle bitkisel protein kaynaklarında bulunan antibesinsel maddelerin (nişasta yapısında olmayan polisakkaritler, allerjenler, glukosinolatlar, saponinler, tanninler, lektinler ve proteaz inhibitörleri) yemde kullanılması ile balıkların bağırsak ve karaciğer yapısı üzerine olumsuz etkisinin olduğu bildirilmektedir (Refstie vd 1999, Buttle vd 2001, Krogdahl vd 2003, Ostaszewska vd 2005, Escaffre vd 2007, Iwashita vd 2009, Krogdahl vd 2015). Balık yemlerinde alternatif protein kaynağı olarak kullanılan soya küspesinin balıkların bağırsak morfolojisi üzerine olumsuz etkisinin olduğu ifade edilmektedir (Heikkinen vd 2006, Romarheim vd 2008, Iwashita vd 2009, Krogdahl vd 2010, Venold vd 2012, Navarrete vd 2013, Ferrara vd 2015). Soya küspesinin ve diğer bitkisel protein kaynaklarının gökkuşuğu alabalığı yeminde kullanımında da balıkların bağırsak yapısı üzerine olumsuz etkisinin olduğu bildirilmektedir (Buttle vd 2001, Romarheim vd 2006, Romarheim vd 2008, Merrifield vd 2009, Iwashita vd 2009, Sealey vd 2009, Penn vd 2011, Venold vd 2012). Bu olumsuz etkiler arasında bağırsak villus uzunluğunun kısalması, enterosit hücrelerinde anormal derecede yağlanma, lamina proprianın genişlemesi ve lamina propriada iltihabi hücrelerin varlığı sayılabilir (Buttle vd 2001, Heikkinen vd 2006; Uran vd 2009). Bağırsak villus epitel hücrelerin yapısında da değişmelere neden olduğu bildirilmiştir (Bakke-McKellep vd 2000, Krogdahl vd 2003). Soya küspesinin salmon balıklarının bağırsak yapısı üzerinde olumsuz etkinin olduğu ifade edilmektedir (Uran vd 2008, Uran vd 2009). Krogdahl vd (2003) yaptıkları çalışmada, Atlantik salmon (*Salmo salar*) balıkları yeminde balık ununun yerine kullanılan soya küspesinin yemdeki oranı ile balıkların arka bağırsak histomorfolojisi, sindirim ve absorpsiyon üzerindeki olumsuz etkinin doğru orantılı olduğunu bildirmişlerdir. En düşük (yemdeki proteinin %10'u oranında) oranda soya küspesi kullanımında bile balıkların bağırsak yapısı üzerinde belirgin şekilde olumsuz etkilerinin olduğunu rapor etmişlerdir. Bezelye (yemde %18 oranında; Aslaksen vd 2007) veya bezelye protein konsantresi (yemde %20 oranında; Øverland vd 2009) gibi bitkisel protein kaynaklarının ise Atlantik salmon balıkları yeminde kullanılması durumunda balıkların bağırsak yapısı üzerinde soya küspesinde görülen histomorfolojik bozukluklara neden olmadığı bildirilmiştir. Bütün bu sonuçların aksine yemde soya küspesi kullanımının Atlantik halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) (Grisdale-Helland vd 2002), kanal yayını (*Ictalurus punctatus*) (Evans vd 2005), dil balığı (*Solea aegyptiaca*) (Bonaldo vd 2006), levrek (*Dicentrarchus labrax*) (Bonaldo vd 2008), Atlantik kod (*Gadus morhua*) (Colburn vd 2012) gibi balıkların bağırsak yapısı üzerine önemli derecede inflamasyona neden olmadığı ifade edilmektedir. Benzer şekilde %22,35 oranında soya küspesi içeren yemlerle 77 gün beslenen kalkan (*Psetta maxima*) balıklarının bağırsak histomorfolojisi üzerine olumsuz bir etkisinin

görülmeyeceği bildirilmiştir (Bonaldo vd 2011). Tam yağlı soya ununun ve soya küspesinin yemlerdeki kullanımı sonucunda bağırsak villus yapısında inflasyona neden olduğu, alkol ile ekstrakte edilerek elde edilen soya küspesi kullanımında ise villus yapısında morfolojik bir olumsuzluk gözlenmediği rapor edilmiştir (Couto vd 2015). Yemde soya küspesi kullanımına bağlı balıkların bağırsak yapısındaki olumsuz değişimin kesin sebepleri daha açıklığa kavuşturulmadığı ancak soya küspesinde bulunan proteaz inhibitörleri, lektinler, protein antijenleri, fenolik maddeler, oligosakkaritler (Yaklaşık %30'u sindirilemeyen karbonhidratlar), fitik asit, saponinler gibi antibesinsel maddelerin büyük rol oynadığı bildirilmektedir (Francis vd 2001, Ostaszewska vd 2005, Krogdahl vd 2010, Bakke 2011). Alternatif protein kaynaklarının balıkların bağırsak ve karaciğer üzerine olan etkilerini inceleyen çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Krogdahl vd (2003), yemde balık unu yerine toplam protein miktarının %0, %10, %15, %20, %25, %35 oranında soya küspesi kullanarak hazırladıkları deneme yemleriyle 280 g ağırlığındaki Atlantik salmon (*Salmo salar*) balıklarını 60 gün süreyle beslemişlerdir. Deneme sonunda kontrol yemi ile beslenen balıkların arka bağırsak histolojisinde herhangi bir patolojik bulguya rastlanmadığını bildirmişlerdir. Ancak yemde soya küspesinin bulunduğu diğer gruplardaki balıklara ait histolojik analizlerde morfolojik değişikliklerin görüldüğünü; bu değişiklikler arasında villus boyunda ve genişliğinde değişimler, lamina propria genişleme ve submukozada hücresel inflamasyon görüldüğünü saptamışlardır. Yemde soya küspesi artışı ile balıkların arka bağırsak histomorfolojisinde olumsuz değişikliklerin arttığını bildirmişlerdir.

Ostaszewska vd (2005), kontrol yeminde bulunan kazein ve jelatin proteininin %50 yerine soya küspesi ve soya protein konsantresi kullanımı ile hazırlanan üç farklı deneme yemiyle gökkuşuğu alabalıkları dört hafta süreyle beslemişlerdir. Balıkların karaciğer dokusu üzerinde yapılan histolojik analiz sonucunda kontrol grubuna ait balıkların karaciğer hücresinin normal görünümde olduğu ve hücre nükleusu orta yerleşimli olduğunu bildirmişlerdir. Soya protein konsantresi ile beslenen gruba ait balıkların karaciğer hücreleri düzensiz şekilde ve piknotik nükleus görünümüyle olduğunu, soya küspesi ile beslenen balıkların karaciğer hücreleri ise hücre nükleus boyutunda küçülme ve merkezden uzaklaşmış olduğunu, hücre sitoplazmasında ise yağlanma olduğunu saptamışlardır. Balıkların arka bağırsak histolojisinde ise soya küspesi ve soya protein konsantresi ile beslenen balıkların villus yapılarında goblet hücre sayısının kontrole göre arttığını bildirmişlerdir. Ayrıca bağırsak epitel hücrelerinde mikrometrik ölçüm sonuçlarının da farklı olduğunu belirlemişlerdir. Sonuç olarak gökkuşuğu alabalığı yemlerinde soya küspesi veya soya protein konsantresi kullanımının balıkların karaciğer ve bağırsak histomorfolojisi üzerine olumsuz etkilerinin olduğunu bildirmişlerdir.

Sitja-Bobadilla vd (2005), yemde balık unu yerine bitkisel protein karışımı (mısır gluteni, buğday gluteni, bezelye, kanola ve ak lüpen) kullanarak hazırladıkları deneme yemleriyle çipura balıklarını 6 ay süreyle beslemişlerdir. Deneme sonrasında balık unu yerine %100 oranında bitkisel protein karışımı kullanılan yemlerle beslenen balıkların yem alımı ve büyümelerinde görülen azalmalara ek olarak histolojik analiz sonuçlarında karaciğerde yağlanma görüldüğünü bildirmişlerdir. Yine bu gruba ait

balıkların arka bağırsak histolojisinde enterosit hücrelerde yağlanma ve villuslarda lökosit hücre infiltrasyonu görüldüğünü rapor etmişlerdir.

Heikkinen vd (2006), kontrol yeminde %53,7 oranında balık unu ve %0 soya küspesi, diğer deneme yemi ise balık unu yerine (balık unu yemde %27 oranında) soya küspesi yemde %45 oranında kullanılarak iki farklı deneme yemi hazırlamışlardır. Hazırlanan deneme yemleriyle gökkuşağı alabalığı yavrularını 8 hafta süreyle beslemişlerdir. Yemde %45 oranında soya küspesi kullanıldığında balıkların bağırsak histomorfolojisinde (arka bağırsak epitel hücrelerinde yağlanma, villus yüksekliklerinde kısalma, inflamasyon oluşumu) olumsuz değişikliklerin meydana geldiğini saptamışlardır. Balıkların bağırsak yapısındaki bazı olumsuz bulgulara ve yüksek yem değerlendirme oranına rağmen balıkların büyümesinde kontrol grubuna göre azalma görülmediğini bildirmişlerdir.

Escaffre vd (2007), balık unu proteinin tamamı yerine soya protein konsantresi soya protein konsantresi kullanılarak hazırlanan yüksek enerji (23 MJ/kg gross enerji) seviyesi yemlerle beslenen gökkuşağı alabalıklarının karaciğer ve bağırsak histolojisi üzerine deneme yemlerinin etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla kontrol yeminde protein kaynağı olarak sadece balık unu, deneme yeminde ise sadece soya protein konsantresi kullanmışlardır. 100 g ağırlığındaki balıklar günde üç defa 90 gün süreyle beslemişlerdir. Deneme sonunda soya protein konsantresi içeren yemlerle beslenen balıklarda büyümenin ve hepatosomatik indeks değerinin azaldığını bildirmişlerdir. Bağırsak dokusunda yapılan histolojik analiz sonucunda soya protein konsantresi içeren yemlerle beslenen balıklara ait arka bağırsak villus boyunda ve villus lamina propria genişliğinde kontrol grubuna göre istatistiksel olarak önemli bir değişikliğin olmadığını rapor etmişlerdir. Arka bağırsak villuslarında yapılan histomorfometrik inceleme sonucunda enterosit hücre nükleus yüksekliğinde, nükleus genişliğinde, mikronükleus yüksekliğinde ve supranükleus yüksekliğinde kontrol grubuna göre önemli bir değişikliğin olmadığını, ancak toplam enterosit hücre yüksekliğinde azalma ve subnükleus yüksekliğinde ise kontrole göre önemli artışın olduğunu bildirmişlerdir. Karaciğer hücre nükleus çapında gruplar arası önemli bir değişikliğin olmadığını (Kontrol ve soya protein konsantresi grupları 5,9 ve 5,8  $\mu\text{m}$ ), iki deneme grubundaki karaciğer nükleuslarının normal yapıda olduğunu saptamışlardır. Sonuç olarak soya protein konsantresi, gökkuşağı alabalığının bağırsak histomorfolojik yapısı ve absorpsiyon işlevi üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığı, bir miktar inflamasyona neden olduğunu, bu durumun ileriki yapılacak çalışmalarda açıklığa kavuşturulması gerektiğini bildirmişlerdir.

Romarheim vd (2008), %59,2 oranında balık unu, %15 oranında buğday unu içeren birinci deneme yemi ve %32,5 oranında balık unu, %30 oranında soya küspesi, %13,1 oranında buğday unu içeren ikinci deneme yemi hazırlamışlardır. Hazırlanan iki farklı deneme yemi ile gökkuşağı alabalıklarını 40 gün süreyle beslemişlerdir. Deneme sonunda soya küspesi içeren yemle beslenen balıkların arka bağırsak histomorfolojisindeki inceleme sonucunda villus yüksekliğinde kısalma, lamina propria genişliğinde artış ve orta düzeyde lökosit infiltrasyonu ve enterosit hücrelerindeki absorbtif özellikte supranükleer vakuol yapılarında azalma görülmüştür. Ayrıca soya küspesi ile beslenen balıkların pilorik seka bölgesi ve ön bağırsak bölgesi safra asiti konsantrasyonunda azalma görüldüğü, ancak bu durumun soya küspesine bağlı

meydana gelen bağırsak inflamasyonundan olmayabileceği bildirilmiştir. Balık unu içeren yem ile beslenen grup balıklarında, soya küspesi grubu balıkların bağırsak histomorfolojisinde görülen olumsuz etkilerin görülmediği ifade edilmiştir.

Merrifield vd (2009), gökkuşağı alabalığı yeminde balık unu proteinin %50'si oranında soya küspesi proteini (yemde %46 oranında) içeren yemlerle balıkların 16 hafta süreyle beslenmesinin bağırsak histomorfolojisi üzerine olan etkilerini incelemiştir. Balık unu içeren yemlerle beslenen grup balıklarına göre soya küspesi içeren yemlerle beslenen balıkların bağırsaklarına ait villuslarda, enterosit hücrelerinde ve mikrovilluslarda belirgin hasar meydana geldiğini bildirmiştir. Yapılan inceleme sonunda kontrol grubuna göre soya küspesi içeren yemlerle beslenen balıkların arka bağırsak mikrovillus yüksekliklerinde kısalma ve ön bağırsak mikrovillus yoğunluğunda azalma görüldüğünü saptamışlardır.

Sealey vd (2009), çalışmasında gökkuşağı alabalığı yeminde probiyotik ilaveli veya ilavesiz olarak soya küspesi içerikli yemlerle beslenen balıkların büyüme ve bağırsak villusları üzerine etkilerini incelemiştir. Bu amaçla soya küspesi birinci yemde %0 (kontrol), ikinci yemde %10 ve üçüncü yemde ise %20 oranında kullanılarak üç farklı deneme yemi probiyotik ilaveli ve ilavesiz olarak (3x2) hazırlamışlardır. Hazırlanan deneme yemleriyle yeni yem almaya başlayan alabalık yavruları 8 hafta süreyle beslenmiştir. Deneme süresi sonunda %20 oranında soya küspesi içeren yem ile beslenen balıkların diğer grup balıklarına göre ağırlık kazancının, vücut ham protein ve ham yağ oranının azaldığı, ancak yem değerlendirme oranı ve yaşama oranı değerlerinde gruplar arasında önemli bir değişikliğin olmadığı bildirilmiştir. %20 oranında soya küspesi içeren probiyotik ilaveli yemle beslenen balıklarda ise ağırlık kazancında diğer gruplara göre bir azalma görülmediği rapor edilmiştir. Yapılan histolojik analiz sonucunda %20 oranında soya küspesi içeren yemlerle beslenen balıkların bağırsak mukozal epitel hücrelerindeki absorbtif vakuollerin sayısının azaldığı, probiyotik ilavesinde bir değişikliğin olmadığı bildirilmiştir. Kontrol ve %10 oranında soya küspesi içeren yemlerle beslenen balıklara göre, %20 oranında soya küspesi içeren yemlerle beslenen balıkların villus submukoza genişliğinin arttığı bildirilmiştir. Bütün grupların villus uzunluğu ve genişliği arasında önemli bir farklılığın olmadığı saptanmıştır. Yeme düşük ya da orta seviyede soya küspesi ilavesinin bağırsak yapısı üzerine olumsuz etkisinin olmasına rağmen büyüme ve yem değerlendirme parametrelerinde olumsuz etkisi olmaksızın yemde kullanılabileceği bildirilmiştir. Yemde kullanılan soya küspesi oranının artmasının, balık ununun azalmasına, yem maliyetinin düşmesine ve sürdürülebilir bir yetiştiriciliğin yapılmasına katkı sağladığı bildirilmektedir.

Yamamoto vd (2010), ısıtma işlem sonrasında soya küspesi (SK), 7 saat (FSK-1) ve 10 saat (FSK-2) fermantasyon işleminden geçirilmiş soya küspesini ayrı olarak yemde %47,6 oranında ve %21 oranında da mısır gluteni ile birlikte kullanarak, balık unu içerikli kontrol yemi ile birlikte dört farklı deneme yemi hazırlamışlardır. Hazırlanan deneme yemiyle başlangıç ağırlıkları 14,7 g olan gökkuşağı alabalığı yavrularını 10 hafta süreyle beslemiştir. Deneme sonunda SK ile beslenen balıklara ait arka bağırsak yapısında histomorfolojik anormallikler görüldüğünü, FSK-1 yemi ile beslenen grup balıklarında bu anormalliklerin biraz azaldığını, FSK-2 yemi ile beslenen balıklarda ise SK grubunda görülen histomorfolojik anormalliklerin görülmediğini

bildirmişlerdir. Bütün gruplarda lamina propria genişliği benzer iken submukoza genişliği SK grubunda, diğer gruplara göre fazla olduğu, FSK-1 grubunda bu genişliğin biraz azaldığı, FSK-2 ve kontrol grubunda benzer bir yapı ile submukozanın normal görünümde olduğu bildirilmiştir. SK grubu balıklara ait hepatosit hücrelerinin bozulduğunu, sitoplazmada bir miktar yağlanma görüldüğünü bildirmişlerdir. FSK-2 grubu balıkların hepatosit hücrelerinde SK grubunda görülen anormalliklerin azaldığı ve kontrol grubu ile benzer histomorfolojik görüntüye sahip olduğu bildirilmiştir. Çalışma sonunda soya küspesinin 10 saat süreyle sıcaklığın 80 °C'ye ulaşana kadar fermantasyon işleminin uygulanması balıkların karaciğer ve bağırsak dokularında görülen morfolojik anormalliklerin azalmasında ve safra asidi salgılanmasında iyileşme sağlandığı bildirilmiştir. Ayrıca büyüme parametreleri ve besin madde sindirilebilirliği üzerine olumlu etkisinin olduğu, balık ununun kullanılmadığı yemde protein kaynağı olarak fermantasyon işleminden geçirilmiş soya küspesinin %47,6 oranında kullanılabilceği rapor edilmiştir.

Bonaldo vd (2011), buğday gluten unu, mısır gluten unu ve soya küspesi karışımı yemde balık unu proteini yerine %25 (PP25), %39 (PP39), %52 (PP52) ve %66 (PP66) oranında kullanarak deneme yemleri hazırlamışlardır. Başlangıç ağırlıkları 24,2 g olan kalkan balıkları (*Psetta maxima*), hazırlanan deneme yemleriyle 77 gün süreyle beslemişlerdir. Deneme sonunda PP25 grubunun ağırlık kazancı ve spesifik büyüme oranı değerleri PP52 ve PP66'den istatistiksel olarak önemli derecede yüksek olduğunu ve PP66 grubunun yem alımının PP25'e göre azaldığını saptamışlardır. Balık eti ve hepatosomatik indeks değerlerinin gruplar arasında değişmediğini bildirmişlerdir. Pilorik seka, ön bağırsak, orta bağırsak ve arka bağırsak bölgelerinde yapılan histolojik analizler sonucunda bağırsak histomorfolojisinde gruplar arasında önemli farklılığın olmadığını tespit etmişlerdir.

Tusche vd (2011), organik balık yetiştiriciliği çerçevesinde gökkuşuğu alabalığı yeminde balık unu yerine değişik oranlarda glikoalkoloit seviyesine sahip patetes protein konsantresi kullanımının balıkların büyümesi, karaciğer ve bağırsak morfolojisi üzerine etkisini incelemişlerdir. Bu kapsamda balık unu yerine (%25, %50, %75 ve %100) düşük miktarda 7,41 mg/kg glikoalkoloit içeren patetes protein konsantresini ve yüksek miktarda 2150 mg/kg glikoalkoloit içeren patetes protein konsantresini değişik oranlarda kullanılarak hazırlanan deneme yemleriyle gökkuşuğu alabalıklarını 84 gün süreyle beslemişlerdir. Deneme sonunda yüksek seviyede glikoalkoloit içeren patetes protein konsantresi ile beslenen balıkların karaciğerinde hipertrofi ve bağırsak villus yapılarında bozulma görüldüğünü ve patetes protein konsantresi kullanılan yemlerle beslenen balıkların büyümesinin kontrol grubuna göre düşük gerçekleştiğini bildirmişlerdir.

Navarrete vd (2012)'nin iki ay süren çalışmasında gökkuşuğu alabalığı yeminde bitkisel protein kaynağı (130 g/kg mısır, 60 g/kg ayçiçeği küspesi ve 62 g/kg soya küspesi) kullanımında balıkların bağırsak villus yapısının bütün gruplarda normal olduğu saptanmıştır. Bütün gruplara ait balıkların bağırsak villus yapısında hücre çekirdekleri, supranükleer yağlanma ve goblet hücre dağılımlarının normal olduğu bildirilmiş. Ayrıca bütün gruplarda yemde bitkisel protein kaynağı kullanımının, lamina propria genişliğinde artışa ve villus yapısında inflamasyona neden olmadığı bildirilmiştir.

Martínez-llorens vd (2012), balık unu yerine %0, %17, %34 ve %52 oranında keçiyoynuzu çekirdeği unu kullanılarak protein (ham protein %46) ve yağ (ham yağ %19,5) oranları eşit olacak şekilde 4 farklı deneme yemi hazırlamışlardır. Çipura balıkları 84 gün süreyle günde iki defa deneme yemleriyle beslenmiştir. Deneme sonunda balıklardan alınan arka bağırsak dokularının histolojik analizi sonrasında tunika mukoza, tunika submukoza ve tunika seroza tabakaları, villi yüksekliği ve villi genişliği mikrometrik olarak ölçülmüştür. %52 oranında keçiyoynuzu çekirdeği unu kullanılan yemlerle beslenen deneme grubu balıklarına ait arka bağırsak histolojisinde, seroza ve mukoza tabaka kalınlığının diğer gruplara göre farklı olduğu bildirilmiştir. Submukoza kalınlıklarında gruplar arası önemli bir değişikliğin olmadığı saptanmıştır. Keçiyoynuzu çekirdeği ununun yemde artışına bağlı olarak villus yüksekliklerinde ve goblet hücre sayılarında önemli derecede azalma görüldüğünü, %52 oranında keçiyoynuzu çekirdeği unu kullanılan grup balıklarına ait villus yüksekliğinde ve goblet hücre sayısında kontrol grubuna göre önemli derecede azalma gerçekleştiğini tespit etmişlerdir. Karaciğer histolojisinde ise gruplar arasında önemli bir histomorfolojik farklılığın olmadığı bildirilmiştir. Sonuç olarak keçiyoynuzu çekirdeği ununun yemde %34 oranında kullanılabilceği rapor edilmiştir.

Venold vd (2012), çalışmasında iki farklı deneme yemini iki farklı gökkuşağı alabalığında seçilmiş (SE: Jenerasyonu değişik olan 8 farklı balık grubundan seçilen ve tamamen bitkisel protein kaynakları içeren yemlerle 4 jenerasyon beslenen bu balıkların içerisinden iyi büyüyen bireylerin seçilmesi ve bu balıklardan elde edilen yavru balıklar) ve seçilmemiş (NS) şeklindeki balıklar üzerine etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla birinci yemde balık unu %47,7 oranında ve arpa unu %32,3 oranında ve ikinci yemde balık unu %0 oranında, arpa unu %20,5 oranında, mısır glütenu %34,6 oranında ve soya küspesi ise %19 oranında kullanılmıştır. 5 g ağırlığındaki alabalık yavruları soya küspesi içermeyen kontrol ve soya küspesi içeren deneme yemleriyle 60 gün süreyle beslenmiştir. Deneme sonunda balık unu ile beslenen SE ve NS balıkları arasında büyüme ve yem değerlendirme parametrelerinde fark görülmezken, soya küspesi içeren yemlerle beslenen SE balıklarında, NS balıklara göre büyüme ve yem değerlendirme parametreleri değerlerinin daha iyi olduğu bildirilmiştir. Soya küspesi içeren yemlerle beslenen SE ve NS balıklar arasında bağırsak villus yapısı üzerinde inflamasyon derecesinde önemli farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Soya küspesi içeren yemlerle beslenen NS balıkların arka bağırsak yapısında inflamasyon görüldüğü, ancak SE balıklarda ise bağırsak morfolojik yapısının normal olduğu ve kontrol yemi ile beslenen balıkların bağırsak yapısıyla benzer sonuçlar verdiği saptanmıştır. Sonuç olarak soya küspesinin gökkuşağı alabalığında seçilmiş (SE) ve seçilmemiş (NS) balıklar için hassaslığı farklı olabileceği, türlerin seçici üretim yöntemiyle soya küspesi proteinine olan toleransının artabileceği rapor edilmiştir.

Bilen ve Bilen (2013) araştırmasında doğadaki levrek balıkları ile kültür ortamında ticari yemle beslenen balıkların karaciğer histolojilerini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda ticari yemle beslenen balıkların karaciğer hücrelerinde yağlanmanın görüldüğü, hücrelerde artrofik yapı gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Doğadaki balıkların karaciğer hücrelerine ait nukleusların ticari yemle beslenen balıklara göre daha büyük olduğunu, ticari yemle beslemenin balıkların karaciğerini etkilediğini saptamışlardır.

Navarrete vd (2013), soya küspesinin Atlantik salmon (*Salmo salar*) bağırsak histomorfolojisi üzerine olan etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla kontrol yeminde %51 balık unu, D1 yeminde %37,8 oranında soya küspesi, D2 yeminde ise D1 yemindeki %37,8 oranında soya küspesine ilaveten yeme laktik asit bakterileri ilave edilerek deneme yemleri hazırlanmıştır. Hazırlanan deneme yemleriyle balıklar 35 gün süreyle beslenmiştir. Deneme sonunda grupların ağırlık artışı ve spesifik büyüme oranı değerleri arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemsiz olduğu saptanmıştır. Yemde %37,8 oranında soya küspesi kullanılan D1 yemiyle beslenen balıkların arka bağırsak yapılarında kontrol grubuna göre inflamasyon görüldüğü rapor edilmiştir. D1 grubu balıklarda supranükleer vakuol yapıları, goblet hücre sayısı ve lamina propria genişliği yemde kullanılan soya küspesi içeriğinden olumsuz etkilendiğini bildirmişlerdir. Araştırma sonunda soya küspesi kullanılan yeme laktik asit bakterisi ilavesinin, Atlantik salmon balıklarının bağırsak inflamasyon görünümünde bir miktar azalmaya neden olduğu ancak inflamasyonun tamamen geçmediği tespit edilmiştir.

Barnes vd (2014), balık unu yerine PepSoyGen (fermantasyon işleminden geçirilmiş, %51 proteine sahip hammadde) yemde %0, %35 ve %50 oranında kullanılarak hazırlanan deneme yemleriyle gökkuşuğu alabalıklarını (başlangıç balık ağırlığı 23,4 g) 205 gün süreyle beslemişlerdir. Denemenin 94. gününde balıkların arka bağırsak dokusundan alınan örneklerin histolojik analiz sonucunda bağırsak histomorfolojisinde gruplar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar olduğunu bildirmişlerdir. Fakat denemenin 205. gününde alınan dokulara ait bağırsak histomorfolojisinde gruplar arasında önemli bir farklılığın olmadığını saptamışlardır. Yemde PepSoyGen artışına bağlı olarak lamina propria ve submukozada genişleme görüldüğünü rapor etmişlerdir. Sonuç olarak balıkların büyüme ve yem değerlendirme performansında azalma görülmeden yemde %35 oranında veya balık unu yerine %65 oranında PepSoyGen protein kaynağı kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Hartviksen vd (2014), deneme yemlerinde %20 oranında soya protein konsantresi, bezelye protein konsantresi, ayçiçeği küspesi, tavuk kesim atıkları unu, tütün kullanımı balıkların arka bağırsak üzerine olan etkisini araştırmışlardır. Deneme sonunda yapılan histolojik analiz sonucunda yemde kullanılan alternatif protein kaynaklarının Atlantik salmon karaciğer ve arka bağırsak yapısı üzerine önemli derecede olumsuz bir etkisinin olmadığını, yemde bu hammaddelerin %20'ye varan oranda kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Wang vd (2014), yemde %0, %9, %18, %27, %36, %45 ve %54 oranında (serbest gosipol seviyesi sırasıyla 0, 108, 216, 324, 432, 539 ve 647 mg/kg) pamuk tohumu unu içeren, protein ve enerji seviyeleri eşit 7 farklı deneme yemiyle 11,3 g başlangıç ağırlığındaki sazan yavrularını (*Cyprinus carpio*) 8 hafta süreyle beslemişlerdir. Deneme sonunda balıkların büyüme ve yem değerlendirme parametrelerinde, %27 oranda pamuk tohumu kullanılan gruplar ile kontrol grubu arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığını bildirmişlerdir. Pamuk tohumu ununun yemde %27'den fazla kullanılan gruplara ait balıkların, kontrol grubu balıklarına göre büyüme ve yem değerlendirme parametrelerinde kötüleşme meydana geldiği, ancak bu gruplara ait balıkların karaciğer histomorfolojisinde önemli bir olumsuzluğa rastlanmadığı rapor edilmiştir.

Couto vd (2015), levrek balıkları ile 59 günlük besleme denemesi sonunda yeme ilave edilen soya saponin (%0,1 ve %0,2) ve fitosterolün (%0,5 ve %1) balıkların büyümesi, yem alımı, yemden yararlanma, kuru madde ve ham yağ sindirilebilirlik oranları üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığını sonucuna varmışlardır. Deneme gruplarının arka bağırsak yapılarındaki histolojik incelemeler sonrasında önemli bir inflamasyon görülmediği ancak kontrol grubuna göre antibesinsel madde varlığı nedeni ile supranükleer yağlanmada artış olduğu bildirilmiştir.

Ferrara vd (2015), balık unu yerine kullanılan soya küspesi ilaveli yemlere (yemde soya küspesi %40,8 ve balık unu %41,5 oranında kullanılmış) 8 g/kg oranında mannan oligosakkarit ve inülin kullanımının balıkların bağırsak histomorfolojisi üzerine etkisini araştırmışlardır. Hazırlanan deneme yemleriyle 100 g ağırlığındaki sivriburun karagöz (*Diplodus puntazzo*) balıklarını 114 gün süreyle beslemişler. Deneme sonunda yemde kullanılan soya küspesi balıkların bağırsak histolojisi üzerine olumsuz etkisinin olduğunu bildirmişler. Yeme ilave edilen mannan oligosakkarit ve inülin katkı maddelerinin bağırsak histomorfolojisi üzerine olumlu bir etkisinin olmadığı, hatta inülin ilavesinde balıkların bağırsak yapısında belirgin şekilde bozulmalar görüldüğünü bildirmişler. Arka bağırsak histolojisinde kontrol yemi ile (yemde balık unu %69,5 oranında) beslenen grup ile diğer gruplar arasında bağırsak mikrovilli yüksekliklerinde bir değişme görülmezken enterosit hücrelerin nükleus değerlerinde istatistiksel olarak önemli derecede fark olduğu bildirilmiştir.

Franco vd (2015) çalışmasında gökkuşuğu alabalığı yeminde balık unu yerine deniz hıyarı unu kullanımının balıklar üzerine etkisini araştırmışlardır. Bu amaçla deniz hıyarı unu, balık unu yerine yemde %10, %15, %20 oranında kullanılarak dört farklı deneme yemi hazırlamışlardır. Başlangıç ağırlığı 110 g olan balıklar 49 gün süreyle hazırlanan deneme yemleriyle beslenmiştir. Deneme sonunda balıkların karaciğer ve bağırsak dokularının histolojik analizlerine göre deneme grubu balıkların hepatosomatik indeks değerleri arasında önemli bir farklılığın olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, bağırsak histomorfolojisinde 6 farklı parametre incelemişlerdir. İnceleme sonrasında bütün deneme gruplarının villus boyunun, supranükleer vakuollerin, lamina propria genişliğinin benzer olduğu bildirilmiştir. Deniz hıyarı ununun yemde artışı ile goblet hücre sayısının arttığını rapor etmişlerdir. Sonuç olarak yemde deniz hıyarı unu kullanımının balıkların bağırsak yapısı üzerinde önemli bir inflamasyona neden olmadığını bildirmişlerdir.

Krogdahl vd (2015), değişik oranlarda soya saponin (0, 2, 4, 6, 10 g/kg) ilave edilerek hazırlanan deneme yemleriyle 442 g ağırlığındaki Atlantik salmon balıklarını 10 hafta süreyle beslemişlerdir. İlk beş grup yem içeriğinde, protein kaynağı olarak balık unu yemde 587 g/kg ve buğday unu 156 g/kg olarak kullanılmış. İkinci beş grup yem içeriğinde ise lüpen protein kaynağı kullanılmış olup yemdeki miktarı 200 g/kg, balık unu miktarı 235 g/kg, buğday unu 67 g/kg ve buğday gluteni 190 g/kg olarak kullanılmıştır. Deneme sonunda balıklara ait arka bağırsak histolojik analiz sonuçlarında yemdeki saponin miktarının artışıyla villus yüksekliğinin azaldığı, villus genişliğinin arttığı, villus yapılarında katlanmaların arttığı, lamina propria ve submukozada lökosit inflamasyon artışının olduğu ve enterosit hücrelerindeki supranükleer absorbtif vakuollerin azalması gibi istenmeyen oluşumların görüldüğü



rapor edilmiştir. Balıkların arka bağırsak histolojik analiz sonuçlarındaki olumsuz oluşumların yem içeriğinden ziyade saponinden kaynaklandığı bildirilmiştir.

López vd (2015), yemde balık unu proteini yerine %30 ve %60 oranında soya protein konsantresi kullanarak hazırlanan deneme yemleriyle 7,5 g ağırlığındaki totoaba (*Totoaba macdonaldi*) yavruları 45 gün süreyle beslenmiştir. Deneme sonucunda soya protein konsantresi kullanılan yemlerle beslenen balıkların, kontrol grubuna göre karaciğer hücrelerinde yağlanma ve hücre nükleus yerlerinde değişme meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Magalhães vd (2015), levrek balıkları yeminde balık unu yerine yemde %30 oranında DDGS kullanımının besin madde sindirilebilirliği ve balıklardaki sindirim enzim aktiviteleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Deneme sonunda DDGS içeren yemlerin KMSO değerleri Kontrol yemine göre istatistiksel olarak önemli derecede düşük bulunduğunu, protein sindirilebilirlik oranlarının %92 ile %98 arasında, ve amino asitlerin sindirilebilirlik oranlarının ise %75 ile %99 arasında olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca yemde DDGS kullanımı sonrasında levrek balıklarının bağırsak içeriğinde amilaz ve lipaz aktivitelerinin yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Sonuç olarak DDGS'nin levrek balıklarında besin madde sindirilebilirliğinin ve kullanım potansiyelinin yüksek olduğunu ifade etmişlerdir.

Ribeiro vd (2015), kaya levreği (*Argyrosomus regius*) balıkları yeminde balık unu ve balık yağı yerine yemde %30 oranında bitkisel protein kaynaklarının (soya protein konsantresi, bezelye protein konsantresi, mısır glüten unu, ayçiçeği küspesi ve kolza protein konsantresi) kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Hazırlanan deneme yemleriyle balıklar 88 gün süreyle beslenmiştir. Deneme sonunda balıkların bağırsak histomorfolojisinde gruplar arasında önemli bir değişimin olmadığı rapor edilmiştir. Ancak, bağırsak enterosit hücrelerinde anormal yağ oluşumları ve lamina propria nadir olarak eozinofil hücre infiltrasyonu görüldüğü bildirilmiştir. Bütün gruplara ait karaciğer histolojisinde yağlanma görüldüğü, nekroz oluşumunun ise görülmediği saptanmıştır. Yemde balık unu ve balık yağı yerine bitkisel protein kaynaklarının kullanılmasının, kontrol grubuna göre büyüme üzerinde olumsuz bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır. Kaya levreği yemlerinde yüksek seviyelerde bitkisel protein kaynaklarının kullanılması durumunda, balıkların büyümesinde önemli bir azalma görülmeden tolere edebileceği sonucuna varılmıştır.

Saraiva vd (2015), levrek balıklarının organ dokularına ait histolojik analizleri gerçekleştirerek, balıkların sağlık durumlarının ne durumda olduğunu araştırmışlardır. Bu amaçla yarı entansif yetiştiricilik yapan ticari balık çiftliğinden alınan balıkların karaciğer ve bağırsak dokularının alınıp histolojik analizleri gerçekleştirilmiştir. Balıklara ait karaciğer dokularının %71,4'ü normal karaciğer yapısında ya da çok az değişikliğin olduğu, bazı doku örneklerinde ise hiperemi, yağlanma ve hipertrofi olgularının gözlemlendiği bildirilmiştir. Balıklara ait bağırsak dokularına ait histolojik analiz sonucunda normal bağırsak görünümü ya da çok az miktarda inflamasyona rastlandığı ifade edilmiştir.

Apper vd (2016), yemde yaklaşık %6 oranında kullanılan buğday gluten hidrolizinin (yemde balık unu miktarı %36,2) Asya levrek (*Lates calcarifer*) balığının arka bağırsak emici yüzey alanını, balık unu içeren pozitif kontrole (yemde balık unu miktarı %36,2) göre arttırdığını bildirmişlerdir. Bu artışın buğday gluten hidrolizinde yüksek seviyede bulunan glutamine ve buğday gluten hidrolizi kaynağının protein sindirilebilirliğinin yüksek oluşundan kaynaklanabileceğini rapor etmişlerdir. Bu durumun, balıkların bağırsak iç yüzeyinden alınan protein miktarının artmasına dolayısı ile balıklardaki büyümenin de artmasına neden olduğu ifade edilmektedir.

Bullerwell vd (2016), ketencik tohum (*Camelina sativa*) ununun gökkuşağı alabalığı büyüme performansı, karaciğer ve bağırsak histolojisi üzerine etkisini araştırmışlardır. Yemde %0, %5, %10, %15 ve %20 oranında ketencik tohumu unu kullanarak %45 protein ve 4156 kcal/kg sindirilebilir enerji düzeyleri eşit beş farklı deneme yemi hazırlamışlardır. Hazırlanan deneme yemleriyle balıklar (başlangıç balık ağırlığı 2,36 g) 112 gün süreyle beslemişlerdir. Deneme sonunda %20 oranında ketencik tohumu unu kullanılan grubun ağırlık kazancı ve spesifik büyüme oranı kontrol ve %5 oranında ketencik tohumu unu kullanılan gruba göre istatistiksel olarak önemli derecede düşük olduğunu saptamışlardır. Grupların yem tüketimi ve yem değerlendirme oranı değerleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılıkların görülmediğini ve gruplardaki balıkların bağırsak histomorfolojisi üzerine yemde kullanılan ketencik tohumu ununun olumsuz bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir.

Ye vd (2016), Atlantik salmon balıkları yeminde kimyasal yöntemle ekstrakte edilen ketencik tohumu unu (Solvent-extracted camelina meal; %39 ham protein, %3 ham yağ) kullanımının balıklar üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Azalan balık ununun yerine ketencik tohumu unu yemde %5, %10, %15 ve %20 oranında kullanılarak hazırlanan deneme yemleriyle 8,4 g ağırlığındaki balıkları 16 hafta süreyle beslemişlerdir. Deneme sonunda %20 oranında ketencik tohumu unu kullanılan yemlerle beslenen balıkların bağırsak histomorfolojisinde meydana gelen değişikliklerin kabul edilebileceğini bildirmişlerdir. Ketencik tohumu unu, balıkların bağırsak histomorfolojisi üzerinde az miktarda inflamasyona neden olduğunu, ancak ketencik tohumu ununun yemde %15 ve %20 oranında kullanıldığı yemlerle beslenen grup balıklarında kontrole göre inflamasyon yoğunluğunun arttığını saptamışlardır. Yemde %15 ve %20 oranında ketencik tohumu unu kullanılan yemlerle beslenen grup balıklarının bağırsak villuslarına ait lamina propria genişliğinde önemli derecede artış olduğunu bildirmişlerdir. Balıkların stres altında ya da şüpheli bir enfeksiyon sebebi ile lamina propriadaki eozinofil, makrofaj ve nötrofil hücrelerinden dolayı lamina propriada genişleme olabileceğini bildirmişlerdir (Rombout vd 2011). Ketencik tohumu ununda bilinmeyen bazı antijenlerin balıkların immün sistemi etkilediği ve bağırsak yapısında yapılan histolojik incelemelere göre bir takım olumsuz değişikliklere neden olduğu, bu etkilerin yoğunluğunun bitkisel protein kaynaklarının yemde kullanım oranına bağlı olduğunu bildirmişlerdir.

Yapılan çalışmalarda yemde kullanılan bitkisel protein kaynaklarının balıkların karaciğer ve bağırsak yapısı üzerine bir takım histomorfolojik etkilerinin olabileceği bildirilmektedir. Besinlerin sindiriminde önemli rol oynayan karaciğer ve emiliminin gerçekleştiği bağırsak yapısını olumlu veya olumsuz şekilde etkileyen faktörlerin detaylı olarak bilinmesi ve bu faktörlerin bağırsak histomorfolojisi üzerine ne gibi

etkilerinin olduğunun araştırılması su ürünleri yetiştiriciliğinde, özellikle balık besleme alanında önem arz etmektedir. Bu bakımdan su ürünleri yem sektöründe alternatif bir hammadde olan DDGS protein kaynağının, ülkemizde en fazla yetiştiriciliği yapılan gökkuşadı alabalığının yeminde kullanılması sonrasında karaciğer ve arka bağırsak histomorfolojisi üzerine olası etkilerinin araştırılması ve sonuçlarının ortaya konması gerekmektedir.

### 3. MATERYAL VE METOT

Araştırmada iki farklı deneme kurgulanmıştır. İlk denemede (Deneme-1) yemde balık unu yerine farklı oranlarda kurutulmuş damıtma kalıntıları ve çözünen maddeleri (DDGS) unu kullanılmıştır. İkinci denemede (Deneme-2) ise yemde soya küspesi yerine DDGS'nin farklı oranları kullanılmıştır.

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Deneme yeri

DDGS protein kaynağının gökkuşağı alabalığı yeminde kullanımının araştırılmasına yönelik planlanan çalışmanın besleme denemeleri Deneme-1 ve Deneme-2, Antalya ili Kepez ilçesinde bulunan Toklu Balık Çiftliği'nde (36.56'14.9'' K, 30° 37' 21.3'' D) yürütülmüştür.

##### 3.1.2. Deneme zamanı

İki farklı besleme denemesinden Deneme-1 01/01/2015 ile 29/03/2015 tarihleri arasında, Deneme-2 ise 15/04/2015 ile 12/07/2015 tarihleri arasında yürütülmüştür. Her iki denemede de ağırlık ve boy ölçümlerinin yapıldığı günler hariç deneme balıkları 84 gün süreyle deneme yemleriyle beslenmiştir.

##### 3.1.3. Deneme alanı

Birinci denemede çapı 80 cm, yüksekliği 55 cm ve kullanılabilir hacmi 200 litre olan 12 adet dairesel fiberglas tank, ikinci denemede yine aynı özelliklere sahip 15 adet fiberglas tank kullanılmıştır (Şekil 3.2). Deneme düzeni Şekil 3.1'de görüldüğü gibi kurulmuştur.

##### 3.1.4. Su kaynağı

Denemede, Antalya ili Döşemealtı ilçe sınırları içerisinde bulunan Kırkgöz kaynağından çıkan ve DSİ kanalı ile denemenin yürütüleceği alana kadar gelen akarsu kullanılmıştır. İşletmeye giren su, çapı 6 cm olan PVC boru yardımıyla denemenin yürütüleceği havuza getirilmiş ve musluklarla deneme tanklarına dağıtımı yapılmıştır. Her iki denemede de tanka giren su miktarı Aras vd (2000) ve Burr vd (2012)'nin gökkuşağı alabalığı için belirttiği 10 lt/dk olarak ayarlanmıştır.

##### 3.1.5. Balık materyali

Deneme balığı olarak Salmonidae familyası, *Oncorhynchus* cinsine ait olan gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) seçilmiştir (Şekil 3.3). Deneme-1'de kullanılan alabalıklar Aydemir Alabalık Üretim Tesisi'nden (Eğirdir/Isparta), Deneme-2'de ise Akpınar Alabalık Su Ürünleri (Fethiye/Muğla) tesisinden temin edilmiştir.



Şekil 3.1. Deneme düzeni (Orijinal)



Şekil 3.2. Denemede kullanılan tank (Orijinal)



Şekil 3.3. Denemede kullanılan gökkuşağı alabalığı (Orijinal)

### 3.1.6. Deneme yemlerinde kullanılan hammaddeler

Deneme yemlerinde kullanılan protein kaynaklarından balık unu (Hamsi balığı; Karadeniz) ve soya küspesi Skretting Yem Üretim Tic. A.Ş. (Milas/Muğla) firmasından, mısırdan elde edilmiş kurutulmuş damıtma kalıntıları ve çözünür maddeleri unu (DDGS) (Şekil 3.4) ise Tarımsal Kimya Teknolojileri San. ve Tic. A.Ş. (Mustafakemalpaşa/Bursa) firmasından temin edilmiştir. Deneme yemleri yapımında kullanılan protein kaynakları uygun partikül büyüklüğüne getirmek amacıyla değirmenden (Şimşek Labortechnik Sağ. ve Lab. Cih. San. Tic. Ltd. Şti. Yenimahalle/Ankara) geçirildikten sonra 595 µm göz açıklığına sahip elekten elenip yem yapımına hazır hale getirilmiştir. Deneme yeminin yapımında kullanılan protein kaynaklarının besin madde analiz sonuçları Çizelge 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.4. Deneme yemlerinde kullanılan kurutulmuş damıtma kalıntıları ve çözünür maddeleri (DDGS) (Orijinal)

Çizelge 3.1. Deneme yemlerinin yapımında kullanılan protein kaynaklarının kimyasal ve amino asit kompozisyonu

Parametre	Hammaddeler (% , yağ ağırlık)		
	Balık unu	Soya küspesi	DDGS
Kimyasal kompozisyon <sup>1</sup>			
Kuru madde	91,57±0,22	87,04±0,38	89,60±0,13
Ham protein	69,81±0,48	47,16±0,27	25,45±0,19
Ham yağ	10,39±0,41	1,74±0,29	12,24±0,53
Ham kül	10,78±0,27	5,74±0,13	4,52±0,10
Ham selüloz	0,48±0,12	4,07±0,09	6,97±0,26
Amino asit kompozisyon <sup>2</sup>			
EAA			
Arjinin	4,12±0,01	2,56±0,04	1,63±0,04
Histidin	2,85±0,00	1,49±0,06	0,74±0,05
İzolösin	3,13±0,04	1,98±0,03	0,75±0,02
Lösin	5,86±0,07	3,55±0,06	2,68±0,06
Lizin	8,03±0,10	2,75±0,04	1,27±0,04
Metiyonin	2,62±0,03	0,55±0,01	0,58±0,01
Fenilalanin	3,20±0,04	2,43±0,03	1,16±0,03
Treonin	5,92±0,07	2,87±0,04	1,10±0,02
Valin	3,00±0,03	1,68±0,03	1,09±0,03
Toplam EAA	35,73±0,39	17,94±0,35	10,79±0,29
EOAA			
Alanin	2,97±0,02	0,93±0,02	0,91±0,01
Aspartik asit	4,24±0,00	6,43±0,12	2,54±0,00
Glisin	4,26±0,05	1,92±0,04	1,06±0,03
Glutamik asit	6,73±0,00	7,49±0,13	4,88±0,00
Prolin	3,33±0,04	3,11±0,05	2,15±0,11
Serin	4,05±0,00	2,99±0,05	1,42±0,05
Tirozin	2,93±0,03	1,67±0,03	1,01±0,03
Toplam EOAA	28,50±0,21	24,55±0,44	13,96±0,30
Toplam Amino Asit	64,23±0,60	42,49±0,79	24,74±0,58

<sup>1</sup>Kimyasal analiz değerleri üç analizin ortalamalarıdır

<sup>2</sup>Amino asit değerleri iki analizin ortalamalarıdır. EAA: Esansiyel Amino Asitler, EOAA: Esansiyel Olmayan Amino Asitler

### 3.1.7. Yem materyali

Deneme-1 ve Deneme-2’de balıkların beslemesinde kullanılan yemler, NRC (2011)’de belirtildiği gibi alabalıkların besin madde ihtiyaçlarına göre hazırlanmıştır.

Çalışmada iki farklı besleme denemesi planlanmış olup birinci denemedeki (Deneme-1) balıklara verilecek Deneme-1 yemlerinde, balık unu yerine DDGS kullanımının balıklar üzerine etkisi araştırılmıştır. Deneme-1 yemlerinin hazırlanmasında Kaushik vd (1995)’nin kullandığı ham protein %45,47 ve sindirilebilir enerji değeri 4164 kcal/kg olan yem referans alınarak Kontrol yemi hazırlanmıştır. Kontrol yeminde protein kaynağı olarak sadece balık unu (yemde %65 oranında) kullanılmıştır. Diğer deneme yemleri ise Kontrol yemi baz alınarak balık unu yerine DDGS yemde %10, %20 ve %30 oranında kullanılarak protein (ham protein %45,47) ve enerji (sindirilebilir enerji 4164 kcal/kg) değerleri eşit olacak şekilde kontrol yemi dahil dört farklı yem (sırasıyla Kontrol, DDGS10, DDGS20 ve DDGS30) hazırlanmıştır (Çizelge 3.2).

İkinci denemedeki (Deneme-2) balıklara verilecek Deneme-2 yemlerinde ise, soya küspesi yerine değişik oranlarda DDGS kullanımının balıklar üzerine etkisi araştırılmıştır. Deneme-2’de, Deneme-1’de olduğu gibi Kaushik vd (1995)’in kullandığı yem referans baz alınarak (protein %45,47 ve sindirilebilir enerji 4164 kcal/kg) Kontrol-1 yemi hazırlanmıştır. Kontrol-1 yeminde protein kaynağı olarak sadece balık unu (yemde %65 oranında) kullanılmıştır. Kontrol-1’deki balık ununa (balık unu yemde %54,11 oranında) ilaveten Kontrol-2’de soya küspesi (yemde %16,17 oranında) kullanılarak ikinci bir kontrol yemi hazırlanmıştır. Diğer üç deneme yeminde ise Kontrol-2 yeminde kullanılan soya küspesinin %33’ü, %66’sı ve %100’ü yerine DDGS kullanılarak protein (ham protein %45,47) ve enerji (sindirilebilir enerji 4164 kcal/kg) değerleri eşit toplamda beş farklı Deneme-2 yemi (Kontrol-1, Kontrol-2, DDGS33, DDGS66 ve DDGS100) formüle edilmiştir (Çizelge 3.4).



Çizelge 3.2. Deneme-1 yemlerinin formülasyonu ve kimyasal kompozisyonu

	Deneme-1 yemleri			
	DDGS0 (Kontrol)	DDGS10	DDGS20	DDGS30
<b>Yem içerikleri (%)</b>				
Balık unu	65,00	61,38	57,77	54,16
DDGS <sup>1</sup>	0,00	10,00	20,00	30,00
Mısır nişastası	25,50	19,57	13,63	7,67
Balık yağı	6,00	5,55	5,10	4,67
Vitamin karması <sup>2</sup>	1,00	1,00	1,00	1,00
Mineral karması <sup>3</sup>	1,00	1,00	1,00	1,00
CMC <sup>4</sup>	1,00	1,00	1,00	1,00
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>5</sup>	0,50	0,50	0,50	0,50
<b>Kimyasal kompozisyon<sup>6</sup></b>				
Kuru madde (%)	89,24±0,53	89,14±0,45	88,84±0,39	88,54±0,48
Ham protein (%)	43,79±0,34	43,32±0,28	43,44±0,41	43,87±0,30
Ham yağ (%)	12,18±0,32	12,48±0,29	12,96±0,33	13,24±0,38
Ham kül (%)	9,34±0,14	9,32±0,22	9,41±0,17	9,34±0,16
Ham selüloz (%)	1,24±0,11	1,78±0,14	2,36±0,20	2,98±0,17
NÖM <sup>7</sup> (%)	22,69±0,34	22,25±0,27	20,67±0,31	19,12±0,25
SE <sup>8</sup> (kcal/kg)	4035	4023	4018	4010

<sup>1</sup> DDGS: Kurutulmuş damıtma kalıntıları ve çözüdür maddeleri

<sup>2</sup> Vitamin karması: Her kg karmada min.: Vit-A: 16 000 000 IU, Vit-D<sub>3</sub>: 1 600 000 UI, Vit-E: 170 000 mg, Vit-K<sub>3</sub>: 10 800 mg, Vit-B1: 16 000 mg, Vit-B<sub>2</sub>: 25 500 mg, Vit-B<sub>6</sub>: 17 000 mg, Vit-B<sub>12</sub>: 43 mg, Vit-C: 170 000 mg, Niasin: 170 000 mg, Folik asit: 5 100 mg, D-Pantotenik asit: 42 500 mg, Biotin: 425 mg, İnositol: 255 000 mg içermektedir

<sup>3</sup> Mineral karması: Her kg karmada min.: Mangan 42 500 mg, demir 42 500 mg çinko 42 500 mg, bakır 8 500 mg, kobalt 128 mg, iyot 680 mg ve selenyum 128 mg içermektedir

<sup>4</sup> Karboksi-metil selüloz

<sup>5</sup> Krom oksit

<sup>6</sup> Kimyasal kompozisyon değerleri 3 analizin ortalamasıdır (±SD), (Yaş ağırlık üzerinden)

<sup>7</sup> Nitrojensiz öz madde= %Kuru madde - (%ham protein + %ham yağ + %ham kül + %ham selüloz)

<sup>8</sup> Sindirilebilir enerji: NRC (1993)'e göre protein için 4,9 kcal g<sup>-1</sup>, yağ için 9,01 kcal g<sup>-1</sup> ve karbonhidrat için 3,49 kcal g<sup>-1</sup> kullanılarak hesaplama yapılmıştır.

Çizelge 3.3. Deneme-1 yemlerinin amino asit kompozisyonu

Amino asitler <sup>1</sup>	Gereksinim <sup>2</sup>	Deneme-1 yemleri			
		DDGS0 (Kontrol)	DDGS10	DDGS20	DDGS30
<b>EAA</b>					
Arjinin	1,50	2,05	2,19	2,20	2,38
Histidin	0,70	1,25	1,15	0,91	0,83
İzolösin	0,90	1,86	1,63	1,55	1,35
Lösin	1,40	2,36	2,45	2,49	2,56
Lizin	1,80	5,13	4,19	3,76	3,07
Metiyonin	1,00	1,29	1,20	1,14	1,08
Fenilalanin	1,80	1,95	1,93	1,90	1,89
Treonin	0,80	2,38	1,90	1,76	1,67
Valin	1,20	1,78	1,67	1,62	1,50
Toplam EAA	11,10	20,05	18,31	17,33	16,23
<b>EOAA</b>					
Alanin		2,94	2,92	2,79	2,24
Aspartik asit		3,09	3,02	2,95	2,91
Glutamik asit		6,04	5,08	5,02	4,76
Glisin		2,33	1,91	1,87	1,74
Prolin		1,44	1,37	1,19	1,05
Serin		1,77	1,53	1,48	1,42
Tirozin		1,24	0,99	0,93	0,79
Toplam EOAA		18,85	16,82	16,23	14,91
Toplam Amino Asit		38,90	35,13	33,56	31,14

<sup>1</sup>Amino asit değerleri (% , yaş ağırlık) iki analizden ortalamalarıdır, EAA: Esansiyel Amino Asitler, EOAA: Esansiyel Olmayan Amino Asitler

<sup>2</sup>Gökkuşluğu alabalığı EAA gereksinimi (NRC 1993)

Çizelge 3.4. Deneme-2 yemlerin formülasyonu ve kimyasal kompozisyonu

	Deneme-2 yemleri				
	Kontrol-1	Kontrol-2	DDGS33	DDGS66	DDGS100
Yem içerikleri (%)					
Balık unu	65,00	54,11	54,11	54,11	54,16
DDGS <sup>1</sup>	0,00	0,00	10,00	20,00	30,00
Soya küspesi	0,00	16,17	10,80	5,43	0,00
Mısır nişastası	25,50	18,79	15,08	11,37	7,67
Balık yağı	6,00	7,43	6,51	5,59	4,67
Vitamin	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Mineral	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
CMC <sup>4</sup>	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>5</sup>	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Kimyasal kompozisyon <sup>6</sup>					
Kuru madde	89,24±0,53	88,96±0,34	89,23±0,58	88,98±0,23	88,54±0,48
Ham protein	43,79±0,34	43,64±0,20	43,81±0,18	43,52±0,17	43,87±0,30
Ham yağ	12,18±0,32	12,58±0,37	12,85±0,29	13,06±0,39	13,24±0,38
Ham kül	9,31±0,14	9,10±0,24	9,33±0,22	9,47±0,19	9,34±0,16
Ham selüloz	1,24±0,11	1,84±0,19	2,26±0,25	2,59±0,28	2,98±0,33
NÖM <sup>7</sup>	22,69±0,44	21,44±0,36	21,02±0,29	20,44±0,30	19,12±0,25
SE (kcal/kg) <sup>8</sup>	4035	4020	4038	4022	4010

<sup>1</sup>DDGS: Kurutulmuş damıtma kalıntıları ve çözümlü maddeleri

<sup>2</sup>Vitamin karması: Her kg karmada min. Vit-A: 16 000 000 IU, Vit-D<sub>3</sub>: 1 600 000 UI, Vit-E: 170 000 mg, Vit-K<sub>3</sub>: 10 800 mg, Vit-B<sub>1</sub>: 16 000 mg, Vit-B<sub>2</sub>: 25 500 mg, Vit-B<sub>6</sub>: 17 000 mg, Vit-B<sub>12</sub>: 43 mg, Vit-C: 170 000 mg, Niasin: 170 000 mg, Folik asit: 5 100 mg, D-Pantotenik asit: 42 500 mg, Biotin: 425 mg, İnositol: 255 000 mg içermektedir

<sup>3</sup>Mineral karması: Her kg karmada min. mangan 42 500 mg, demir 42 500 mg çinko 42 500 mg, bakır 8 500 mg, kobalt 128 mg, iyot 680 mg ve selenyum 128 mg içermektedir

<sup>4</sup>Karboksi-metil selüloz

<sup>5</sup>Krom oksit

<sup>6</sup>Kimyasal kompozisyon 3 analiz değerinin ortalamasıdır (±SD), (% , yaş ağırlık)

<sup>7</sup>Nitrojensiz öz madde= %Kuru madde - (%ham protein + %ham yağ + %ham kül + %ham selüloz)

<sup>8</sup>Sindirilebilir enerji: NRC (1993)'e göre protein için 4,9 kcal g<sup>-1</sup>, yağ için 9,01 kcal g<sup>-1</sup> ve karbonhidrat için 3,49 kcal g<sup>-1</sup> kullanılarak hesaplama yapılmıştır

Çizelge 3.5. Deneme-2 yemlerin amino asit kompozisyonu

Amino asitler <sup>1</sup>	Ger. <sup>2</sup>	Deneme-2 yemleri				
		Kontrol-1	Kontrol-2	DDGS33	DDGS66	DDGS100
<b>EAA</b>						
Arjinin	1,50	2,05	2,01	2,08	2,22	2,38
Histidin	0,70	1,25	0,94	0,90	0,88	0,83
İzolösin	0,90	1,86	1,75	1,63	1,58	1,35
Lösin	1,40	2,36	2,41	2,45	2,77	2,56
Lizin	1,80	5,13	3,77	3,45	3,28	3,07
Metiyonin	1,00	1,29	1,03	1,05	1,08	1,08
Fenilalanin	1,80	1,95	2,09	2,06	2,01	1,89
Treonin	0,80	2,38	2,21	1,91	1,85	1,67
Valin	1,20	1,78	1,33	1,39	1,41	1,50
Toplam EAA	11,10	20,05	17,54	16,92	17,08	16,33
<b>EOAA</b>						
Alanin		2,94	2,47	2,32	2,21	2,24
Aspartik A.		3,09	3,33	3,31	3,08	2,91
Glutamik A.		6,04	5,87	5,64	5,19	4,76
Glisin		2,33	2,31	1,83	1,72	1,74
Prolin		1,44	1,42	1,40	1,34	1,05
Serin		1,77	1,61	1,59	1,56	1,42
Tirozin		1,24	1,15	0,83	0,82	0,79
Toplam EOAA		18,85	18,16	16,92	15,92	14,91
Toplam AA		38,90	35,70	33,84	33,00	31,24

<sup>1</sup>Amino asit değerleri (%), yaş ağırlık) iki analizden ortalamalarıdır. A: Asit; AA: Amino asitler; EAA:

Esansiyel Amino Asitler; EOAA: Esansiyel Olmayan Amino Asitler

<sup>2</sup>Gökkuşluğu alabalığı EAA gereksinimi (NRC 1993)

### 3.1.8. Deneme yemlerinin hazırlanması

Deneme yemleri Art-Aqua Yem ve Katkı Maddeleri Tur. San. Tic. Ltd. Şti. (Tire, İzmir) tesisinde hazırlanmıştır. Deneme yemlerinde protein kaynağı olarak balık unu, soya küspesi ve DDGS kullanılmıştır. Karbonhidrat kaynağı olarak mısır nişastası (Sunar Mısır Entegre Tesisleri San. ve Tic. A.Ş. Seyhan/Adana); yağ kaynağı olarak Skretting Yem Üretim Tic. A.Ş. (Milas/Muğla) firmasından temin edilen balık yağı (Hamsi balığı, Karadeniz) kullanılmıştır. Karboksi-metil selüloz (CMC; Sigma-Aldrich) ise deneme yemlerinde %1 oranında bağlayıcı madde olarak kullanılmıştır. Yemlerin sindirilebilirliğinin tespiti için indikatör madde olarak yemin %0,5 oranında krom oksit (Sigma-Aldrich) ilave edilmiştir (Hardy ve Barrows 2002). Vitamin karışımı (Rovimix 107 Alabalık, DSM Besin Maddeleri Ltd. Şti. Heerlen, Hollanda) (Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.4) ve mineral karışımı (Remineral, DSM Besin Maddeleri Ltd. Şti.

Heerlen, Hollanda) (Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.4) %1 oranında yemlere katılmıştır. Yemlerin sindirilebilir enerji değerleri protein için 4,9 kcal g<sup>-1</sup>, yağ için 9,01 kcal g<sup>-1</sup> ve karbonhidrat için 3,49 kcal g<sup>-1</sup> kullanılarak hesaplanmıştır (Chiou ve Ogino 1975, NRC 1993).

Bilgisayar ortamında hesaplanan deneme yemi içerikleri, 0,5 g hassasiyetli (KERN DS 65K, Balingen/Almanya) ve 0,001 g hassasiyetli (Scaltec SPB 42, Scaltec Instruments, Göttingen/Almanya) dijital terazi ile tartıldıktan sonra homojen olacak şekilde karıştırıcıda (Jinan Eagle Machine DP-40, Jinan Eagle Food Machinery Co., Ltd., Şantung/Çin) karıştırılmıştır. Homojen hale gelen yem içerikleri, özellikleri Çizelge 3.2’de verilen çift vidalı soğutmalı ekstruder makinası (DP65-II Double Screw Inflating Food Machine, Jinan Eagle Machine Co., Ltd., Şantung/Çin) (Çizelge 3.6) yardımıyla 3 mm pelet haline getirilmiştir (Şekil 3.5). Ekstruder makinasından çıkan peletler otomatik olarak fırına (DP-DKX-II Multi-Layer Auto Oven, Jinan Dapeng Machine Co., Ltd., Şantung/Çin) yönlendirilmiştir. Fırın kabiniinde 86 °C’de 10 dakikada yem içerisindeki su miktarı %10’un altına düşürülmüştür. Fırında kurutulan yemler oda sıcaklığında 12 saat süreyle soğumaya bırakılmıştır. Hazırlanan deneme yemleri (Şekil 3.5) kullanılıncaya kadar hava geçirmez saklama kaplarına koyularak -20 °C’de derin dondurucuda muhafaza edilmiştir. Hazırlanan Deneme-1 yemlerinin kimyasal kompozisyonu Çizelge 3.2’de, amino asit kompozisyonu ise Çizelge 3.3’de verilmiştir. Deneme-2 yemlerinin kimyasal kompozisyonu ise Çizelge 3.4’te ve amino asit kompozisyonu ise Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.6. Deneme yeminin yapımında kullanılan ekstruder makinasının teknik özellikleri

Vida sayısı	2 (Çift vidalı)
Başlangıç bölüm sıcaklığı (°C)	36
Son bölüm sıcaklığı (°C)	80
Basınç (Atm)	22-25
Vidaların dönüş hızı (Rpm)	25-30
Bıçak hızı (hz)	30
Pelet çapı (mm)	3
Pelet boyu (mm)	4-5



Şekil 3.5. Hazırlanan deneme yeminin fiziksel görünüşü (Orijinal)

### 3.2. Metot

#### 3.2.1. Denemelerin planlanması, kurulması ve yürütülmesi

Balık unu yerine DDGS kullanılabilirliğinin araştırıldığı birinci deneme (Deneme-1), dört farklı grupta ve üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Adaptasyon işleminden sonra stok tanklarından rastgele seçilmiş ve yakın ağırlıkta olan 300 adet balığın ağırlıkları ve toplam boyları ölçüldükten sonra tesadüf parselleri deneme desenine göre deneme tanklarına yerleştirilmiştir. Toplam 12 adet deneme tankının kullanıldığı çalışmada her bir tanka 25'er adet balık (Ortalama balık ağırlığı:  $19,88 \pm 0,02$  g) olacak şekilde yerleştirilmiştir.

Soya küspesi yerine DDGS kullanılabilirliğinin araştırıldığı ikinci deneme (Deneme-2) beş farklı grup ve üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Adaptasyon sürecinin sona ermesinden sonra tesadüfi parselleri deneme planına göre 15 adet deneme tankından her bir tanka 25 adet balık (Ortalama balık ağırlığı:  $20,46 \pm 0,09$  g) yerleştirilmiştir.

#### 3.2.2. Balıkların yemlenmesi

Deneme balıkları adaptasyon işlemi için %45 ham protein, %18 ham yağ ve 4000 kcal/kg enerji içeren ticari 3 mm boyutunda alabalık yemi (blueaq, Abalıoğlu Yem-Soya ve Tekstil Sanayi A.Ş., Denizli) ile günde üç kez (saat 09.00, 13.00 ve 17.00) elle doyuncaya kadar on beş gün süreyle beslenmiştir. Daha sonra Kontrol yemi ile balıklar 7 gün beslenerek deneme yemine alıştırmıştır. Deneme başladıktan sonra balıklar deneme yemleri ile günde üç kez (saat 09.00, 13.00 ve 17.00) elle doyuncaya kadar 84 gün süreyle beslenmiştir (Davies vd 1990). Ölçüm ve tartım günleri balıklara yem verilmemiştir. Her dönem başında belirli miktarda tartılan yem her grup için ayrı ayrı kaplara konulmuştur. Deneme gruplarının yem tüketimleri üç haftalık sürelerle tespit edilmiştir. Her ölçüm periyodunda kalan yem tekrar tartılıp yem tüketimi hesaplanmıştır. Balıkların yemlenmesinden sonra bir süre beklenmiş, balıklar tekrar yemlenerek doyup doymadıkları kontrol edilmiş, yem alımı durduktan sonra yemlemeye son verilmiştir. Yemlemeden yarım saat sonra net yem tüketimini tespit etmek amacıyla tank tabanında yemmemiş yemler var ise, sifonlama yoluyla toplandıktan ve kurutulduktan sonra ağırlığı alınmıştır (Suárez vd 2014).

#### 3.2.3. Balık dışkısının toplanması

Kuru madde ve besin madde sindirilebilirliklerin tespiti için balık dışkısı sabah yemlemesinden önce tanklardan toplanmış ve  $-18$  °C'de analizi yapılmaya kadar hava geçirmez kapaklı kaplarda muhafaza edilmiştir. Akşam yemlemesinden sonra sistemdeki yem artıkları temizlenmiştir. Cho ve Kaushik (1990)'in bildirdiği şekilde gece boyunca tankın dip kısmına çöken dışkı sabah yemlemesinden önce tanklardan toplanmıştır. Besin ve krom oksitin su ortamında kalması nedeni ile toplanan dışkıda meydana gelebilecek kayıpların, sindirilebilirlik sonuçlarını önemli derecede etkilemediği, bu çalışmada uygulanan yöntem benzer olan Guelph yönteminde dışkının sistemde 16 saate kadar kalması sonuçları etkilemediği bildirilmektedir (Satoh vd 1992, Bureau ve Cho 1999).

### 3.2.4. Ölçümler ve denemede kullanılan ekipmanlar

Her iki denemede de balıkların canlı ağırlık tartımında 0,01 g hassasiyette dijital terazi (Precisa BJ 410C, Dietikon/İsviçre), total boy ölçümünde 1,0 mm ölçekli ölçüm tahtası kullanılmış ve ölçümler 21 günde bir gerçekleştirilmiştir. Ölçüm ve tartım işleminden önce balıklar anestezi etkisi olan karanfil yağı (Eugeneol; EMD Millipore Corporation, Billerica, Massachusetts/ABD) kullanılarak bayıltılmıştır. Bu amaçla karanfil yağı 15 °C'nin altındaki sıcaklıkta suda tamamen çözünmediği için etanol ile 1:10 oranında (Karanfil yağı:%95'lik etanol) karışım oluşturulmuştur (Cho ve Heath 2000, Pirhonen ve Schreck 2002, Yıldız vd 2013). Hazırlanan bu karışım 0,75 ml L<sup>-1</sup> oranında suya karıştırılarak balıklar bayıltılmış ve sonrasında tanklardaki tüm balıkların ölçüm-tartım işlemleri gerçekleştirilmiştir (Yıldız vd 2013). Tartımların yapıldığı günlerde balıklar yemlenmediğinden, ölçüm günleri deneme süresine dahil edilmemiştir.

Su kalite parametrelerine ait ölçümler saat 08.30 ile 09.30 arasında gerçekleştirilmiştir. Su sıcaklığı ve çözünmüş oksijen günlük, pH ölçümü hafta bir, nitrit, nitrat ve amonyak ölçümü ise üç hafta da bir, diğer parametreler ise deneme sürecinde bir kez ölçülmüştür. Deneme sırasında su sıcaklığı ve çözünmüş oksijen ölçümü WTW Oxi 330i multi oksijenmetre (WTW, Weilheim/Almanya); pH WTW pH 340i pHmetre (WTW, Weilheim/Almanya) kullanılarak deneme ortamında gerçekleştirilmiştir. Nitrit, nitrat, amonyak ve diğer su kalite parametreleri ise yeterli miktarda su örneği alınarak soğuk zincirde Antalya Su ve Atıksu İdaresi Genel Müdürlüğü Çevre Koruma ve Kontrol Laboratuvarı'na getirilerek aynı gün Dionex ICS 3000 iyon kromatografi cihazı kullanılarak analizler yapılmıştır. Su örnekleri, analizler sonuçlanıncaya kadar 4 °C'de muhafaza edilmiştir.

### 3.2.5. Büyüme parametrelerinin hesaplanması

#### 3.2.5.1. Canlı ağırlık artışı

Balıkların 21 günlük dönemlerde gerçekleşen canlı ağırlık artış (CAA) değerleri, dönem sonu canlı ağırlık ortalamaları ile dönem başı canlı ağırlık ortalamalarının farkları alınarak aşağıdaki formüle göre belirlenmiştir (Çetinkaya 1995, Salhi vd 2004).

$$CAA (g) = A_s - A_b$$

A<sub>s</sub>: Dönem sonu balıkların ortalama ağırlığı (g)

A<sub>b</sub>: Dönem başı balıkların ortalama ağırlığı (g)

#### 3.2.5.2. Yüzde canlı ağırlık artışı

Yüzde canlı ağırlık kazancı (YCAA) değeri ne kadar yüksek bulunursa, balıkların gelişmesi o kadar hızlı olduğu anlaşılmaktadır. Deneme sonu gruplara ait YCAA değerleri aşağıdaki formüle göre belirlenmiştir (Çetinkaya 1995, Hoşsu vd 2001)

$$YCAA (\%) = (A_s - A_b) / A_b \times 100$$

$A_s$  = Deneme sonu balıkların ortalama ağırlığı (g)

$A_b$  = Deneme başı balıkların ortalama ağırlığı (g)

### 3.2.5.3. Spesifik büyüme oranı

Spesifik büyüme oranı (SBO) günlük olarak balık ağırlığındaki % değişim oranı olarak da ifade edilmektedir. Bu oran aşağıdaki formülle belirlenmiştir (De Silva ve Anderson 1995, Çetinkaya 1995, Hoşsu vd 2001).

$$\text{SBO (\% gün}^{-1}\text{)} = [(\ln A_s - \ln A_b) / T] \times 100$$

$\ln A_s$  = Deneme sonu balıkların canlı ağırlık ortalamasının logaritması

$\ln A_b$  = Deneme başı balıkların canlı ağırlık ortalamasının logaritması

T = Deneme süresi (gün)

$\ln$  = e tabanına göre logaritmadır.

### 3.2.5.4. Termal büyüme katsayısı

Termal büyüme katsayısı (TBK) denemedeki su sıcaklığının da hesaba katılarak balıklardaki büyümenin tahmin edilmesinde kullanılmaktadır (Korkut vd 2007).

$\text{TBK (\% gün}^{-1}\text{)} = 1000 \times (A_s^{1/3} - A_b^{1/3}) / \sum (\text{Su sıcaklığı (}^\circ\text{C)} \times \text{Deneme gün sayısı})$  formülünden hesaplanmıştır (Cho 1992, Cho ve Bureau 1998).

$A_s$  = Deneme sonu ortalama balık ağırlığı (g)

$A_b$  = Deneme başı ortalama balık ağırlığı (g)

### 3.2.5.5. Kondisyon faktörü

Kondisyon faktörü balıklarda morfolojik yapının en iyi kontrol edildiği, yem, iklim ve diğer koşullara bağlı balıkların fizyolojik durumlarının belirlenmesinde sıklıkla başvurulan bir parametredir (Ighwela vd 2011). Deneme sonunda gruplara ait kondisyon faktörlerinin (KF) hesaplanmasında aşağıdaki formülden yararlanılmıştır (Çetinkaya 1995, Hoşsu vd 2001, Zhou vd 2005).

$$\text{KF (g/cm}^3\text{)} = \text{Balık ağırlığı (g)} / \text{Balık boyu (cm)}^3 \times 100$$



### 3.2.6. Yem değerlendirme parametreleri

#### 3.2.6.1. Yem değerlendirme oranı

Yem değerlendirme oranı (YDO), tüketilen toplam yem miktarı ile balıkların ağırlık kazanımının oransal ifadesidir. Deneme sonunda gruplara ait YDO değerleri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Hardy 1989, Webster vd 1992, Çetinkaya 1995, Hoşsu vd 2001).

$$YDO = YA / (A_s - A_b)$$

$A_b$  = Deneme başı balık ağırlığı (g)

$A_s$  = Deneme sonu balık ağırlığı (g)

YA = Tüketilen yem ağırlığı (g, kuru madde)

#### 3.2.6.2. Protein etkinlik oranı

Protein etkinlik oranı (PEO), deneme periyodunda kazanılan canlı ağırlığın yemle alınan ham proteine oranından hesaplanmıştır (Webster vd 1992, Çetinkaya 1995, De Silva ve Anderson 1998, Hoşsu vd 2001).

$$PEO = (A_s - A_b) / PA$$

$A_s$  = Deneme sonu balık ağırlığı (g)

$A_b$  = Deneme başı balık ağırlığı (g)

PA = Tüketilen toplam protein miktarı (g, kuru maddede)

#### 3.2.7. Hepatosomatik indeks

Karaciğerin vücut ağırlığına oranını vurgulamak için kullanılan hepatosomatik indeks değeri (HSİ), deneme sonunda akvaryumlardan rasgele seçilen beş balıktan aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Çetinkaya 1995, Zhou vd 2005).

$$HSİ (\%) = [\text{Karaciğer ağırlığı (g)} / \text{Balık ağırlığı (g)}] \times 100$$

#### 3.2.8. Visserosomatik indeks

Visserosomatik indeks (VSİ) değeri, balığın iç organ ağırlığının vücut ağırlığa oranının yüzdesi olarak hesaplanmıştır. Gruplardan rasgele seçilen beş balığın VSİ değerleri aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Çetinkaya 1995, Zhou vd 2005).

$$VSİ (\%) = [\text{İç organların ağırlığı (g)} / \text{Balık ağırlığı (g)}] \times 100$$

#### 3.2.9. Yaşama oranı

Yaşama oranı, deneme sonu gruplarda kalan balık sayısının başlangıçtaki balık sayısına oranından hesaplanmıştır. Balıkların yaşama oranı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır (Pechsiri ve Yakupitiyage 2005).

$$\text{Yaşama oranı (\%)} = (\text{Deneme sonu balık sayısı} / \text{Deneme başı balık sayısı}) \times 100$$

### 3.2.10. Ekonomik analizler

Balık unu ve soya küspesi yerine farklı oranlarda DDGS proteini kullanımının ekonomik analizi için ekonomik dönüşüm oranı (EDO) ve ekonomik karlılık indeksi (EKİ) formülleri kullanılmıştır. EDO ve EKİ değerleri Martí'nez-Llorens vd (2007)'nin kullandığı aşağıda verilen formüllerle hesaplanmıştır.

$$\text{EDO (\text{₺ kg}^{-1})} = \text{Tüketilen yem (kg)} \times \text{Yem maliyeti (\text{₺ kg}^{-1})} / \text{Ağırlık artışı (kg)}$$

$$\text{EKİ (\text{₺ balık}^{-1})} = [\text{Balıkların son ağırlığı (kg balık}^{-1}) \times \text{Balık satış fiyatı (\text{₺ kg}^{-1})}] - [\text{EDO (\text{₺ kg}^{-1})} \times \text{Ağırlık artışı (kg)}]$$

### 3.2.11. Kimyasal analizler

Hammaddelerin, deneme yemlerinin, balık dışkısının ve balık etinin kimyasal analizleri, Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'nda standart prosedür (AOAC 1995) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Besin madde sindirilebilirlik oranlarının tespiti için yemde ve dışkıda krom oksit analizi Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Her iki deneme sonunda da her tanktan histolojik analiz örnekleri için alınan 5'er balığın karkası, kimyasal analizler için -20 °C'de muhafaza edilmiştir. Deneme yemlerinin amino asit analizleri (türevlendirme, saflaştırma, ayırıştırma ve miktar belirleme) hidrolizasyon işlemi sonrasında EZ-Faast amino asit analiz kiti (Varian GC, CP-3800 GC, Varian Inc., CA, USA) kullanılarak özel bir laboratuvarında (GTS Test Laboratuvarları Şirketi, Güneşli, İstanbul) gerçekleştirilmiştir.

#### 3.2.11.1. Nem ve kuru madde analizleri

Nem analizi, örneğin başlangıç ağırlıklarının yüzdesi olarak belirtilmektedir. 1-3 g tartılmış örneklerin sabit ağırlığa gelene kadar etüvde 110 °C'de kurutulup, desikatörde sabit daraya getirildikten sonra tartılmasıyla tespit edilmiştir.

Nem ve kuru madde tayini için her grubu temsil eden örnekler, 0,0001 g hassasiyetli terazide 1-3 g tartılarak nem kaplarına aktarılmıştır. Örnekler, 105 °C'ye ayarlanmış etüvde (Elektro-mag M 5040 p) 24 saat kurutulduktan (örneklerin ağırlıkları değişmeye kadar) sonra desikatörde sabit ağırlığa gelene kadar bekletilir. Daha sonra desikatörden alınan örnekler tartılarak kuru maddesi, kaybolan nem miktarı üzerinden aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Lovell 1981).

$$\text{Nem (\%)} = [\text{Örnekteki ağırlık kaybı (g)}] / [\text{Alınan örnek miktarı (g)}] \times 100$$

$$\text{Kuru madde (\%)} = 100 - \text{Nem miktarı (\%)}$$

### 3.2.11.2. Ham protein analizi

Ham protein miktarı kjeldahl metoduna göre azot içeren örneğin belli bir miktarının sülfürik asit ile yakılarak içindeki tüm azotun  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 'a dönüştürülmesi, çözeltinin sodyum hidroksit ile bazikleştirilmesi ve açığa çıkan  $\text{NH}_3$ 'ü borik asit çözeltisi içerisinde toplandıktan sonra hidroklorik asitin titrasyon miktarının tespiti ile belirlenmiştir.

Yem, dışkı ve balık örneklerinin ham protein içeriğinin belirlenmesi amacıyla 1-3 g ağırlığındaki örnekler yakma tüplerine aktarılmıştır. Daha sonra, her tüp içerisine 4,5 g potasyum sülfat ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ), 0,5 g kükürt sülfat ( $\text{CuSO}_4$ ) ve 30 ml sülfürik asit ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) eklenmiştir. Yakma işlemi Gerhardt Kjeldatherm sindirim bloğunda gerçekleştirilmiştir. Sindirim tüpleri ilk önce  $150\text{ }^\circ\text{C}$ 'de 15 dakika,  $250\text{ }^\circ\text{C}$ 'de 30 dakika, ardından  $330\text{ }^\circ\text{C}$ 'de açık yeşil renk oluşana kadar yakılmıştır. Örnekler, yağ oksidasyonu sonucu oluşan  $\text{NH}_3$ 'ün NaOH kullanılarak serbest hale getirildikten sonra borik asit içinde tutulması için, Gerhardt Vapodest 3S distilasyon ünitesinde distile edilmiştir. Distile işleminden sonra  $\text{NH}_3$  tarafından nötrleştirilemeyen ayarlı asit çözeltisindeki toplam azotun hesaplanması için örnekler 0,1 molluk hidroklorik asit (HCl) ile otomatik titratörde (Schott Instruments TitroLine easy pH titrator) titrasyon işlemi yapılarak harcanan HCl miktarı kaydedilmiştir. Kuru örneklerdeki ham protein yüzdesi aşağıda verilen formüle göre hesaplanmıştır (Lovell 1981).

Ham protein (%) = Titrasyonda harcanan asit (ml) x 6,25 x 0,7 / Örnek miktarı (g) x 100

6,25= Örneğin nitrojen ve protein içeriği arasındaki ilişkiyi belirleyen sabit kat sayıdır.

### 3.2.11.3. Ham yağ analizi

Ham yağ miktarının tespiti için 1-3 g örnek tartılıp yağ kartuşlarına alındıktan ve üstü %100 selülozlu pamuk ile kapandıktan sonra, soksalet cihazına yerleştirilmiştir. Damıtma hızı saniyede 5-6 damla olacak şekilde ayarlanarak eterle en az 4 saat ekstrakte edilmiştir. Daha sonra yağ kaplarının etüvde (Elektro-mag M 5040 p)  $70\text{ }^\circ\text{C}$ 'de 30 dakika kurutma ve ardından desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutma işleminden sonra ağırlıkları alınmış ve örneklerin ham yağ içeriği aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Bligh ve Dyer 1959).

Ham yağ (%) = [Yağ toplanmış kabın ağırlığı (g) - Boş kap ağırlığı (g)] / Örnek ağırlığı (g) x 100

### 3.2.11.4. Ham kül analizi

Ham kül miktarı, toplam inorganik maddeye göre, örneğin  $550\text{ }^\circ\text{C}$ 'de yakılması ile belirlenmektedir. Kül porselen kaplarına 2 gram kuru örnek tartılıp kül fırınına konduktan sonra  $550\text{ }^\circ\text{C}$ 'de 5 saat yakılmıştır. Daha sonra desikatöre alınıp oda sıcaklığına kadar soğutulup tartılmıştır. Porselen kapların ağırlık değişimine dayanarak örneğin % ham kül içeriği aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Lovell 1981).

Ham kül (%) = [Porselen kaptaki ağırlık değişimi (g) / Örnek ağırlığı (g)] x 100

### 3.2.11.5. Ham selüloz analizi

Ham selüloz, önemli miktarda selüloz ile pentozanlar, lignin ve kitinden oluşur ki, bunlar yemlerin sulu asit ve sulu alkalide kaynatılıp süzöldükten ve aseton ile yıkandıktan sonra, kül hariç kalan kısmını oluşturmaktadır (Akyıldız 1984).

Bir gram yağı alınmış örnek (ÖA), cam krozeye konup cihaza (Fibertec system 1020 hot Extractor) yerleştirilmiştir. Örnekler 10 ml aseton ile yıkandıktan sonra 150 ml %1,25'lik sülfirik asit solüsyonu ve 10 damla oktanol (köpürmeyi engelleyici) eklenmiştir. Örnek 15 dakika kaynadıktan sonra cihaz durduruldu ve cihazdaki asit vakum yapılarak dışarı atıldıktan sonra kaynamış saf suyla örnekler yıkandı. Daha sonra 150 ml %1,25'lik sodyum hidroksit solüsyonu ve 10 damla oktanol ilave edilmiştir. 15 dakika kaynama işleminden sonra cihaz durdurulup hidroksit solüsyonu vakum yapıldı ve sıcak saf su ile örnekler yıkanmıştır. Su tamamen vakum yapıldıktan sonra, örneğin bulunduğu cam kroze cihazdan alınıp 110 °C sıcaklıktaki etüvde kurutulmuştur. Örnekler, desikatörde soğutulduktan sonra tartılıp (SA) kül fırınında 550 °C'de üç saat yakılmış ve desikatörde soğuma işleminden sonra tekrar tartılmıştır (KA). Örneğin ham selülozunu bulmak için aşağıdaki formülden yararlanılmıştır.

$$\text{Ham selüloz (\%)} = [ (SA - KA) \times 100 ] / \text{ÖA}$$

SA = Etüvde kurutma sonrasındaki kap ağırlığı (g)

KA = Kül fırınında yakıldıktan sonraki kap ağırlığı (g)

ÖA = Örnek ağırlığı (g)

### 3.2.11.6. Nitrojensiz öz maddeler

Nitrojensiz öz maddeler, yem içerisindeki nişasta ve şeker gibi kolay çözünebilen karbonhidratları içermektedir. Deneme yemlerinin nitrojensiz öz madde miktarları aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Morales vd 1994).

$$\text{Nitrojensiz öz madde (\%)} = \% \text{Kuru madde} - (\% \text{Protein} + \% \text{Yağ} + \% \text{Kül} + \% \text{Selüloz})$$

### 3.2.11.7. Deneme yemlerinin enerji içeriklerinin belirlenmesi

Deneme yemlerin sindirilebilir enerji içerikleri yemlerin kimyasal kompozisyonundan yararlanılarak hesaplanmıştır. Kuru madde üzerinden protein, yağ ve karbonhidrat içerikleri belirlendikten sonra elde edilen değerlerin her biri NRC (1993) tarafından belirtilen protein için 4,9 kcal g<sup>-1</sup>, yağ için 9,01 kcal g<sup>-1</sup> ve karbonhidrat için 3,49 kcal g<sup>-1</sup> olarak belirtilen değerler üzerinden hesaplanmıştır.

### 3.2.11.8. Krom oksit analizi

Yemdeki ve dışkıdaki krom oksit miktarı, Furukawa ve Tsukahara'nın (1966) yöntemine göre belirlenmiştir. Sindirilme işlemi iki aşamada gerçekleştirilmiştir; birinci aşama, numunedeki krom oksit Na-Molibdat-Sülfirik asit karışımı ile kromun kromata oksidasyonu ile sağlanmıştır. İkinci aşamada ise numunelerin soğuması sonrasında %32 lik sodyum hidroksit çözeltisi (NaOH) ilave edilerek ortamın alkalileşmesi sağlanmış ve kromat monokromat haline dönüştürülmüştür. Çözeltinin absorbansı fotometrik olarak 370 nm'de köre karşı okunup, kalibrasyon eğrisinden yararlanarak krom oksit miktarı hesaplanmıştır.

Bunun için, yemde 200 mg, dışkıda ise 100 mg ince öğütülmüş numune külsüz filtre kağıdı (Whatman No:1) üzerinde tartılarak 100 ml'lik kjeldahl balonuna koyulmuştur. Balona 5 ml oksidasyon çözeltisi ilave edildikten sonra siyah renk oluşuncaya kadar yaklaşık 30 dk dinlenmeye bırakılmıştır. Daha sonra ısıtıcıya konan balon 5 dk kaynatılmıştır. Oksidasyon sonu kromat oluşumu 5 dakika içinde yeşil rengin portakal-kırmızı renge dönüşümü ile anlaşılmıştır. Berraklaşan ve soğuyan çözeltiliye 2 ml %70'lik perklorik asit ilave edilip 2-5 dakika kaynatıldı ve sonrasında tekrar soğumaya bırakılmıştır. Soğuyan balona 25 ml %32'lik NaOH ilave edilmiştir ve üzeri 0,1 N NaOH ile 100 ml'e tamamlanmıştır. Santrifüj tüpüne 10 ml çözelti alınarak dakikada 3500 devir ayarlanmış santrifujde 10 dakika süreyle santrifüj edilip üstteki berrak kısım spektrofotometrede (Thermo Scientific, Waltham, MA, USA) 370 nm'de köre karşı okutulmuştur (Anonim 1993).

$$\text{Kromoksit (g kg}^{-1}\text{)} = \text{KM} \times \text{F} \times 1000 / \text{ÖA}$$

KM = Absorbans değerinden ve kalibrasyon eğrisinden bulunan kromoksit miktarı (mg)

F = Seyreltme faktörü

ÖA = Örnek ağırlığı (mg)

### 3.2.12. Deneme yemlerinin sindirilebilirlik oranlarının hesaplanması

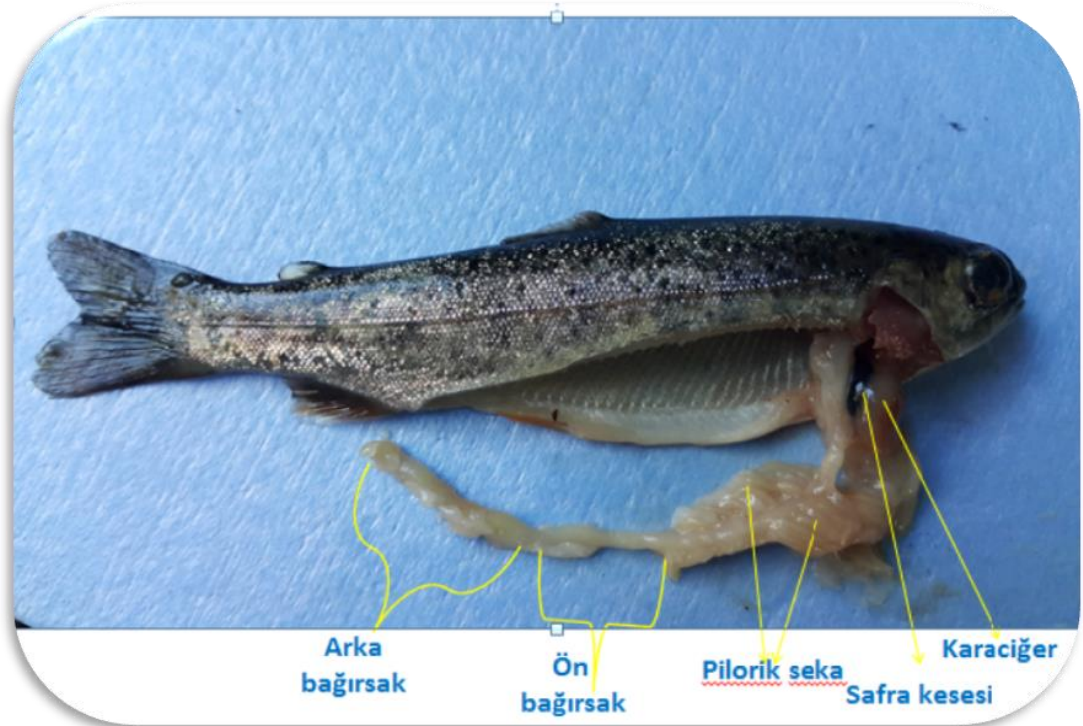
Yemdeki kuru madde, besin madde (ham protein ve ham yağ) ve enerji sindirilebilirlik oranlarının belirlenebilmesi için, yem ve dışkıdaki besin madde, enerji ve krom oksit oranları 3.2.11'de belirtildiği şekilde tespit edilmiştir. Deneme yemlerinin kuru madde sindirilebilirlik oranları (KMSO) (Maynard ve Loosli 1969, Windell vd 1978, Hernandez vd 2015), besin madde (BMSO) ve enerji sindirilebilirlik oranları (ESO) (Maynard ve Loosli 1969, Maynard vd 1979, Hernandez vd 2015, Ribeiro vd 2015) aşağıda verilen formüllerle hesaplanmıştır (De Silva ve Anderson 1998, Lovell 1998, Øverland vd 2013, Hernandez vd 2015).

$$\text{KMSO (\%)} = 100 - 100 \times (\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ yemde} / \% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ dışkıda})$$

$$\text{BMSO ya da ESO (\%)} = 100 - [100 \times (\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ yemde} / \% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ dışkıda}) \times (\% \text{dışkıdaki besin ya da enerji} / \% \text{yemdeki besin ya da enerji})]$$

### 3.2.13. Histolojik ve histomorfometrik analizler

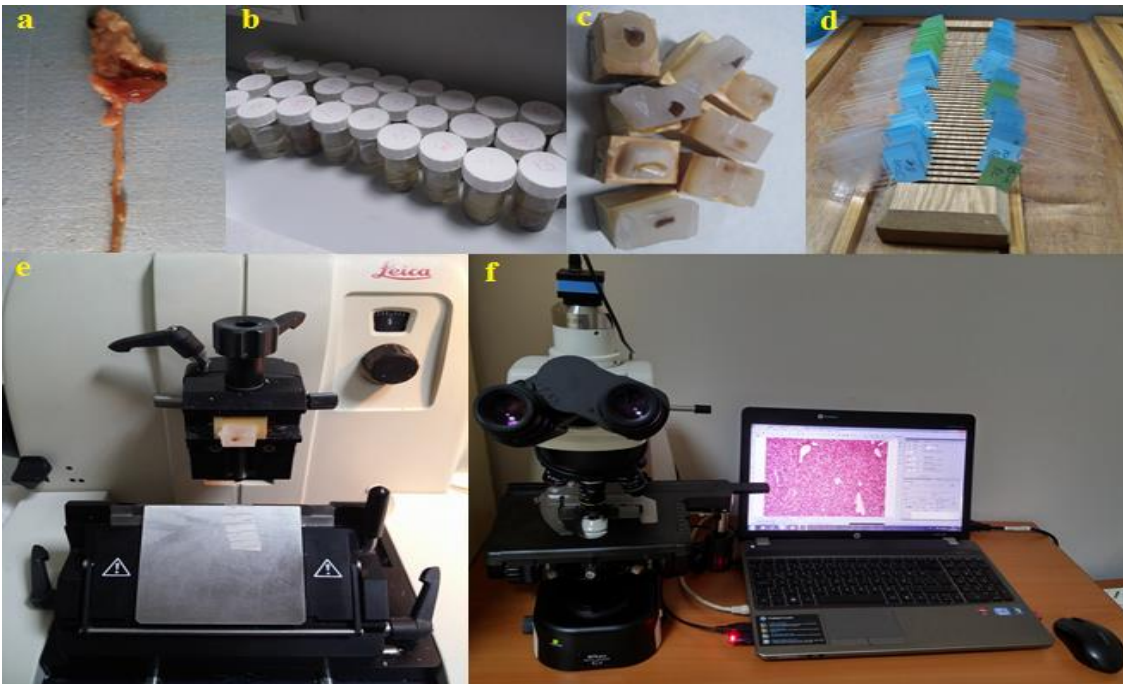
Doku örnekleri her tanktan 3 adet balık, toplamda her deneme grubu için 9 balık histolojik inceleme amacıyla alınmıştır. Deneme sonunda Şekil 3.6'da gösterildiği gibi balıklardan alınan karaciğer ve yaklaşık olarak 1 cm uzunluğundaki arka bağırsak dokuları tamponlanmış nötralize %10'luk formalin çözeltisi (pH: 6,9) içeren saklama kaplarına koyulmuştur. Daha sonra doku örnekleri, histolojik analizlerin yapılacağı Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Histoloji Laboratuvarı'na getirilmiştir. Burada doku örnekleri tamponlanmış nötralize %10'luk formalin çözeltisi ile 18-24 saat süreyle bekletilerek oda sıcaklığında tespit edilmiştir. Fiksasyon süreci tamamlanan dokular daha sonra alkol serilerinden (%50, %60, %70, %80, %90, %95, %100, %100 alkol) geçirilerek dehidre edilen doku örnekleri ksilende şeffaflaştırılarak parafine gömülmüştür. Parafine gömülen doku örnekleri rotary mikrotom (Leica RM2135, Leica Microsystems Nussloch GmbH, Nussloch, Almanya) yardımıyla 5 µm kalınlığında alınan kesitler lam yüzeyine aktarılmıştır. Hematoksilen (Weigert's iron hematoxylin kit, Merck Millipore Corparariton, Darmstadt, Germany) ve eosin (Eosin Y-solution %0,5 aqueous, Merck Millipore Corparariton, Darmstadt, Germany) boyama yöntemi (Luna 1968) ile Çizelge 3.7'de belirtildiği şekilde boyanan doku kesitleri entellan ve lamel yardımıyla kapatılarak ışık mikroskopunda değerlendirilmek üzere hazır hale getirilmiştir (Şekil 3.7). Histomorfometrik ölçümlerden villus kalınlığı, villus yüksekliği, villus alanı, lamina propria genişliği Şekil 3.8'de gösterildiği gibi yapılmıştır. Submukoza tabaka kalınlığı, stratum kompaktum kalınlığı ve musküler tabaka kalınlığı ölçümleri ise Şekil 3.9'da gösterildiği gibi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.6. Gökkuşáğı alabalığının karaciğer ve arka bağırsak görünümü (Orijinal)

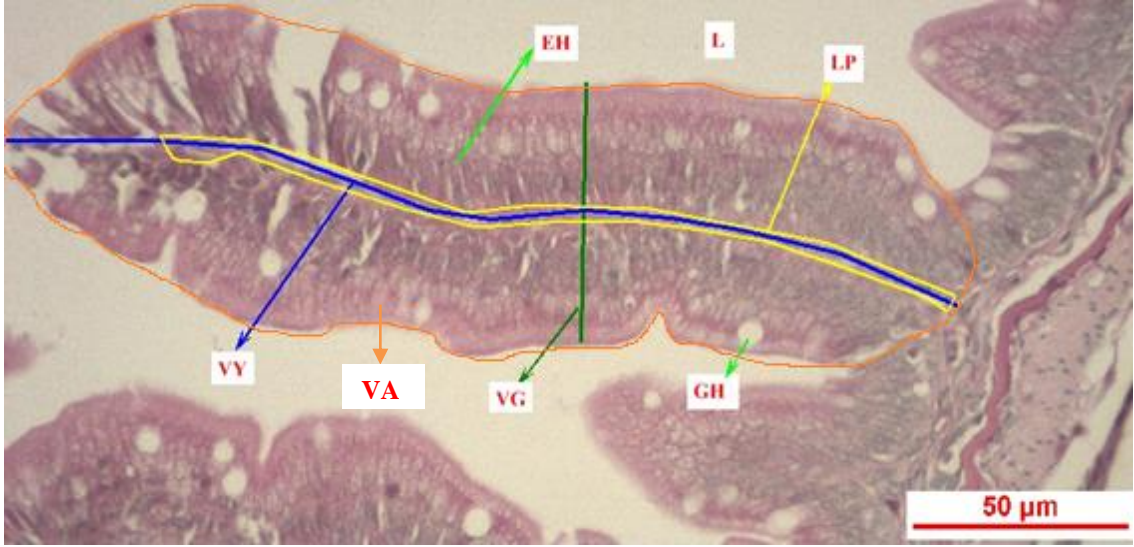
Çizelge 3.7. Histolojik kesitlerin hematoksilin ve eosin ile boyanması

Kesitlerin konulduğu ortam	Süre
Ksilol	30 dk
Ksilol	30 dk
Alkol (% 100)	2 dk
Alkol (% 100)	2 dk
Alkol (% 90)	2 dk
Alkol (% 70)	2 dk
Saf su	Batır-Çıkar
Hematoksilen	5 dk
Saf su	Batır-Çıkar
Asit-Alkol	Batır-Çıkar
Saf su	Batır-Çıkar
Eozin	2 dk
Saf su	Batır-Çıkar
Alkol (% 70)	30 sn
Alkol (% 90)	30 sn
Alkol (% 100)	30 sn
Alkol (% 100)	30 sn
Ksilol	5 dk
Ksilol	5 dk



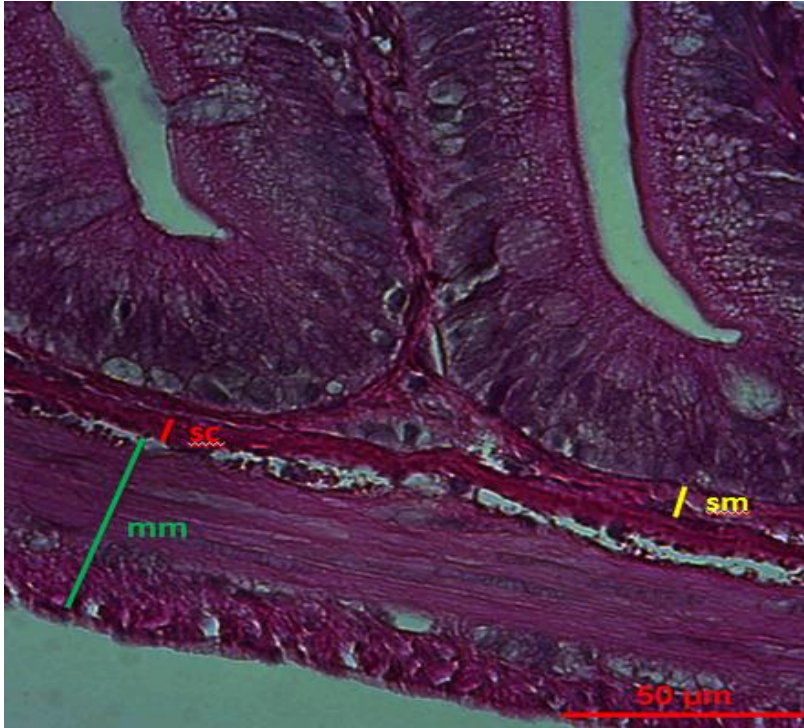
Şekil 3.7. Histolojik analiz basamakları (Orijinal)

a: Gökkuşluğu alabalığı karaciğer ve bağırsak dokusu, b: saklama kaplarında doku örnekleri, c: parafine gömülmüş doku örnekleri, d: kesit alma sonrası lama alınmış doku örnekleri, e: dokuların kesit alma işleminde kullanılan mikrotom, f: mikroskop ve görüntüleme sistemi



Şekil 3.8. Balıkların arka bağırsak villus alanında yapılan histomorfometrik ölçümler (Orijinal) (H&E, 20x)

VY: Villus yüksekliği (Mavi çizgi), VG: Villus genişliği (Yeşil çizgi), LP: Lamina propria (sarı çizgi), VA: (Turuncu çizgi): Villus alanı, L: Lümen, GH: Goblet hücresi, EH: Enterosit hücreleri



Şekil 3.9. Balıkların arka bağırsak duvarında yapılan histomorfometrik ölçümler (Orijinal) (H&E, 40x)

Yeşil çizgi (mm): tunika muskularis, kırmızıçizgi (sc): stratum kompaktum, sarı çizgi (sm): submukoza



### 3.2.13. İstatistiksel analizler

Denemelerden elde edilen verilerin istatistiki analizleri SPSS 22.0 istatistik paket programı kullanılarak yapılmıştır. Bütün verilere varyans homojenlik testleri uygulandıktan sonra varyans analizi (ANOVA) yapılmış ve grup ortalamaları arasındaki farklılıklar Duncan'ın çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir. Gruplar arasındaki farklılık %5 ( $P=0,05$ ) önem seviyesinde test edilmiştir (Duncan 1955). Sonuçlar ortalama  $\pm$  standart sapma (Ort.  $\pm$  Ss) şeklinde verilmiştir (Düzgüneş vd 1993, Sümbüloğlu ve Sümbüloğlu 2000).

Araştırmada yemde kullanılan DDGS oranı (bağımsız değişken) ile büyüme, yem değerlendirme ve ekonomik parametreler (bağımlı değişken) arasındaki en iyi uyumu sağlayan matematiksel modelin belirlenmesi amacıyla  $R^2$ 'si yüksek ve anlamlı olan model tercih edilmiştir (Aytekin ve Zülkadir 2013). Matematiksel modelin anlamlı olup olmadığını ise F testi yapılarak P değerinden yararlanılarak belirlenmiştir (Gujarati 2001). F testi sonucunda P değeri %0,5'den büyük olduğu durumlarda denklem anlamsız olduğu kabul edilmiş ve tez içeriğinde verilmemiştir.

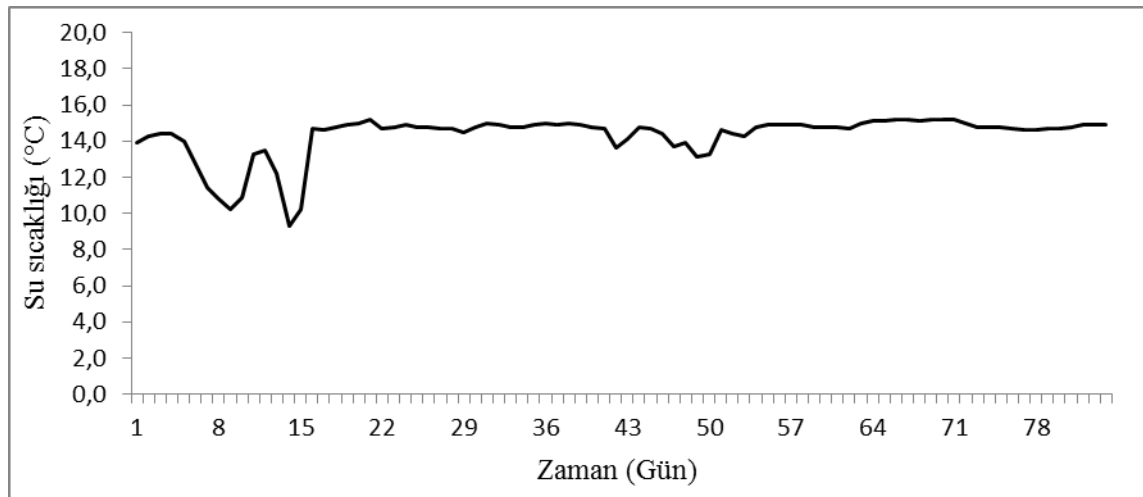
#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde araştırma sonucunda elde edilen bulgular verilmiştir. Araştırmada iki farklı besleme denemesi gerçekleştirildiği için bulgular bölümü deneme-1'e ait bulgular ve tartışma, Deneme-2'ye ait bulgular ve tartışma olarak iki ayrı bölümde değerlendirilmiştir. Deneme-1'e ait bulgular ve tartışmada yemde balık unu yerine farklı oranlarda kurutulmuş damıtma kalıntıları ve çözümlü maddeleri (DDGS) unu kullanılan yemlerle beslenen balıklara, Deneme-2'ye ait bulgular ve tartışmada ise yemde soya küspesi yerine farklı oranlarda DDGS unu kullanılan yemlerle beslenen balıklara ait veriler sunulmuştur. Her iki bölümde büyüme parametreleri, yem değerlendirme parametreleri, ekonomik analiz sonuçları, balık eti kimyasal kompozisyonu, deneme yemleri sindirilebilirlik sonuçları, karaciğer ve bağırsak histolojilerine ait veriler çizelgeler ve şekiller ile sunulmuş ve tartışması yapılmıştır.

##### 4.1. Deneme-1'e Ait Bulgular ve Tartışma

###### 4.1.1. Denemede kullanılan suyun fizikokimyasal özellikleri

Deneme-1'de kullanılan suyun fizikokimyasal parametreleri Çizelge 4.1'de, su sıcaklık grafiği ise Şekil 4.1'de verilmiştir. Deneme-1'in yürütüldüğü ocak-şubat-mart aylarında su sıcaklığı minimum 9,3 °C, maksimum 15,2 °C ölçülmüş olup ortalama sıcaklık değeri ise 14,3 °C olarak kaydedilmiştir. Çözünmüş oksijen konsantrasyonu en düşük 7,91 mg/lt, en yüksek 9,80 mg/lt olarak ölçülmüş olup ortalama 8,41 mg/lt'dir. PH, amonyum, nitrit, nitrat ve diğer su kalite parametrelerinin gökkuşağı alabalığı için literatürde verilen aralıklar arasında olduğu tespit edilmiştir (Molony 2001). Su sıcaklığı, denemenin başlarında 8. ve 14. gününde hava sıcaklığının hızlı bir şekilde azalması ile denemenin yapıldığı tesise gelen suyun sıcaklığında bir düşüş yaşanmış ve sonraki günler normal seviyelerde devam etmiştir (Şekil 4.8).



Şekil 4.1. Deneme-1 suyu sıcaklık değişimi

Çizelge 4.1. Deneme-1’de kullanılan suyun fizikokimyasal parametreleri

Parametreler	Min. - Mak.	Ort.
Sıcaklık (°C)	9,30-15,20	14,31
pH	7,09-7,41	7,19
Çözünmüş oksijen (mg/L)	7,91-9,80	8,41
Nitrit azotu (NO <sub>2</sub> -N, mg/L)	0,016-0,019	0,01
Nitrat azotu (NO <sub>3</sub> -N, mg/L)	2,252-2,341	1,87
Amonyum azotu (NH <sub>4</sub> -N, mg/L)	0,013-0,019	0,02
Toplam alkalinite (mg/L)	425,50	
Kalsiyum (mg/L)	140,81	
Magnezyum (mg/L)	27,49	
Florür (mg/L)	0,34	
Klorür (mg/L)	19,73	
Bromür (mg/L)	0,07	
Lityum (mg/L)	0,05	
Sodyum (mg/L)	21,46	
Potasyum (mg/L)	2,99	

Min: Minimum, Mak: Maksimum, Ort: Ortalama

#### 4.1.2. Büyüme parametreleri

##### 4.1.2.1. Ağırlık olarak büyüme

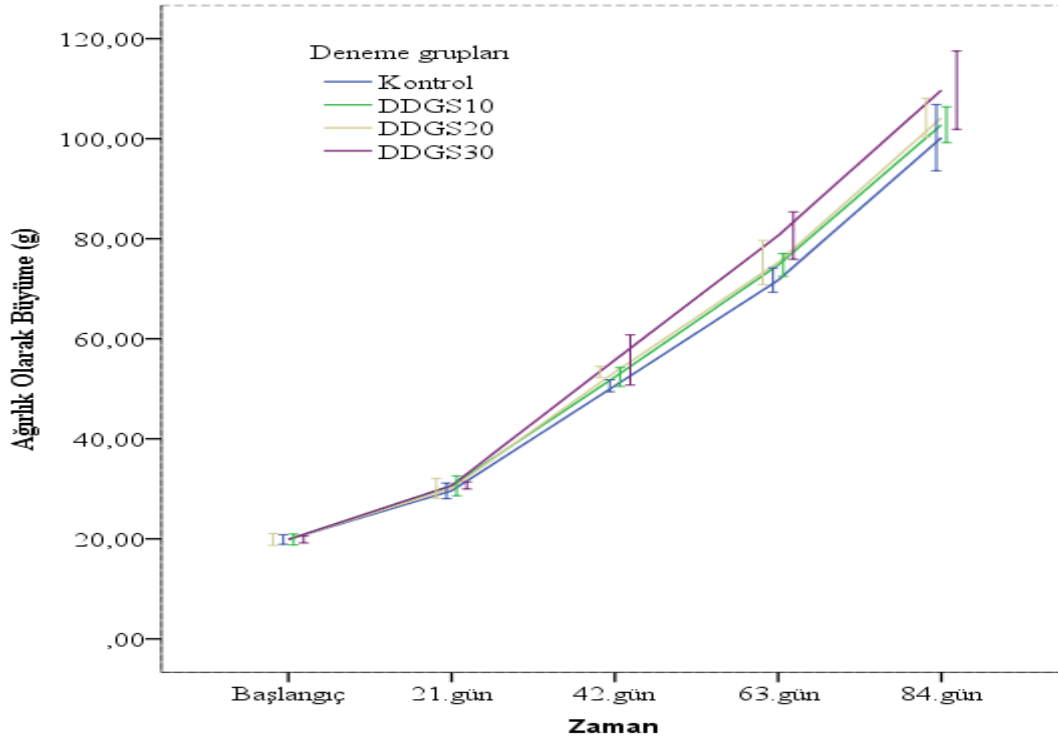
Balık unu yerine farklı oranlarda DDGS içeren Deneme-1 yemleri ile 84 gün süreyle beslenen gökkuşacağı alabalıklarının deneme başı ve 21 günlük dönemlere ait canlı ağırlık ortalamaları Çizelge 4.2 ve Şekil 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşacağı alabalıklarının dönemlere ait canlı ağırlık ortalamaları (g)

Dönemler	Deneme-1 grupları			
	Kontrol	DDGS10	DDGS20	DDGS30
Deneme başı	19,87±0,49	19,88±0,55	19,87±0,59	19,89±0,36
21.gün	29,60±0,78	30,61±0,98	30,11±0,99	30,67±0,36
42.gün	50,60±0,60 <sup>b</sup>	52,36±0,94 <sup>b</sup>	53,35±0,57 <sup>ab</sup>	55,77±2,51 <sup>a</sup>
63.gün	71,72±1,22 <sup>b</sup>	74,74±1,14 <sup>b</sup>	75,25±2,20 <sup>b</sup>	80,63±2,37 <sup>a</sup>
84.gün	100,21±3,32 <sup>b</sup>	102,79±1,79 <sup>b</sup>	104,18±1,95 <sup>b</sup>	109,70±3,91 <sup>a</sup>

Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05)

Yapılan tek yönlü varyans (Anova) analizi sonucunda Deneme-1 gruplarının deneme başı canlı ağırlık ortalamaları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemsiz (P>0,05) olduğu Çizelge 4.2’de görülmektedir. Denemenin 21. gününde yapılan canlı ağırlık ölçümleri sonucunda gruplar arasında görülen farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunurken (P>0,05), 42., 63. ve 84. (deneme sonu) günlerdeki canlı ağırlık ortalamaları arasındaki farklılıklar ise önemli bulunmuştur (P<0,05). Başlangıç canlı ağırlık ortalamaları 19,88±0,43 g olan Deneme-1 grubu balıklarda deneme sonu itibariyle en iyi canlı ağırlık olarak büyüme, DDGS’nin yemde %30 oranında kullanıldığı DDGS30 grubu balıklarda (109,70±3,91 g) görülmüştür (Çizelge 4.2 ve Şekil 4.2). Kontrol (DDGS0), DDGS10 ve DDGS20 grupları arasındaki canlı ağırlık olarak büyümeler ise benzer bulunmuştur.



Şekil 4.2. Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşaağı alabalıklarının dönemlere ait ağırlık olarak büyüme grafiği

Balık unu yerine farklı oranlarda DDGS içeren Deneme-1 yemleriyle 84 gün süreyle beslenen gökkuşaağı alabalıklarının deneme sonu büyüme parametreleri Çizelge 4.3’de verilmiştir.

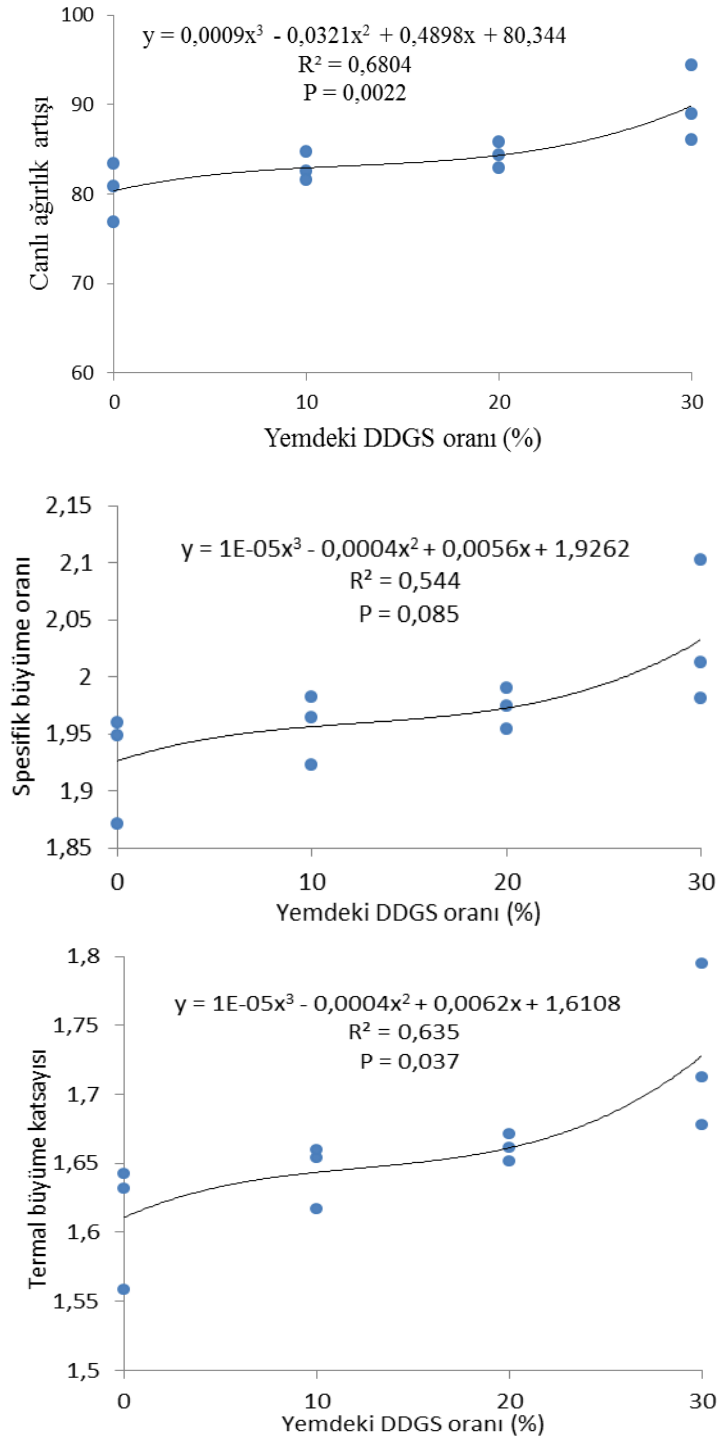
Çizelge 4.3. Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşaağı alabalıklarının deneme sonu büyüme parametreleri

Parametreler	Deneme-1 grupları			
	Kontrol	DDGS10	DDGS20	DDGS30
CAA (g balık <sup>-1</sup> )	80,34±3,32 <sup>b</sup>	82,91±1,64 <sup>b</sup>	84,31±1,42 <sup>b</sup>	89,81±4,25 <sup>a</sup>
YCAA (%)	404,56±20,15 <sup>b</sup>	417,30±13,27 <sup>ab</sup>	424,36±7,95 <sup>a</sup>	451,81±29,40 <sup>a</sup>
SBO (% gün <sup>-1</sup> )	1,93±0,04 <sup>b</sup>	1,95±0,03 <sup>ab</sup>	1,97±0,02 <sup>ab</sup>	2,03±0,06 <sup>a</sup>
TBK (% gün <sup>-1</sup> )	1,61±0,04 <sup>b</sup>	1,64±0,02 <sup>b</sup>	1,66±0,02 <sup>ab</sup>	1,73±0,06 <sup>a</sup>
KF	1,20±0,01	1,21±0,01	1,21±0,01	1,22±0,01

Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05)

CAA: Canlı ağırlık artışı, YCAA: Yüzde canlı ağırlık artışı, SBO: Spesifik büyüme oranı, TBK: Termal büyüme katsayısı, KF: Kondüsyon faktörü

Deneme-1 sonunda canlı ağırlık artışı (CAA), yüzde canlı ağırlık artışı (YCAA), spesifik büyüme oranı (SBO) ve termal büyüme katsayısı (TBK) değerlerine ilişkin gruplar arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığını belirlemek amacıyla tek yönlü varyans analizi (Anova) yapılmıştır.



Şekil 4.3. Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşuğu alabalıklarının deneme sonu yemdeki DDGS oranı ile büyüme parametreleri arasındaki ilişki

Analiz sonucunda CAA, YCAA, SBO ve TBK grup ortalamaları arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $P < 0,05$ ) (Çizelge 4.3). Kondüsyon faktörü değerlerinde ise grupların ortalamaları arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır ( $P > 0,05$ ). Gruplar arası CAA incelendiğinde en düşük ağırlık artışı Kontrol grubunda ( $80,34 \pm 3,32$  g), en yüksek ağırlık artışı ise DDGS30 grubunda ( $89,81 \pm 4,25$  g) görülmüştür. DDGS30 grubu balıklara ait CAA, YCAA, SBO ve TBK değerleri Kontrol grubuna göre istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur ( $P < 0,05$ ). YCAA, SBO ve TBK değerlerinde Kontrol grubu ile DDGS10 ve DDGS20 grupları arasında ise istatistiksel olarak önemli bir farklılık görülmemiştir ( $P > 0,05$ ). Aynı şekilde DDGS30 grubu ile DDGS10 ve DDGS20 grubu arasındaki YCAA ve SBO değerleri arasındaki farklılıkların da önemsiz olduğu bulunmuştur ( $P > 0,05$ ).

Yemde kullanılan DDGS protein kaynağının balıkların CAA üzerinde meydana getirdiği değişimi açıklama düzeyini gösteren  $R^2$  değeri 0,680 bulunmuştur. Bu oran modeldeki DDGS'nin CAA üzerinde meydana getirdiği değişimin yaklaşık %68'ni açıklamaktadır ( $R^2 = 0,680$ ;  $P = 0,022$ ) (Şekil 4.3). Modelde DDGS'nin SBO üzerinde meydana getirdiği değişimin yaklaşık %54'ünü ( $R^2 = 0,544$ ;  $P = 0,085$ ), TBK üzerinde meydana getirdiği değişimin ise yaklaşık %63'ünü ( $R^2 = 0,635$ ;  $P = 0,037$ ) açıklamaktadır (Şekil 4.3).

Yetiştiricilik sektöründe işletmelerin yem giderlerinin, toplam işletme giderlerinin yaklaşık olarak %80'nine kadar çıktığı bildirilmektedir (Cheng ve Hardy 2004a, Rola ve Hasan 2007, Rahman vd 2013). Balık yemlerinin yetiştiricilik işletmelerinde bu kadar yüksek gidere neden olmasının en önemli sebeplerinden birisi yemlerde yüksek oranlarda kullanılan balık unudur. Balık unu yüksek düzeyde protein içermesi, dengeli amino asit ve yağ asit kompozisyonuna sahip olması ve balıklar tarafından lezzetli bulunması nedeniyle balık yemlerinde yüksek miktarlarda kullanılan ve su ürünleri yem sektörü açısından önemli bir protein kaynağıdır (Hardy 1999, Zhou vd 2004, Hussain vd 2011). Küresel alanda ve ülkemizde yetiştiricilik üretim miktarının artışına bağlı olarak ihtiyaç duyulan balık unu miktarı da her geçen gün artmakta ve yem sanayii tarafından temin edilmesi güçleşmektedir. Balık ununun elde edildiği doğal balık stoklarının talep edilen ihtiyacı karşılayamadığı ve fiyatının her geçen gün arttığı yapılan çalışmalarda ifade edilmektedir (Coyle vd 2004, Tacon ve Metian 2008, Naylor vd 2009, Hardy 2010, Watson vd 2015). Yapılan bu çalışma, yemde kullanılan balık unu oranının azaltılması ve gökkuşuğu alabalığı yeminde kullanılacak alternatif protein kaynaklarının yem üreticilerine sunulması ile sektörün sürdürülebilir bir üretime katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Yapılan literatür taraması sonrasında Çizelge 4.3'de verilen gökkuşuğu alabalığı büyüme parametrelerine ait değerler Thiessen vd (2003a), Tusche vd (2011), Tusche vd (2012), Güroy vd (2013), Ouraji vd (2013), Jalili vd (2013), Lu vd (2015)'nin çalışmalarındaki bulgular ile benzer ya da daha iyi olduğu anlaşılmaktadır. Gerçekleştirilen 84 günlük besleme denemesi sonunda, DDGS içeren yemlerle beslenen grupların deneme sonu canlı ağırlık ortalamalarında Kontrol grubuna göre olumsuz bir sonuç olmadığı tespit edilmiştir. Deneme sonu CAA değerleri incelendiğinde en fazla CAA'nın, balık unu yerine yemde %30 oranında DDGS kullanılan grupta (DDGS30) olduğu görülmüştür. Bu grubu sırasıyla yemde %20 (DDGS20), %10 oranında DDGS içeren yemlerle beslenen grup (DDGS10) ve en az CAA'nın ise DDGS'nin yemde

kullanılmadığı Kontrol (DDGS0) grubunda görülmüştür. Bu çalışmanın sonuçları Cheng ve Hardy (2004a)'nin gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) yemine balık unu yerine DDGS kullanılabilirliğini araştırdığı çalışmanın bulguları ile benzerlik göstermektedir. Cheng ve Hardy (2004a) araştırmasında balıkların büyüme ve gelişmesinde azalma görülmeden yemde %15 oranında, balık unu yerine ise %50 oranında DDGS protein kaynağının kullanılabilirliğini, yeme lizin ve metiyonin ilavesi ile birlikte bu oranın %22,5 ve %75'e çıktığını bildirmişlerdir. Bu çalışma sonucunda DDGS30 yemi ile beslenen balıkların deneme sonu canlı ağırlık ortalamaları Kontrol grubundan yüksek bulunmuştur. Bu çalışmanın sonucunda DDGS30 grubu yemine %30 oranında DDGS kullanılması, balık unu proteininin %16,81 oranına karşılık gelmektedir. Bu çalışmada DDGS'nin yemde kullanım oranının, Cheng ve Hardy (2004a)'nin çalışmasında kullanılan orandan yüksek olduğu, balık unu değişim oranından ise düşük olduğu anlaşılmaktadır. Bu çalışma sonucundaki Kontrol grubunun CAA, SBO ve TBK değerlerinin diğer gruplardan düşük olması, Kontrol yemine %25,5 oranında bulunan ve diğer deneme yemlerinden yüksek olan mısır nişastasıyla ilişkilendirilebilir. Çünkü Krogdahl vd (2005), gökkuşuğu alabalıklarında sindirime yardımcı  $\alpha$ -amilaz seviyesinin karaciğerde 0 U/mg protein, bağırsakta 1,3 U/mg protein ve safrada çok düşük miktarda (0 U/L) olduğunu bildirmişlerdir. Gökkuşuğu alabalığı yemine nişasta oranının artmasının, midedeki amilaz aktivitesini azalttığını bildirmişlerdir. Kontrol grubu yem tüketiminin DDGS30 grubuna göre düşük çıkmasında CAA, SBO ve TBK değerlerinin azalmasına neden olmuş olabilir. Ayrıca Kontrol grubunda enerji sindirilebilirliğinin DDGS30 grubuna göre bir miktar düşük çıkması, ağırlık kazancının azalmasına neden olmuş olabilir. Bu çalışma sonucuna benzer olarak gökkuşuğu alabalığı yemine balık unu yerine DDGS yemde %20 oranında, balık unu proteini yerine ise %25 oranında CAA azalmadan kullanılabilirliği Barnes vd (2012c) tarafından bildirilmiştir. Gökkuşuğu alabalıklarında yüksek proteine sahip DDGS (HDDGS) ile yapılan çalışmada, Barnes vd (2012a) yemde balık unu yerine HDDGS %20 oranında, Prachom vd (2013) ise %15 oranında kullanılması sonrasında, CAA değerlerinde olumsuz bir sonuç alınmadığı, bir miktar deneme sonu ortalama canlı ağırlık değerlerinin Kontrole göre yüksek olduğu ancak bu farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı bildirilmiştir. Stone vd (2005) tarafından DDGS ve mısır glütenu balık unu yerine kullanılabilirliğinin araştırıldığı çalışmada, başlangıç balık ağırlığı 21 g olan gökkuşuğu alabalığı yavrularını 12 hafta süreyle beslemişlerdir. Sonuç olarak balık unu yerine %25 oranında mısır türevlerinin (DDGS yemde %10,0 oranında ve mısır glütenu yemde %8,4 oranında) değişiminin daha avantajlı olduğu, bu seviyenin üzerine çıkıldığında ise CAA değerlerinde azalma görüldüğü bildirilmiştir. Bu çalışmada en fazla CAA değerinin olduğu grup yemdeki DDGS oranı (DDGS yemde %30; balık unu proteininin ise %16,8 olduğu grup), Stone vd (2005)'in çalışmasındaki DDGS oranından (yemde DDGS %10) yüksek olduğu, balık unu değişim oranından (balık unu protein oranının %25'i) ise düşük olduğu tespit edilmiştir. Burada Kontrol yemine kullanılan balık unu ve diğer protein kaynaklarının yemdeki oranı, alternatif protein kaynaklarının yemdeki değişim oranının araştırıldığı çalışma sonuçlarını önemli derecede etkilediği Barnes vd (2012c) tarafından da bildirilmektedir. Yine Barnes vd (2012c), araştırmalarında balık unu değişim oranının çalışmalar arasında farklı bulunmasının sadece kontrol yemi içeriği ile ilgili olmadığını, yemlerin yapımında kullanılan üretim sisteminin de etkisinin büyük olduğunu bildirmişlerdir.



Yapılan bazı çalışmalarda bitkisel protein kaynaklarının fermantasyon işleminden geçirilmesi sonucunda antibesinsel maddelerin ve ham selülozun miktarında azalma olabileceği bildirilmiştir (Ng vd 2002, Ramachandran vd 2005, Lim ve Lee 2011, Slater vd 2011). Lim ve Lee (2011), prebiyotik organizmalardan *Aspergillus oryzae* ile fermantasyon işleminden geçirilen pamuk tohumu ununun antibesinsel madde içeriğinin azaldığını ve balıklar tarafından daha etkin bir şekilde kullanılabilirdiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde fermantasyon işleminden geçirilmiş soya küspesinin de besin madde kullanılabilirliğinin arttığı ve bu artışın fermantasyon işlemi nedeni ile antibesinsel maddelerdeki azalmadan kaynaklandığı Matsunari vd (2010) tarafından bildirilmiştir. Atlantik salmon balıklarında soya küspesinin *Lactobacillus brevis* ile fermantasyonu, balıkların arka bağırsak morfolojisi üzerinde soya küspesinin neden olduğu olumsuz etkinin oranını azalttığını, ancak büyüme parametreleri üzerine önemli bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir (Refstie vd 2005). Li vd (2010) ve Li vd (2011b), DDGS üretim esnasında kullanılan mayanın (*Saccharomyces cerevisiae*) ve fermantasyon işlemi nedeni ile DDGS içeren yemlerle beslenen balıkların büyümesinde pozitif etkisinin olduğunu bildirmişlerdir. Revecó ve Drew (2012), gökkuşuğu alabalıkları yeminde balık unu ve et-kemik unu yerine %30 oranında DDGS kullanmaları, balıkların büyüme performansında azalmaya neden olmadığını bildirmişlerdir. Coyle vd (2004), yavru hibrit tilapia (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*) balıklarında DDGS, soya küspesi ve et-kemik unu karışımını balık unu yerine kullanılabilirliği üzerine yaptıkları araştırma sonucunda balık unu kullanılmadan yemde %30 oranında DDGS kullanıldığında iyi bir büyüme değerinin elde edildiğini bildirmişler. Yukarıdaki çalışma sonuçlarından anlaşılacağı üzere DDGS kullanımının veya diğer bitkisel protein kaynaklarına uygulanan fermantasyon işleminin balıkların büyümesi üzerine olumlu etkisinin olduğu anlaşılmaktadır.

Yemde balık unu yerine diğer bitkisel protein kaynaklarının kullanımı sonrasında da olumlu sonuçların alındığı çalışmalar bulunmaktadır. Bullerwell vd (2016), ketencik tohumu ununun gökkuşuğu alabalığı yeminde balık unu yerine kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Bu çalışmanın sonucuna benzer olarak yemde %10 oranında ketencik tohumu unu kullanılan grupta kontrol grubuna göre daha fazla CAA gerçekleştiği, 84 gün besleme sonunda gruplar arasındaki CAA değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığını bildirmişlerdir. Yine 84 gün besleme sonucunda SBO değerleri incelendiğinde, yemde %20 oranında ketencik tohumu unu kullanılan grupta en iyi SBO değerinin bulunduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışma sonunda ise Kontrol grubu ile DDGS10 ve DDGS20 gruplarının SBO değerleri benzer iken DDGS30 grubunda en iyi SBO değeri elde edilmiştir. Morris vd (2005) gökkuşuğu alabalığı yeminde balık unu yerine tam yağlı soya unu kullanımı sonucunda balıkların CAA, SBO ve TBK değerlerinde azalma görülmeden balık unu yerine %25 oranında, Cheng vd (2003)'nin çalışmasında ise soya küspesi %50 oranında kullanılabilirdiği bildirilmiştir. Shafaeipour vd (2008), balık unu yerine yemde %30 oranında kanola küspesi metiyonin ilavesi ile birlikte gökkuşuğu alabalıkları yeminde kullanıldığında bu çalışma sonuçlarına benzer olarak CAA ve SBO değerleri üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Couto vd (2016), kaya levreği (*Argyrosomus regius*) yeminde balık unu yerine %22,5 oranında keçiyoynuzu çekirdeği ununun büyümede azalma görülmeden kullanılabilirdiğini bildirmişlerdir. Martínez-Llorens vd (2009), balık unu yerine değişik oranda soya küspesi (0, 132, 263, 395, 526 ve 658 g/kg) kullanılarak hazırlanan deneme yemleriyle 242 g ağırlığındaki çipura (*Sparus aurata*) balıklarını 134

gün süreyle beslemişler. Deneme sonunda yemde 132, 263, 395 g/kg oranında soya küspesi bulunan yemlerle beslenen balıkların deneme sonu CAA ve SBO değerleri Kontrol ile benzer olduğunu bildirmişlerdir. 263 g/kg oranında soya küspesi kullanılan yemle beslenen balıkların deneme sonu CAA'nın kontrole göre yüksek olduğu, ancak aralarında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığını bildirmişlerdir. Bu çalışma sonuçlarından farklı olarak Burr vd (2012) çalışmasında, gökkuşacağı alabalığı yeminde balık ununun tamamı yerine bitkisel protein karışımı kullanımı sonrasında, TBK değerlerinin gruplar arasında değişmediğini bildirmişlerdir. Bórquez vd (2011), gökkuşacağı alabalığı yeminde balık unu yerine bitkisel protein kaynaklarından lüpen (*Lupinus albus*) ununun %20 oranında yemde kullanımının araştırıldığı çalışma sonucunda, CAA ve TBK değerlerinin gruplar arasında benzer olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışma sonucunda ise TBK, Kontrol ile DDGS10 grubu arasında benzer iken diğer iki grup ile Kontrol arasında farklı olduğu tespit edilmiştir. Parés-Sierra vd (2014), yavru gökkuşacağı alabalığı yeminde balık unu yerine tavuk kesim atıkları unu kullanımının, deneme sonunda grupların TBK değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığa neden olmadığını rapor etmişlerdir. Azalan balık unu yerine %50 oranında bitkisel protein karışımı (yemde %13,0 mısır, %6,0 ayçiçeği küspesi, %6,2 soya küspesi) içeren yemlerle iki ay beslenen gökkuşacağı alabalıklarına ait büyüme parametrelerinin, yemde kullanılan bitkisel protein karışımından etkilemediğini bildirmişlerdir (Navarrete vd 2012). Bu durumun bitkisel protein karışımındaki antibesinsel madde içeriği yüksek olan soya küspesinin yemdeki oranının düşük olması ile olabileceğini ifade etmişlerdir. Bu çalışmada soya küspesine göre çok daha az oranda antibesinsel madde içeren DDGS'nin kullanılması, ayrıca yemde kullanılan DDGS oranının en fazla %30 oranında kullanılmış olması, Kontrole göre büyüme parametrelerinde olumsuz bir sonuç alınmamasına neden olmuş olabilir. Bu çalışma sonuçlarına benzer olarak gökkuşacağı alabalıklarında yemde balık unu yerine Shafaeipour vd (2008) kanaola ununu ve Glencross vd (2008) lüpen (*Lupinus angustifolius*) ununu %30 oranında kullandıklarında balıkların büyüme parametreleri üzerine olumsuz bir etkisi olmadan kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Cheng ve Hardy (2004a), Stone vd (2005), Barnes vd (2012a) ve bu çalışma sonuçlarından farklı olarak yemde balık unu yerine DDGS kullanılması ile balıkların büyüme parametrelerinde olumsuz sonuç alınan araştırmalarda mevcuttur. Bu araştırmalar arasında Barnes vd (2012b), balık unu yerine HDDGS'nin kullanıldığı yemlerle 1,6 g ağırlığındaki gökkuşacağı alabalıklarını beslemişler. Deneme sonunda Kontrol grubuna göre CAA'nın azaldığını, bu azalmanın HDDGS ilavesine bağlı olarak yemlerde ortaya çıkan metiyonin eksikliğinden kaynaklanmış olabileceğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde Bae ve Lee (2015), yavru kaya balıkları (*Sebastes schlegeli*) yeminde balık ununun azalması ve DDGS'nin artışına bağlı olarak balıkların CAA değerlerinin azaldığını bildirmişlerdir. Yem içeriğindeki farklılıklardan dolayı gruplar arası büyüme parametrelerinde farklı sonuçların alınabileceği Barnes vd (2012c) tarafından bildirilmektedir. Ayrıca denemede kullanılan balıkların büyüklüğünde çalışma sonuçlarını etkileyebileceği bildirilmektedir (Burr vd 2012). Barnes vd (2012b) yemdeki balık unu miktarı ve amino asit seviyesinin farklı olması nedeni ile çalışmalar arasında farklı sonuçların olabileceğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada Kontrol yemi olarak Kaushik vd (1995)'in çalışmasındaki Kontrol yemi referans alınarak hazırlanmış ve deneme yemlerinde minimum balık unu oranı %54,17 olarak ayarlanmıştır. Deneme yemlerindeki balık unu miktarının yüksek oluşu nedeni ile yemlerin esansiyel amino

asit seviyeleri de gökkuşağı alabalığının gereksinim duyduğu seviyelerden yüksek olduğu yapılan amino asit analizi sonuçlarında (Bkz. Çizelge 3.4) görülmüştür. Yemde balık unu yerine DDGS protein kaynağı haricinde diğer alternatif protein kaynaklarının kullanılması durumunda büyüme parametrelerinde olumsuz sonuçların alındığı çalışmalar mevcut olup bu çalışmalar arasında Pratoomyot vd (2010), 1,3 kg ağırlığındaki Atlantik salmon (*Salmo salar*) balıkları yemine balık unu yerine bitkisel protein karışımı (Ayçekirdeği küspesi, soya protein konsantresi, mısır glütenu ve buğday glütenu) kullanılan yemlerle beslenen grupların deneme sonu CAA, SBO ve TBK değerleri, Kontrole göre yemde balık unu oranı azaldıkça azaldığını bildirmişlerdir. Yapılan araştırmalarda hedeflenen balık unu değişim oranı çalışma sonuçlarını büyük ölçüde etkilemektedir. Pratoomyot vd (2010) yaptığı araştırma sonuçlarında, yemde bitkisel protein karışım oranının artması ve balık unu oranının azalması ile büyüme parametrelerinde azalma görüldüğü bildirilmiştir. Benzer şekilde Espe vd (2006) yemde balık unu miktarının tamamı yerine bitkisel protein karışımını (Mısır glütenu ve buğday glütenu) kullandığı araştırma sonucunda da balıkların büyüme performansının azaldığını bildirmişlerdir.

Yapılan birçok araştırmada bu çalışma sonuçlarında olduğu gibi DDGS'nin protein kaynağı olarak kullanımı sonrasında büyüme parametrelerinde iyi sonuçların alındığı bildirilmiştir (Wu vd 1996, Coyle vd 2004, Cheng ve Hardy 2004a, Stone vd 2005, Li vd 2011b, Barnes vd 2012c, Reveco ve Drew 2012, Choi vd 2014a,b). Bu olumlu sonuçların elde edilmesinde DDGS'nin üretim esnasında fermentasyon işleminden geçmesi, bu işlemle antibesinsel maddelerin miktarının azalması veya tamamen uzaklaşması ve balıklar için yararlı olan maya hücre içeriğine (DDGS'nin %3,9'u, toplam DDGS proteinin ise %5,3'ü) sahip olması gibi yararlı etkilerinden olabileceği bildirilmektedir (Li ve Gatlin 2005, Li vd 2011b, Lim ve Lee 2011, Reveco ve Drew 2012, Choi vd 2014a). Ramos vd (2015), 16,4 g ağırlığındaki gökkuşağı alabalıklarını probiyotik bakterisi ilave edilmiş yemlerle 8 hafta süreyle besledikleri balıkların CAA değerinde iyileşme görüldüğünü bildirmişlerdir. Bu çalışmada da DDGS'de bulunan maya içeriği (Zhou vd 2010), balıkların CAA değerinde iyileşmeye sebep olmuş olabilir. DDGS üretimi esnasında fermentasyon işlemi için en çok kullanılan maya türü *Saccharomyces cerevisiae*'dir (Øverland vd 2013). Yapılan bazı çalışma sonuçlarında yemde *Saccharomyces cerevisiae* kullanımının, balıkların büyüme performansında iyileşmeye neden olduğu bildirilmiştir (Oliva-Teles ve Goncalves 2001, Li ve Gatlin 2005, Taoka vd 2006, Gause ve Trushenski 2011, Li vd 2011a).

Bu araştırmada, 84 gün süren deneme sonunda gruplara ait kondüsyon faktörleri arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir ( $P>0,05$ ). Gruplara ait kondüsyon faktörü değerleri, diğer büyüme parametreleri ile uyumlu olduğu görülmektedir. Bae ve Lee (2015), bu çalışmanın sonucuna benzer olarak yemde balık unu yerine DDGS kullanımının balıkların kondüsyon faktörü üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir.

Bu çalışma sonucunda gökkuşağı alabalığı yemine DDGS protein kaynağının %30 oranında (yemde balık unu miktarı %54,16) kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Diğer bitkisel protein kaynaklarında bulunan antibesinsel maddelerin varlığı nedeniyle amino asitlerin sindirilebilirliğinin ve emiliminin engellenerek kullanılabilirliğinin azalması ile balıkların büyümesinin olumsuz yönde etkilendiği bildirilmiştir (Francis vd

2001, Martínez-llorens vd 2012). DDGS protein kaynağı ile yapılan birçok çalışmada, bu çalışma sonucuna benzer olarak DDGS'nin antibesinsel madde içeriğinin diğer bitkisel protein kaynaklarına göre düşük olması nedeniyle balık türüne de bağlı olarak yemde değişik oranlarda DDGS'nin başarılı bir şekilde kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada DDGS kullanılan yemlerle beslenen balıkların Kontrol grubuna göre canlı ağırlık artışı değerlerinde olumsuz bir sonuç ile karşılaşılmasının bir sebebi de, Cheng ve Hardy (2004a)'nin bildirdiği üzere DDGS'nin gökkuşuğu alabalıklarında protein ve amino asit sindirilebilirlik oranlarının yüksek olmasıdır. Cheng ve Hardy (2004a)'nin araştırma bulgularında protein sindirilebilirliğinin %90,4 oranında, amino asitlerin sindirilebilirlik oranlarının ise yüksek olduğu, esansiyel amino asitlerden lizin sindirilebilirliğinin %95,2 oranında, metiyonin sindirilebilirliğinin %95,5 oranında, treonin hariç diğer amino asitlerin sindirilebilirlik oranlarının da %90'nın üzerinde olduğu rapor edilmiştir. Stone vd (2005)'de, gökkuşuğu alabalığı yemine DDGS ve mısır glütenu karışımını balık unu yerine kullanılabilirliğinin araştırıldığı çalışmada, bütün deneme yemlerinin amino asit sindirilebilirlik oranlarının %90'nın üzerinde olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışma sonucunda da besin madde sindirilebilirlik değerlerinin yüksek olduğu, DDGS'nin yemde kullanılması durumunda, büyüme parametrelerinde herhangi bir olumsuzluk görülmediği sonucuna varılmıştır. DDGS'nin üretim esnasında kullanılan fermantasyon işleminin ürünün besin madde değerini artırdığı bildirilmektedir (Yamamoto vd 2010). Ayrıca DDGS'de bulunan maya içeriği (DDGS protein miktarının %5,3) nedeni ile büyüme parametrelerinde iyileşme olabileceği bildirilmektedir (Li vd 2010, Gause ve Trushenski 2011, Li vd 2011b, Welker vd 2014). Alternatif bitkisel protein kaynaklarının yemde balık unu yerine kullanılırken ikame oranı önemlidir. Balık ununun tamamı yerine bitkisel protein kaynaklarının kullanımında ağırlık artışında azalma görülebileceği, ancak balık unu yerine kısmi olarak kullanılması durumunda CAA değerinde azalma görülmeden bu çalışma sonucunda da olduğu gibi kullanılabilmesi bildirilmektedir (Cheng vd 2003, Espe vd 2006). DDGS'nin besin madde miktarının birçok etkenden dolayı (Bkz. Çizelge 2.2) değişiklik gösterebileceğinden (Shurson vd 2001, Belyea vd 2004, Robinson ve Li 2008, Abo-State vd 2009, Schaeffer vd 2011), çalışmalar arasındaki büyüme parametrelerinde farklı sonuçların görülebileceği ve çalışmalar arasındaki sonuçlara ilişkin karşılaştırma yapmanın zor olabileceği Barnes vd (2012a) ve Barnes vd (2012b) tarafından bildirilmiştir. Ayrıca, balık unu yerine alternatif bitkisel protein kaynakları kullanımı ile ilgili araştırmalar arasında farklı sonuçların elde edilmesinde; denemede kullanılan balıkların farklı büyüklükte olması (Burr vd. 2012), deneme koşullarının farklı olması (Azevedo vd 1998), yem içeriklerinin çeşidi (soya küspesi ve kanola küspesi vb. hammaddeler) (Burel vd 2000, Ye vd 2016), kullanılan balık unu ve bitkisel protein kaynağının oranı (Kroghdal vd 2003, Urán vd 2009, Ye vd 2016), ve yem üretim tekniğinin farklı olmasından (Cheng ve Hardy 2003, Glencross vd 2011b) kaynaklanabileceği bildirilmektedir.

#### 4.1.2.2. Boyca büyüme

Yemde balık unu yerine farklı oranlarda DDGS içeren Deneme-1 yemleriyle 84 gün süreyle beslenen gökkuşuğu alabalıklarının deneme başı ve 21 günlük dönemlere ait boy ortalamaları Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Deneme başlangıcı ve 21. gün ölçümleri sonucunda elde edilen boy ortalamaları arasındaki farklılıklar tek yönlü varyans (Anova) analizi sonucuna göre önemsiz bulunmuştur ( $P>0,05$ ). Ancak 42. gün, 63.gün ve deneme sonu grupların boy ortalamaları arasındaki farklılıklar ise istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0,05$ ).

Çizelge 4.4. Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşuğu alabalıklarının dönemlere ait boy ortalamaları (cm)

Dönemler	Deneme-1 grupları			
	Kontrol	DDGS10	DDGS20	DDGS30
Deneme başı	12,10±0,17	12,17±0,08	12,04±0,10	12,17±0,06
21.gün	13,75±0,15	13,91±0,17	13,90±0,28	13,99±0,08
42.gün	16,83±0,04 <sup>b</sup>	16,94±0,07 <sup>b</sup>	17,04±0,14 <sup>b</sup>	17,31±0,22 <sup>a</sup>
63.gün	18,45±0,06 <sup>b</sup>	18,67±0,14 <sup>b</sup>	18,75±0,25 <sup>ab</sup>	19,08±0,28 <sup>a</sup>
84.gün	20,13±0,15 <sup>b</sup>	20,33±0,06 <sup>b</sup>	20,37±0,15 <sup>b</sup>	20,83±0,20 <sup>a</sup>

Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ( $P<0,05$ )

#### 4.1.3. Yem değerlendirme parametreleri

Deneme-1 yemleriyle 84 gün beslenen gökkuşuğu alabalıklarının deneme sonu yem değerlendirme parametrelerinden yem tüketimi (YT), yem değerlendirme oranı (YDO) ve protein etkinlik oranı (PEO) değerleri Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşuğu alabalıklarının yem değerlendirme parametreleri

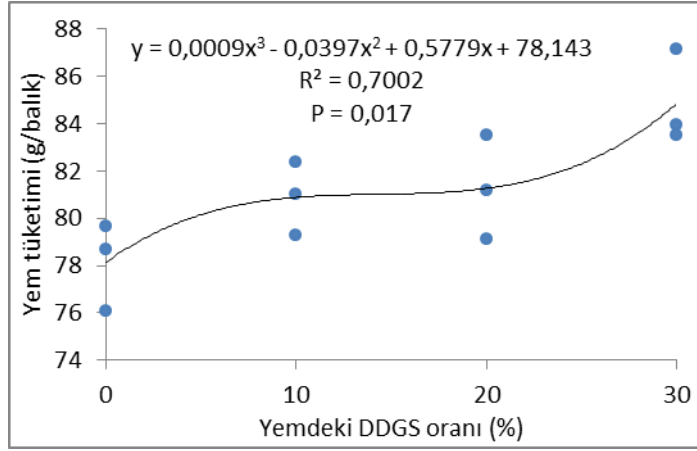
Parametreler	Deneme-1 grupları			
	Kontrol	DDGS10	DDGS20	DDGS30
YT	78,14±1,85 <sup>b</sup>	80,88±1,56 <sup>b</sup>	81,27±2,22 <sup>ab</sup>	84,86±1,98 <sup>a</sup>
YDO	0,97±0,02	0,97±0,01	0,96±0,01	0,94±0,03
PEO	2,26±0,04	2,25±0,01	2,28±0,03	2,31±0,06

Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ( $P<0,05$ )

YT: Yem tüketimi ( $\text{g balık}^{-1}$  84 gün<sup>-1</sup>, kuru ağırlık), YDO: Yem değerlendirme oranı, PEO: Protein etkinlik oranı

Deneme-1 sonunda gruplara ait YT değerleri ( $\text{g balık}^{-1}$ ) 78,14 ile 84,86 arasında değişmiştir. Gruplar arası YT değerleri incelendiğinde en fazla YT miktarı DDGS30 ( $84,86\pm 1,98$   $\text{g balık}^{-1}$ ) grubunda, en az Kontrol ( $78,14\pm 1,85$   $\text{g balık}^{-1}$ ) grubunda olduğu bulunmuştur. Tek yönlü varyans (Anova) analizi sonucunda Kontrol ile DDGS30 grubu YT ortalamaları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemli olduğu saptanmıştır ( $P<0,05$ ). Kontrol, DDGS10 ve DDGS20 gruplarının YT ortalamaları arasındaki farklılıklar ise önemsiz bulunmuştur ( $P>0,05$ ). Aynı şekilde DDGS20 ve DDGS30 gruplarının YT ortalamaları arasındaki farklılıkların da önemsiz olduğu belirlenmiştir ( $P>0,05$ ) (Çizelge 4.5). Yapılan regresyon analizi sonucunda yemdeki DDGS oranının

YT üzerinde meydana getirdiği değişimin yaklaşık %70'ini açıklamaktadır ( $R^2=0,700$ ;  $P= 0,017$ ) (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşağı alabalıklarının deneme sonu yemdeki DDGS oranı ile yem tüketimi arasındaki ilişki

YT değerinin, yemdeki amino asit içeriğinden etkilenebileceği bazı araştırmacılar tarafından ifade edilmektedir (Uyan vd 2006, Abdul Kader vd 2012). Bu çalışmadaki deneme yemlerinde, gökkuşağı alabalığı için yeterli miktarda esansiyel amino asit içeriği olduğu yapılan analiz sonucunda anlaşılmıştır. Bu açıdan da grupların YT değerleri normal değerlerde olduğu düşünülmektedir. Deneme yemlerinin esansiyel amino asit seviyeleri yeterli düzeyde ise yemin lezzetliliği balıkların yem alımı ve büyümesi üzerine önemli bir faktördür (Espe vd 2006). Bu çalışmada DDGS içeren yemlere ait YT değerlerine bakıldığında bir azalmanın olmadığı, Kontrole göre bir artışın olduğu görülmektedir (Çizelge 4.5). Yapılan regresyon analizi ve Şekil 4.4'te de görüldüğü üzere yemdeki DDGS oranının YT üzerinde meydana getirdiği değişimin yaklaşık %70'ini açıklamaktadır. Bu durum Thiessen vd (2003b)'nin bildirdiği gibi maya hücrelerinde bulunan nükleik asitlerin alabalıklardaki tat alma hücrelerini uyarması nedeni ile kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Bu çalışmanın sonucuna benzer olarak Thiessen vd (2003b), kanola unu kullanılan yemde %3,3 oranında yaş damıtma taneleri kullanımında balıkların günlük yem alımının arttığını bildirmişlerdir. Morris vd (2005), gökkuşağı alabalığı yeminde balık unu yerine tam yağlı soya unu kullanımının araştırıldığı çalışma sonucunda, yemde tam yağlı soya unu artışı ile balıkların YT değerlerinde artış olduğunu bildirmişlerdir. Balık unu yerine diğer bitkisel protein kaynaklarından lüpen (*Lupinus albus*) ununun gökkuşağı alabalıkları yeminde kullanıldığında, bu çalışmanın sonuçlarına benzer olarak YT değeri üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir (Bórquez vd 2011). Rahman vd (2015), pisi balığı (*Paralichthys olivaces*) yeminde %28 oranına kadar DDGS kullanıldığında, YT değerinde gruplar arasında önemli bir farklılığın olmadığı, ancak yemde DDGS artışı ile yem tüketiminde istatistiksel olarak önemli olmasada bir miktar artış görüldüğünü bildirmişlerdir. Lim vd (2007), Li vd (2011) Nil tilapia balıkları ve Barnes vd (2012a), Prachom vd (2013) gökkuşağı alabalıkları üzerinde yaptıkları araştırmalarda, DDGS içeren gruplar ile Kontrol grubu arasında YT değerleri arasında önemli bir farklılık ve

ilişkinin olmadığını bildirmişlerdir. Bae ve Lee (2015) bulgularında ise bu çalışma sonucundan farklı olarak yemde DDGS artışına bağlı olarak balıkların YT değerinin azaldığını bildirmişlerdir. Lim vd (2009) Nil tilapia balıkları, Welker vd (2014) hibrit tilapia (*Oreochromis niloticus* × *Oreochromis aureus*) balıkları, Robinson ve Li (2008) kanal yayın balıkları üzerinde yaptıkları araştırma sonucunda CAA ve yem tüketimi arasında ilişki olduğunu, Welker vd (2014) bu ilişkinin DDGS'deki yağ içeriğine veya bilinmeyen bir etkiye bağlanabileceğini bildirmişlerdir. Yapılan bu çalışmada da yemde DDGS arttıkça yemlerin ham yağ oranı artmaktadır. Bu çalışmadaki DDGS30 grubu yem tüketiminin Kontrol grubuna göre yüksek çıkması, Welker vd (2014)'nin bildirdiği üzere yemdeki ham yağ oranından veya yukarıda da belirtildiği üzere DDGS'nin üretim esnasındaki fermantasyon işlemi ve maya içermesinden (DDGS ham protein içeriğinin %5,3'ü maya kaynaklı) kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Deneme-1 sonu grupların YDO değerleri incelendiğinde 0,94 ile 0,97 arasında değiştiği, gruplar arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemsiz olduğu tespit edilmiştir ( $P>0,05$ ) (Çizelge 4.5). Gruplar arasındaki en iyi YDO değeri DDGS30 grubunda ( $0,94\pm 0,03$ ) bulunurken, en kötü YDO değeri ise Kontrol ( $0,97\pm 0,02$ ) ve DDGS10 ( $0,97\pm 0,01$ ) grubunda elde edilmiştir. Yapılan regresyon analizi sonucunda P değerinin 0,140 gibi yüksek bir değer olduğu bulunmuştur ( $R^2= 0,452$ ;  $P= 0,140$ ).

Deneme-1 sonu grupların PEO değerleri incelendiğinde, 2,25 ile 2,31 arasında değiştiği bulunmuştur (Çizelge 4.5). Grupların PEO değerleri arasındaki farklılıklar çok az olup bu farklılıkların tek yönlü varyans (Anova) analizi sonucunda önemsiz olduğu saptanmıştır ( $P>0,05$ ). Regresyon analizi sonucunda P değerinin 0,332 gibi yüksek bir değer olduğu tespit edilmiştir ( $R^2= 0,342$ ;  $P= 0,332$ ).

Bu çalışmada deneme gruplarının YDO ve PEO değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığı görülmektedir ( $P>0,05$ ). Yapılan literatür taraması sonrasında bu çalışmadaki gökkuşuğu alabalığı yem değerlendirme parametrelerine ait değerlerin Stone vd (2005), Yoshitomi vd (2006) ve Bullerwell vd (2016)'nin çalışmalarındaki değerler ile benzer olduğu anlaşılmaktadır. Morris vd (2005) gökkuşuğu alabalığı yeminde balık unu yerine tam yağlı soya unu kullanımının araştırıldığı çalışmadaki YDO değerlerinden bu çalışma sonucundaki YDO değerlerinin yüksek olduğu görülmektedir. Cheng ve Hardy (2004a) gökkuşuğu alabalığı üzerine yaptıkları çalışmada bu çalışmanın sonucuna benzer olarak Kontrol grubuna ait YDO değerinin DDGS içeren (lizin ve metiyonin ilaveli) grupların değerleri ile benzer olduğu, aralarında önemli bir farklılığın olmadığını bildirmişlerdir. Ayrıca yeme lizin ve metiyonin ilave edilmeden DDGS kullanılan yemlerle beslenen grupların YDO değeri, ilave edilen gruplara göre yüksek olduğunu ifade etmişlerdir. DDGS protein kaynağının lizin ve metiyonin seviyesi Çizelge 3.1'de de görüldüğü üzere balık ununa göre düşük seviyededir. Bu nedenle DDGS'nin gökkuşuğu alabalığı yemlerinde kullanılırken hazırlanan yemin lizin ve metiyonin seviyeleri bakımından balıklar için yeterli olup olmadığı incelenmelidir. Bu çalışmada yemde yüksek oranda balık unu (Minimum %54,16) bulunduğu için yeme metiyonin veya lizin ilave edilmemiştir. Deneme yemlerinin esansiyel amino asit içerikleri yapılan analiz sonuçlarında gökkuşuğu alabalıkları için yeterli seviyededir (Bkz. Çizelge 3.4). Deneme sonuçlarına göre DDGS içeren yemlerle beslenen balıklara ait yem değerlendirme parametrelerinde bir olumsuzluk görülmemiştir (Bkz. Çizelge 4.4). Morris vd (2005), gökkuşuğu alabalığı

yeminde balık unu yerine tam yağlı soya unu kullandığında, Bórquez vd (2011) ise lüpen (*Lupinus albus*) unu kullandığında YDO değerlerinin gruplar arasında benzer olduğunu bildirmişlerdir. Ramos vd (2015), gökkuşağı alabalıkları yeminde probiyotik bakteri ilavesi ile 8 haftalık besleme sonrasında balıkların YDO ve PEO değerinde iyileşme görüldüğünü bildirmişlerdir. Bu çalışmada da DDGS’de bulunan maya içeriği, balıkların YDO ve PEO değerinde Ramos vd (2015)’nin çalışmalarındaki benzer bir iyileşmeye sebep olmuş olabilir. Bu durumda Kontrol grubu ile DDGS içeren deneme gruplarının YDO ve PEO değerlerinde istatistiksel olarak benzer sonuçların alınmasına neden olmuş olabilir.

Bu çalışma sonuçlarından farklı olarak Barnes vd (2012c) gökkuşağı alabalığı ve Bae ve Lee (2015) yavru kaya balıkları (*Sebastes schlegeli*) yeminde DDGS artışına bağlı olarak YDO değerinin kötüleştiğini bildirmişlerdir. Pratoomyot vd (2010), 1,3 kg ağırlığındaki Atlantik salmon (*Salmo salar*) balıkları yeminde balık unu yerine bitkisel protein karışımı (Ayçekirdeği küspesi, soya protein konsantresi, mısır gluteni ve buğday gluteni) kullanılarak yaptıkları araştırmada, %11 ve %5 oranında balık unu kullanılan yemlerle beslenen balıkların deneme sonu YDO ve PEO değerlerinin Kontrol (balık unu yemde %25 oranında) ve yemde %18 oranında balık unu kullanılan gruba göre önemli derecede azaldığını bildirmişlerdir. Yem alımı incelendiğinde yine bu çalışma sonuçlarından farklı olarak yemde bitkisel protein kaynağının artışı ile yem alımının azaldığını saptamışlardır. Tidwell vd (2005), levrek (*Micropterus salmoides*) balıklarında balık unu yerine soya küspesi kullanımının büyüme ve yem değerlendirme parametrelerini kötüleşmesinin yemdeki amino asit seviyesi veya yemin lezzetliliğinden kaynaklanmadığını, soya küspesinde bulunan antibesinsel maddelerin varlığı ile ilişkilendirilebileceğini bildirmişlerdir. DDGS’de bulunan antibesinsel madde varlığının, soya küspesinde bulunan antibesinsel madde varlığından daha düşük olduğu ifade edilmektedir. Bu çalışmada yapılan histolojik analiz sonuçları da bu durumu destekler nitelikte olup yemde DDGS içeren gruplara ait YDO ve PEO değerlerinin Kontrol grubu ile benzer sonuçları ortaya koyduğu düşünülmektedir.

#### 4.1.4. Ekonomik değerlendirme parametreleri

Balık unu yerine farklı oranlarda DDGS içeren Deneme-1 yemleriyle 84 gün süreyle beslenen gökkuşağı alabalıklarının yem maliyeti (YM) ve deneme sonu hesaplanan ekonomik dönüşüm oranı (EDO), ekonomik karlılık indeksi (EKİ) değerleri Çizelge 4.6’da verilmiştir.

DDGS protein kaynağının yemde kullanım oranının artışına bağlı olarak YM düşmektedir. En düşük YM yemde %30 oranında DDGS içeren DDGS30 (3,74 ₺/kg) yeminde bulunurken en yüksek YM, yemde en fazla balık unu içeren Kontrol (4,31 ₺/kg) yeminde saptanmıştır.

Deneme-1 sonu EDO değerleri incelendiğinde yapılan tek yönlü varyans (Anova) analizi sonucunda, gruplar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0,05$ ). Deneme yemlerindeki DDGS oranının artışına bağlı olarak EDO değerlerinde önemli derecede azalma gerçekleşmiştir ( $P<0,05$ ). Gruplar arası en düşük EDO değeri DDGS30 ( $3,47\pm 0,04$  ₺/kg) grubunda bulunurken, en yüksek Kontrol ( $4,17\pm 0,04$  ₺/kg) grubunda tespit edilmiştir. Şekil 4.5’te görüleceği üzere yemde balık ununun azalması



ve DDGS'nin artışı ile EDO değerinde bir azalmanın olduğu görülmektedir. Regresyon analizi sonucunda yemdeki DDGS oranının EDO üzerinde meydana getirdiği değişimin yaklaşık %95,9 gibi yüksek bir oranda olduğu anlaşılmaktadır ( $R^2= 0,959$ ;  $P= 0,000$ ) (Şekil 4.5).

Çizelge 4.6. Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşuğu alabalıklarının ekonomik değerlendirme parametreleri

Parametreler	Deneme-1 grupları			
	Kontrol	DDGS10	DDGS20	DDGS30
YM <sup>1</sup> (₺/kg)	4,31	4,12	3,93	3,74
EDO <sup>2</sup> (₺/kg)	4,20±0,08 <sup>a</sup>	4,02±0,02 <sup>b</sup>	3,79±0,04 <sup>c</sup>	3,54±0,09 <sup>d</sup>
EKİ <sup>3</sup> (₺/balık)	0,36±0,02 <sup>c</sup>	0,39±0,01 <sup>bc</sup>	0,41±0,01 <sup>b</sup>	0,45±0,02 <sup>a</sup>

Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ( $P<0,05$ )

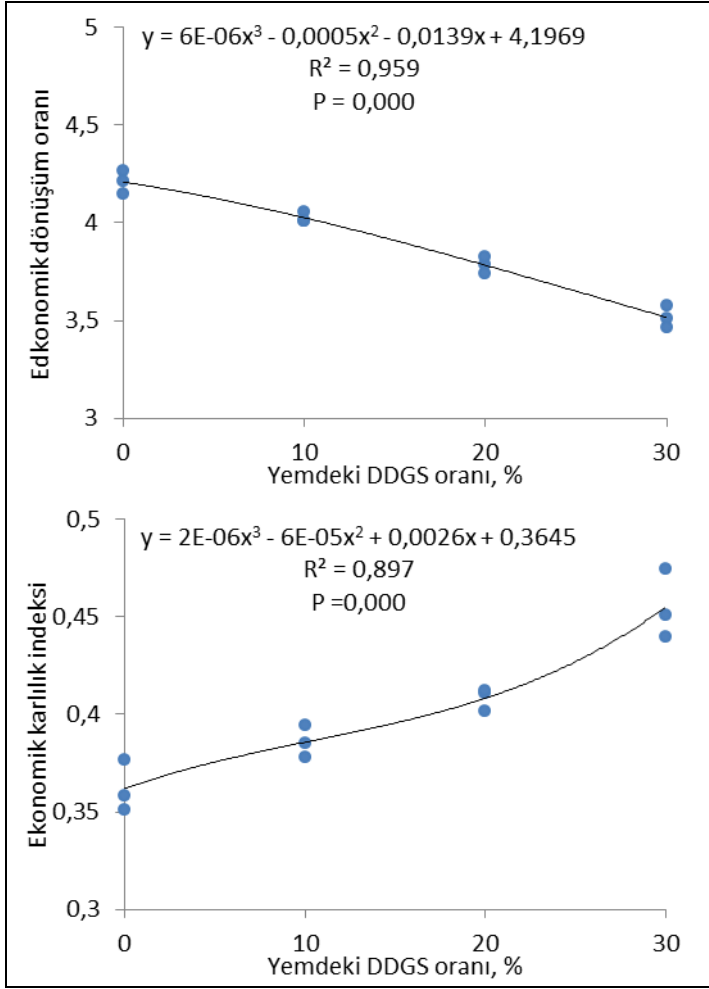
<sup>1</sup>Yem maliyeti, hesaplamada kullanılan Kasım 2014 ayı hammadde fiyatları: DDGS 0,56 ₺/kg (250 \$, Nova Yem Gıda Tar. Ürn. Mak. San. Tic. Ltd. Şti. Seyhan, Adana); balık unu 3,81 ₺/kg (1700\$-Karsusan Karadeniz Su Ürünleri Sanayii A.Ş.); soya küspesi 1,30 ₺/kg (580 \$); Dolar kuru: 1 \$ = 2,24 ₺

<sup>2</sup>Ekonomik dönüşüm oranı

<sup>3</sup>Ekonomik karlılık indeksi, hesaplamada balık satış fiyatı 7 ₺/kg olarak alınmıştır (Anonim 2015b)

EKİ değerleri incelendiğinde, gruplar arasındaki farklılıklar tek yönlü varyans (Anova) analizi sonucunda istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0,05$ ) (Çizelge 4.6). Deneme yemlerindeki DDGS oranının artışına bağlı olarak EKİ değerlerinde önemli oranda artış gerçekleşmiştir ( $P<0,05$ ). Gruplar arası en yüksek EKİ değeri yemde %30 oranında DDGS içeren DDGS30 (0,46±0,02 ₺/kg) grubunda bulunurken, en düşük EKİ değeri DDGS'nin kullanılmadığı ve balık unu oranının yüksek olduğu Kontrol (0,36±0,02 ₺/kg) grubunda belirlenmiştir. Şekil 4.5'e göre yemde balık ununun azalması ve DDGS'nin artışı ile EKİ değerinde bir artışın olduğu görülmektedir. Regresyon analizi sonucunda yemdeki DDGS oranının EKİ üzerinde meydana getirdiği değişim yaklaşık %89,7'dir ( $R^2= 0,897$ ;  $P= 0,000$ ) (Şekil 4.5).

Yapılan çalışmalar sonucunda DDGS protein kaynağının kullanılması ile yem maliyetinin azaltılabileceği bildirilmektedir (Webster vd 1992, Barnes vd 2012, Deniz vd 2013). Balık yemlerinde yüksek oranlarda kullanılan ve pahalı olan balık unu yerine daha ucuz alternatif protein kaynaklarının kullanılması ile yem maliyetinin düştüğü yapılan çalışmalarda bildirilmektedir. Bu çalışmanın ekonomik değerlendirme parametrelerinden yem maliyeti, yemde kullanılan balık unu oranının azaltılması ve DDGS protein kaynağının artırılması ile azalmaktadır (Çizelge 4.6). Su ürünleri sektöründe yem maliyetinin düşürülmesi açısından alternatif protein kaynakları oldukça önemlidir (Hardy 2010). Barnes vd (2012b)'nin gökkuşuğu alabalıkları üzerinde yaptıkları çalışmada yemde balık unu oranının azaltılması ve DDGS oranının artırılması ile önemli oranda ekonomik kazanç sağlanabileceğini belirtmişlerdir.



Şekil 4.5. Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşağı alabalıklarının deneme sonu yemdeki DDGS oranı ile EDO ve EKİ arasındaki ilişki

Barnes vd (2012b), balıkların büyümesinde azalma görülmesine rağmen balık unu içerikli Kontrol yemi ile beslendiğinde bir kiloğram balık eti maliyetini 0,56 \$ hesaplarken, yemde %20 oranında DDGS kullanıldığında balık eti maliyetinin 0,44 \$ olarak gerilediğini bildirmişlerdir. Martínez-Llorens vd (2007), yemde balık unu yerine soya küspesi kullanımının yem maliyetini azalttığını ifade etmişlerdir. Benzer şekilde Sánchez Lozano vd (2007), balık unu yerine ayçiçeği küspesi unu ilavesiyle çipura yemi maliyetinin 0,96 €/kg'dan 0,79 €/kg'a düşürüldüğünü bildirmişlerdir. Bu çalışmada yemde DDGS artışı ile EDO ve EKİ değerlerinin önemli düzeyde iyileştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.6 ve Şekil 4.5). Benzer şekilde çipura balıklarında Martínez-Llorens vd (2007)'nin yaptıkları çalışmada soya küspesi, Sánchez Lozano vd (2007)'nin çalışmasında ayçiçeği küspesi unu kullanımının EDO ve EKİ değerlerinde iyileşmeye neden olduğunu bildirmişlerdir. Sánchez Lozano vd (2007), ekonomik parametreler göz önüne alındığında regresyon analizi sonucunda yemde optimum ayçiçeği küspesi oranını %14 ve %15 olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmada ise yemde %30 oranında DDGS kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

#### 4.1.5. Visserosomatik indeks, hepatosomatik indeks ve karaciğer hücre nükleus çapı

Balık unu yerine farklı oranlarda DDGS içeren Deneme-1 yemleriyle 84 gün süreyle beslenen gökkuşacağı alabalıklarının deneme sonu gruplara ait visserosomatik indeks (VSİ), hepatosomatik indeks (HSİ) ve karaciğer hücre nükleus çapı (KHNC) değerleri Çizelge 4.7’de verilmiştir. Grupların VSİ değerleri %11,14 ile %12,41 arasında, HSİ değerleri %1,32 ile %1,42 arasında ve KHNC değerleri ise 5,70 µm ile 5,94 µm arasında olduğu tespit edilmiştir. Yapılan tek yönlü varyans (Anova) analizi sonucunda grupların VSİ, HSİ ve KHNC değerlerinde gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığı saptanmıştır ( $P>0,05$ ).

Çizelge 4.7. Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşacağı alabalıklarının deneme sonu VSİ, HSİ ve KHNC değerleri

Parametreler	Deneme-1 grupları			
	Kontrol	DDGS10	DDGS20	DDGS30
VSİ (%)	11,56±0,68	11,41±0,50	11,18±1,08	11,14±0,89
HSİ (%)	1,42±0,11	1,40±0,07	1,32±0,11	1,36±0,15
KHNC (µm)*	5,94±0,13	5,77±0,12	5,81±0,18	5,70±0,06

Yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur ( $P>0,05$ )

HSİ: Hepatosomatik indeks, VSİ: Visserosomatik indeks, KHNC: Karaciğer hücre nükleus çapı

\*Her grup için n=225 (25 ölçüm x 3 balık x 3 tank)

Balıklara ait HSİ değeri yemdeki karbonhidrat miktarı ile ilişkili olduğundan (Kim ve Kaushik 1992, Barnes vd 2012a) bu çalışmada deneme yemlerine ait karbonhidrat seviyelerine bakıldığında çok önemli bir farklılığın olmadığı, deneme sonu gruplara ait HSİ değerlerinde de aynı şekilde gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.7). Benzer şekilde Nil tilapia (Schaeffer vd 2009, Schaeffer vd 2010), siyah mercan (*Acanthopagrus schlegeli*) (Rahman vd 2013) ve yavru kaya balıkları (*Sebastes schlegeli*) (Bae ve Lee 2015) yeminde DDGS kullanımının balıkların HSİ parametreleri üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir. Choi vd (2014a) mercan balıkları (*Pagrus major*) üzerinde buğday unu ve mısır gluteni yerine prinçten elde edilmiş DDGS’nin kullanılması sonrasında gruplar arasında HSİ değerlerinin değişmediğini bildirmişlerdir. Schaeffer vd (2009)’nin çalışmasında, Nil tilapia balıkları yeminde DDGS oranı %20 olarak kullanıldığında balıkların HSİ değeri önemli derecede etkilenmezken, %30 ve %40 oranında kullanıldığında ise HSİ değerinin Kontrole göre düştüğünü saptamışlardır. Yamamoto vd (2010), gökkuşacağı alabalığı yeminde %47,6 oranında soya küspesi kullanılması ve soya küspesinin fermantasyon işleminden geçirilmesi sonrasında kullanılması ile beslenen balıkların HSİ değerlerinin Kontrol grubu ile istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde Borquez vd (2011), gökkuşacağı alabalığında lüpen (*Lupinus albus*), López vd (2015) totoaba (*Totoaba macdonaldi*) balıklarında soya protein konsantresi kullanımının HSİ üzerine önemli bir etkisinin olmadığını rapor etmişlerdir bildirilmiştir. Çizelge 3.3’de görüleceği üzere deneme yemlerinde DDGS oranı arttıkça yemlerin ham yağ oranı artmaktadır. Bu artışa

rağmen balıkların deneme sonu HSI ve VSI değerlerinde gruplar arasında önemli bir farklılık görülmemiştir. Yavru kaya balıkları (*Sebastes schlegeli*) (Bae ve Lee 2015) yeminde balık unu yerine %21 oranına kadar DDGS kullanımının, balıkların VSI parametreleri üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığını bildirilmiştir. Bununla birlikte Barnes vd (2012b), gökkuşacağı alabalığı yeminde balık unu yerine DDGS %10 oranında kullanıldığında HSI ve VSI değerlerinde Kontrol grubuna göre azalma görüldüğünü, fakat yemde %20 oranında DDGS kullanıldığında ise Kontrol ile HSI ve VSI değerlerinin benzer olduğunu ifade etmişlerdir. Barnes vd (2012a), balık unu yerine yüksek proteine sahip DDGS'nin %20 oranına kadar gökkuşacağı alabalığı yeminde kullanıldığında gruplar arasında HSI ve VSI değerlerinin benzer olduğunu bildirmişlerdir.

KHNÇ, hücrelerin metabolik aktiviteleri ile ilişkilidir (Ostaszewska vd 2005). Ostaszewska vd (2005) ve Atsunari vd (2010) gökkuşacağı alabalığı üzerinde yaptıkları araştırmada, besleme denemesi sonrasında en büyük KHNÇ değerinin Kontrol grubuna ait balıklarda olduğunu bildirmişlerdir. Soya küspesi, fermetasyon işleminden geçmiş soya küspesi ve soya protein konsantresi içeren yemlerle beslenen deneme grubu balıklarına ait KHNÇ değerlerinin arasındaki farklılığın önemli olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise KHNÇ değerlerinin gruplar arasında benzer olduğu, yemdeki DDGS protein kaynağı balıkların KHNÇ değerlerini önemli derecede etkilemediği ancak Ostaszewska vd (2005) ve Atsunari vd (2010) çalışmalarındakine benzer olarak çok az bir azalmanın olduğu tespit edilmiştir. İstatistiki olarak önemli olmayan bu düşüş, Ostaszewska vd (2005) ve Atsunari vd (2010)'nin çalışmalarındaki yemde soya türevlerinin kullanılması KHNÇ değerlerini azaltması ile aynı yöndedir.

#### 4.1.6. Yaşama oranı

Balık unu yerine farklı oranlarda DDGS içeren Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşacağı alabalıklarının deneme sonunda gruplara ait yaşama oranı değerleri Çizelge 4.8'de verilmiştir. Deneme sonunda grupların yaşama oranı değerleri %96 ile %98,66 arasında saptanmıştır. Yapılan tek yönlü varyans (Anova) analizi sonucunda gruplar arasındaki yaşama oranı değerleri arasındaki farklılığın önemsiz olduğu bulunmuştur ( $P>0,05$ ).

Çizelge 4.8. Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşacağı alabalıklarının deneme sonu yaşama oranları

Parametre	Deneme-1 grupları			
	Kontrol	DDGS10	DDGS20	DDGS30
Yaşama oranı (%)	97,33±2,31	96,00±4,00	98,66±2,31	98,66±2,31

Yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur ( $P>0,05$ ).

Bu çalışmada yemde balık unu yerine DDGS kullanılmasının balıkların yaşama oranı üzerine olumsuz bir etkiye neden olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.8). Gökkuşacağı alabalığı yeminde soya küspesi, mısır glüten unu, buğday glüten unu ve DDGS gibi alternatif protein kaynakları kullanılan Cheng vd (2003), Stone vd (2005), Yoshitomi vd (2006), Barnes vd (2012a,b)'nin çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Bu

çalışma sonucuna benzer olarak Cheng ve Hardy (2004a) araştırmasında, gökkuşuğu alabalığı yeminde balık unu yerine DDGS kullanıldığında balıkların yaşama oranı üzerine yemde kullanılan DDGS'nin olumsuz bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Shafaeipour vd (2008), gökkuşuğu alabalığı yeminde balık unu yerine yemde %30 oranında kanola ununu metiyonin ilavesi ile birlikte kullandığında grupların yaşama oranı değerlerinin benzer olduğunu rapor etmişlerdir. Pratoomyot vd (2010) araştırmasında, Atlantik salmon (*Salmo salar*) balıkları yeminde balık unu yerine bitkisel protein karışımı (Ayçekirdeği küspesi, soya protein konsantresi, mısır glütenu ve buğday glütenu) kullanılan grupların deneme sonu canlı ağırlık artışının azalmasına rağmen yaşama oranında herhangi bir olumsuzluğun olmadığını bildirmişlerdir. Yine bu çalışma sonuçlarına benzer olarak yemde balık unu yerine bitkisel protein kaynağı kullanılmasının Atlantik salmon (Espe vd 2006; Pratoomyot vd 2010) ve totoaba (*Totoaba macdonaldi*) (López vd (2015) balıklarının yaşama oranı üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığını ifade etmişlerdir. Bu çalışmada DDGS içeren grupların yaşama oranı değerleri, büyüme parametreleri ve yem değerlendirme parametrelerinde olduğu gibi etkilenmemiştir. Ayrıca DDGS kullanılan yemlerle beslenen balıkların karaciğer histolojisi ve bağırsak histolojisine ait villus yapılarında önemli bir bozulmanın görülmemesi de yaşama oranı değerlerinin gruplar arasında benzer çıkmasını desteklemektedir.

#### 4.1.7. Balıkların kimyasal kompozisyonları

Balık unu yerine farklı oranlarda DDGS içeren Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşuğu alabalıklarının deneme sonu kimyasal kompozisyon değerleri (nem, ham protein, ham yağ ve ham kül) Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşuğu alabalıklarının kimyasal kompozisyonları

Parametreler	Deneme-1 grupları			
	Kontrol	DDGS10	DDGS20	DDGS30
Nem (%)	68,04±0,87	69,08±0,62	68,13±0,76	67,92±0,40
Ham protein (%)	18,33±0,33	18,23±0,39	18,47±0,65	18,95±0,47
Ham yağ (%)	10,57±0,42	10,38±0,55	10,71±0,73	10,82±0,16
Ham kül (%)	1,68±0,03	1,67±0,09	1,72±0,05	1,73±0,04

Yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur ( $P>0,05$ )

Ham protein, ham yağ ve ham kül değerleri yaş ağırlık üzerinden verilmiştir

Deneme-1 sonunda gruplara ait balık eti nem oranı değeri %67,92 ile %69,08 arasında, ham protein oranı %18,23 ile %18,95 arasında, ham yağ oranı %10,38 ile %10,82 arasında ve ham kül oranı %1,67 ile %1,73 arasında değişmektedir (Çizelge 4.9). Yapılan tek yönlü varyans (Anova) analizi sonucunda balık eti nem, ham protein, ham yağ ve ham kül değerlerinin gruplar arasında benzer olduğu, deneme yemlerinde kullanılan DDGS'nin balıkların vücut kimyasal kompozisyon değerleri üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir ( $P>0,05$ ).

Bu çalışma sonucunda gökkuşuğu alabalığı balık eti nem değerleri incelendiğinde Bórquez vd (2011), Barnes vd (2012a), Barnes vd (2012b) ve Barnes vd (2012c)'nin tespit ettikleri sonuçlardan düşük, Cheng vd (2003), (Yıldız 2004), Stone vd (2005) ve Cheng ve Hardy (2004a)'nin sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Ham protein değerleri incelendiğinde Cheng vd (2003), Cheng ve Hardy (2004a), Stone vd (2005) ve Bórquez vd (2011)'nin çalışma sonuçlarından yüksek, Yıldız (2004), Barnes vd (2012a), Barnes vd (2012b) ve Barnes (2012c)'nin sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Bae ve Lee (2015), bu çalışmanın sonuçlarına benzer olarak yemde balık unu yerine DDGS kullanımının yavru kaya balıklarının (*Sebastes schlegeli*) kimyasal kompozisyon değerlerinin üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Bu çalışmada deneme sonu balık eti ham protein miktarı gruplar arasında değişmezken, Li vd (2010) ve Li vd (2011b) kanal yayın balıkları (*Ictalurus punctatus*) yeminde DDGS artışı ile balık eti ham protein miktarının Kontrol grubuna göre azaldığını bildirmişlerdir. Yine Barnes vd (2012b) balık unu yerine HDDGS kullanılan yemlerle beslenen gökkuşuğu alabalıklarının balık eti ham protein miktarının, yemde %20 oranında HDDGS kullanıldığında azaldığı, %10 oranında HDDGS kullanıldığında ise Kontrol ile benzer olduğunu saptamışlardır.

Balık eti ham yağ değerleri incelendiğinde Barnes vd (2012a), Barnes vd (2012b) ve Barnes vd (2012c)'nin çalışma sonuçlarından yüksek, Cheng vd (2003) ve Stone vd (2005)'nin çalışma sonuçlarından düşük, Yıldız (2004), Cheng ve Hardy (2004a) ve Bórquez vd (2011) çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Bu çalışmada deneme yemlerinde DDGS artışı ile yemlerin ham yağ oranı artmaktadır. Yıldırım-Aksoy vd (2007), balık eti ham yağ oranı yemdeki yağ oranının artışından doğru orantılı olarak etkilendiğini bildirmişlerdir. Li vd (2010) çalışmasında, yemde %30 oranında kullanılan DDGS'nin yemdeki ham yağ oranına rağmen, bu çalışma sonucuna benzer olarak balık eti ham yağ miktarı gruplar arasında benzer olduğu bulunmuştur. Bu sonuçlardan farklı olarak Robinson ve Li (2008) çalışmasında, soya küspesi ve DDGS içeren yemlerle beslenen kanal yayın balıklarının balık eti ham yağ oranının kontrol grubuna göre önemli derecede arttığını bildirmişlerdir.

Balık eti ham kül değerleri incelendiğinde Cheng vd (2003), Cheng and Hardy (2004a) ve Stone vd (2005)'nin çalışma sonuçlarından düşük, Yıldız (2004), Bórquez vd (2011), Barnes vd (2012a), Barnes vd (2012b) ve Barnes vd (2012c)'nin çalışma sonuçları ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir.

Barnes vd (2012c) gökkuşuğu alabalıklarında ve Bae ve Lee (2015) yavru kaya balıkları (*Sebastes schlegeli*) üzerine yaptıkları araştırmada balık eti nem, ham protein, ham yağ ve kül değerlerinin gruplar arasında benzer olduğunu, DDGS'nin balık eti kimyasal kompozisyon değerleri üzerine önemli bir etkisinin olmadığını, ancak ham yağ değerinin düşük olduğu tespit etmişlerdir. Borquez vd (2011), gökkuşuğu alabalığı yeminde balık unu yerine alternatif protein kaynağı olarak lüpen (*Lupinus albus*) unu kullanımının bu çalışma sonuçlarına benzer olarak balık eti protein, yağ, kül ve nem parametreleri üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Webster vd (2016) yemde %45 oranına kadar balık unu ve soya küspesi yerine DDGS kullanılması durumunda balıkların deneme sonu balık eti kimyasal kompozisyon değerlerinde önemli bir farklılığını saptamışlardır. Benzer şekilde López vd (2015), totoaba yavru (*Totoaba*

*macdonaldi*) yeminde balık unu yerine %19,5 oranında soya protein konsantresi kullanımının balık eti kimyasal kompozisyon değerlerini etkilemediğini bildirmişlerdir. Sevgili vd (2009) ve Doğan ve Erdem (2010), gökkuşuğu alabalığı yeminde balık unu yerine fındık küspesi kullanımının balık eti kimyasal kompozisyon değerlerinin bu çalışma sonuçlarına benzer olarak gruplar arasında değiştirmedini bildirilmiştir. Slawski vd (2012), gökkuşuğu alabalığı yeminde balık unu yerine %29,5 oranda kolza protein konsantresi kullanımının balık eti kimyasal kompozisyon değerlerini ham kül değeri hariç gruplar arasında değiştirmedini bildirmişlerdir. Alternatif protein kaynaklarının balık unu yerine kullanıldığında balık eti kimyasal kompozisyon parametreleri üzerine önemli etkisinin olduğu çalışmalarda vardır. Bu çalışmalar arasında Shafaeipour vd (2008), gökkuşuğu alabalığı yeminde kanola unu kullanımının balık eti ham yağ ve kuru madde oranını artırdığını, ham protein ve kül oranını etkilemediğini rapor etmişlerdir. Çalışmalar arasında balık eti kimyasal kompozisyon parametreleri arasında görülen farklılıklar, deneme yemlerinde protein ve yağ kaynaklarının farklı olması ve DDGS'nin farklı ham yağ içeriğine sahip olması ile açıklanabileceği bildirilmektedir (Gatlin vd 2007, Sealey 2011, Barnes vd 2012b).

#### 4.1.8. Deneme-1 yemlerinin sindirilebilirlik oranları

Azalan balık unu yerine farklı oranlarda DDGS içeren Deneme-1 yemlerinin kuru madde sindirilebilirlik oranı (KMSO), ham protein sindirilebilirlik oranı (HPSO), ham yağ sindirilebilirlik oranı (HYSO) ve enerji sindirilebilirlik oranı (ESO) değerleri Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Deneme-1 yemlerinin KMSO, HPSO, HYSO ve ESO değerleri arasında görülen farklılıklar yapılan tek yönlü varyans (Anova) analizi sonucunda önemsiz bulunmuştur ( $P>0,05$ ). Deneme yemlerinin KMSO gruplar arasında karşılaştırıldığında en yüksek Kontrol grubunda (%77,25) bulunurken, en düşük KMSO DDGS30 grubu (%76,27) yeminde, HPSO değerleri karşılaştırıldığında en yüksek HPSO DDGS30 yeminde (%92,53) bulunurken en düşük DDGS10 yeminde (%91,64), HYSO değerleri karşılaştırıldığında en yüksek HYSO DDGS20 yeminde (%94,56) bulunurken en düşük Kontrol (%94,09) yeminde, ESO değerleri karşılaştırıldığında ise en yüksek ESO DDGS30 yeminde (%89,72) bulunurken en düşük Kontrol yeminde (%89,10) tespit edilmiştir.

Balık yemlerinde yeni bir hammaddenin kullanılabilirliğinin tespitinde, o hammaddenin besin madde sindirilebilirliğinin de araştırılması gerekmektedir (Bureau vd 2002). DDGS protein kaynağı ile ilgili olarak balıklar üzerinde yapılan araştırmalarda besin madde sindirilebilirliği üzerine fazla çalışmaya rastlanmamıştır (Chatvijitkul vd 2016).

Bu araştırmada yapılan sindirilebilirlik çalışması sonucunda KMSO değerleri (%76,27-%77,25) gruplar arasında bulunmuştur. Bu sonuçtan farklı olarak Cheng ve Hardy (2004a) gökkuşuğu alabalıkları ve Magalhães vd (2015) levrek (*Dicentrarchus labrax*) balıkları üzerinde yaptıkları sindirilebilirlik çalışmalarında, DDGS içeren yemlerin KMSO değerlerinin Kontrol yemine göre istatistiksel olarak önemli derecede düşük bulmuşlardır. Prachom vd (2013) ise gökkuşuğu alabalıklarında yüksek proteine

sahip DDGS (HDDGS) ile yaptıkları çalışma sonucunda yemdeki HDDGS oranı arttıkça DDGS kuru madde sindirilebilirliğinin arttığını bildirmişlerdir.

Çizelge 4.10. Deneme-1 yemlerinin kuru madde, ham protein, ham yağ ve enerji sindirilebilirlik oranları

Parametreler	Deneme-1 yemleri			
	Kontrol	DDGS10	DDGS20	DDGS30
KMSO (%)	77,25±0,29	77,14±0,38	76,32±0,40	76,27±0,95
HPSO (%)	91,99±0,32	91,64±0,32	92,06±0,53	92,53±0,66
HYSO (%)	94,09±0,22	94,52±0,10	94,56±0,46	94,33±0,29
ESO (%)	89,10±0,19	89,49±0,21	89,56±0,28	89,72±0,50

Yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur ( $P>0,05$ )

KMSO: Kuru madde sindirilebilirlik oranı, HPSO: Ham protein sindirilebilirlik oranı, HYSO: Ham yağ sindirilebilirlik oranı, ESO: Enerji sindirilebilirlik oranı

HPSO değerleri gruplar arasında benzer bulunmuştur (Çizelge 4.10). Ancak DDGS30 grubu HPSO değerinin Kontrol grubuna göre bir miktar yüksek olduğu görülmektedir. Bu çalışmada DDGS artışı ile HPSO değerinde görülen artışa benzer olarak Magalhães vd (2015)'nin levrek balıklarında yapmış oldukları çalışmada, yemde %30 oranında DDGS kullanılan yemlerin HPSO değerinin (%92,85), Kontrol yemine (%91,88) göre istatistiksel olarak önemli derecede yüksek olduğunu ve DDGS'nin HPSO değerinin ise %96,26 olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde Barnes vd (2012a) çalışmasında DDGS içeren yemlerin HPSO değerleri (%93,4 - %94,1), Kontrol grubuna (%91,4) göre yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Prachom vd (2013), gökkuşuğu alabalıklarında HDDGS ile yaptıkları çalışma sonucunda yemdeki HDDGS oranı arttıkça HPSO değerinin arttığını saptamışlardır. Prachom vd (2013) çalışmalarında referans yemin HPSO değerini %90,5 olarak tespit ederken, yemde %30 oranında HDDGS içeren yemin HPSO değerini %93,3 olarak tespit etmişlerdir. Barnes vd (2012a)'nin bildirdiğine göre yemdeki HDDGS oranının artışı ile balık tarafından fosfor alınımının arttığı ve Prachom vd (2013)'nin çalışmalarındaki bulgularla benzer olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Salim vd (2010)'nin bulgularında DDGS'deki fosfor miktarının %0,48 - %0,91 arasında değiştiği bildirilmektedir. DDGS'nin fosfor içeriğinin balık ununa göre (%1,7 - %4,2) daha az olduğu bildirilmiştir (NRC 1993, Dale ve Batal 2002). DDGS'nin hem fosfor içeriğinin balık ununa göre düşük oranda olması, hemde fosfor kullanımının balıklar tarafından daha iyi olması nedeni ile balık yemlerinde DDGS'in kullanılması, çevreye daha düşük seviyede fosfor bırakılmasını sağlayacaktır (Cheng ve Hardy 2004b). Bu durum, daha az çevre kirliliği ve daha sürdürülebilir bir yetiştiricilik anlamına gelmektedir. Borquez vd (2011) gökkuşuğu alabalığı yeminde balık unu yerine alternatif protein kaynağı olarak lüpen (*Lupinus albus*) unu kullanımı sonucunda, bu çalışma sonuçlarına benzer olarak deneme gruplarının HPSO değerlerinin gruplar arasında benzer olduğunu bildirmişlerdir. Espe vd (2006) çalışmalarında, Atlantik salmon (*Salmo salar*) balıkları yeminde balık unu yerine bitkisel protein karışımı (Mısır glütenu ve buğday glütenu) amino asit ve balık çözünür madde ilavesi ile birlikte kullanıldığında, bitkisel içerikli yemlerin HPSO değerlerinin (%90,3 - %91,0), Kontrol yemi (%89,5) HPSO değerinden yüksek olduğu ancak



aralarında bu çalışmada olduğu gibi istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığını bildirmişlerdir. Bu çalışmada HPSO değerinin (%91,6 - %92,5), Cheng ve Hardy (2004a)'nin çalışma sonucundan (%88 - %90) bir miktar yüksek olup, Barnes vd (2012)'nin (%93,4 - %94,1) ve Prachom vd (2013)'nin çalışmalarındaki (%93,3) değerlerden düşük olduğu tespit edilmiştir. Gökkuşacağı alabalığı yeminde DDGS ve mısır gluteni karışımının balık unu yerine kullanılabilirliğinin araştırıldığı Stone vd (2005)'nin çalışmalarında deneme yemlerinin HPSO değerleri (%90) bu çalışmada elde edilen HPSO değerleri ile benzerlik göstermektedir. Ancak bu çalışma sonucundan farklı olarak Stone vd (2005)'nin çalışmalarında yemde DDGS ve mısır gluteni artışı ile HPSO değerinin azaldığı, bu azalmanın %2'yi geçmediği bildirilmiştir.

HYSO değerlerinin (%94,09 - %94,59), Cheng ve Hardy (2004a) çalışmasındaki değerlerden (%79 - %89) yüksek olup, Stone vd (2005)'nin (>%97) ve Magalhães vd (2015)'nin çalışmalarındaki (%95,83) değerlerden düşük olduğu tespit edilmiştir. Magalhães vd (2015)'nin çalışmasında, levrek balıkları yeminde %30 oranında DDGS ilavesi ile hazırlanan yemlerle beslenen balıkların bağırsak içeriğinde proteaz, lipaz ve amilaz enzim aktivitelerinin Kontrol grubundaki ile benzer olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca yemde %30 oranında DDGS kullanımında levrek balıklarının sindirim enzim aktiviteleri üzerine DDGS kullanımının olumsuz bir etkisinin olmadığını ifade etmişlerdir. Borquez vd (2011), gökkuşacağı alabalığı yeminde balık unu yerine alternatif protein kaynağı olarak lüpen (*Lupinus albus*) unu kullanımının bu çalışma sonuçlarına benzer olarak deneme gruplarının HYSO değerlerinin gruplar arasında benzer olduğunu bildirmişlerdir. Prachom vd (2013) ise gökkuşacağı alabalıklarında HDDGS ile yaptıkları çalışma sonucunda yemdeki HDDGS oranı arttıkça DDGS ham yağ sindirilebilirliğinin arttığını tespit etmişlerdir.

ESO değerleri ise Cheng ve Hardy (2004a) çalışma sonucundaki değerlerden yüksek bulunmuştur. Bu çalışmada gruplar arası ESO değerleri arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemsiz olduğu ( $P>0,05$ ), yemde DDGS artışı ile çok az ESO değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. DDGS arttıkça ESO değerindeki istatistiksel olarak önemli olmayan bu artışın nedeni Øverland vd (2009)'nin de bildirdiği üzere deneme yemlerindeki DDGS'nin ham yağ içeriğinden kaynaklı yemlerin ham yağ oranlarının artışından olabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada yemde DDGS içeren deneme gruplarının besin madde sindirilebilirlik oranlarının Kontrol grubu ile benzer çıkması, DDGS'nin üretim esnasındaki fermantasyon işleminin büyük etkisinin olduğu açıktır. Zhou vd (2010), bitkisel protein kaynaklarında fermantasyon işleminin besin madde sindirilebilirlik oranlarının artırılmasında etkili olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca bitkisel protein kaynaklarına fermantasyon işlemi uygulanmasının mikrobiyal aktivite ile hammaddenin besin madde değerinde de iyileşmeye neden olabileceği bildirilmiştir (Seo vd 2011). Soya küspesinin probiyotik özellikte olan laktik asit bakterileri (*Lactobacillus brevis*) ile fermantasyonu, Atlantik salmon balıklarında HYSO değerini iyileştirdiği Refstie vd (2005) tarafından bildirilmiştir. Yamamoto vd (2010), fermantasyon işlemi uygulanmış protein kaynaklarının, balıkların karaciğerinden salgılanan safra miktarını artırdığını, bağırsak morfolojisinde iyileşmeye neden olduğunu, HYSO ve karbonhidrat sindirilebilirlik oranı değerlerini artırdığını bildirmişlerdir. Fermantasyon işlemi sonrasında elde edilen DDGS protein kaynağının besin kalitesi ve besin madde

sindirilebilirlik oranlarında balık türüne bağlı olarak belirli oranlarda iyileşme olduğu yapılan çalışma sonuçlarında bildirilmektedir (Refstie vd 2005, Li vd 2010, Matsunari vd 2010, Li vd 2011b, Lim ve Lee 2011). Bu çalışmadaki KMSO, KYSO ve ESO değerlerinin büyük çoğunluğunun %89,10'un üzerinde çıkmasında yem kalitesi ve yemlerin üretimi esnasında kullanılan ekstrüzyon teknolojisinin gökkuşağı alabalıklarında büyük önemi olduğu Cheng ve Hardy (2003) tarafından ifade edilmiştir. DDGS içerikli yemlerin besin madde sindirilebilirlik oranlarının tespiti ile ilgili yapılan az sayıda çalışmaya ait sonuçların farklı olması, denemede kullanılan balık türüne (Thodesen vd 2001), DDGS üretim işlemine ve besin madde değerlerinin farklı olmasına bağlanabilir. Bağırsak villus yapısındaki emici yüzey alanı, besin madde sindirilebilirlik oranları ile yakından ilişkilidir (Apper vd 2016). Bu çalışma bulgularında besin madde sindirilebilirlik oranı değerlerinin gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığı sonucu, bağırsak histomorfometrik ölçüm sonuçlarının önemli derecede farklı olmaması ile desteklenmektedir (Çizelge 4.10). Çünkü Bu çalışma sonuçlarında olduğu gibi Cheng ve Hardy (2004a), Stone vd (2005) ve Barnes vd (2012a) gökkuşağı alabalıklarında, (Magalhães vd 2015) levrek balıkları ve kaya levreği (*Argyrosomus regius*) balıklarında besin madde sindirilebilirlik oranları göz önüne alındığında DDGS kullanım potansiyelinin yüksek olduğunu rapor etmişlerdir.

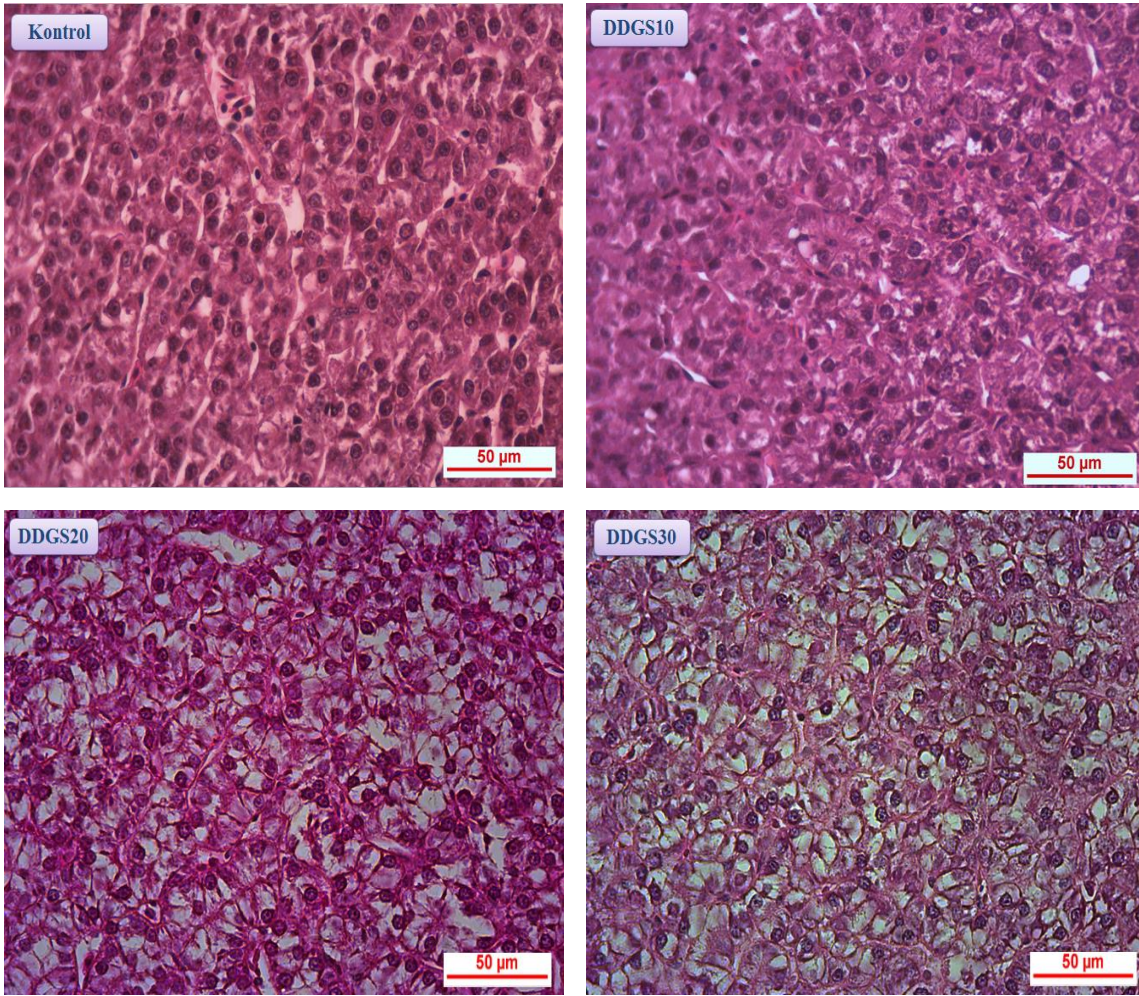
#### 4.1.9. Balıkların karaciğer histolojisi

Azalan balık unu yerine farklı oranlarda DDGS içeren Deneme-1 yemleri ile 84 gün süreyle beslenen gökkuşağı alabalıklarından deneme sonunda alınan karaciğer dokularına yapılan histolojik analiz sonucunda elde edilen görüntüler Şekil 4.6'da verilmiştir.

Yapılan histolojik incelemeler sonucunda Kontrol yemi ve yemde %10 oranında DDGS kullanılan DDGS10 yemi ile beslenen balıkların karaciğer dokularına ait bulgular birbirine benzer iken yemde %20 ve %30 oranında DDGS kullanılan DDGS20 ve DDGS30 yemleriyle beslenen balıklara ait karaciğer dokularında elde edilen bulgularda Kontrol grubuna göre bir miktar karaciğer hücre sitoplazmasındaki vakuollerde artış ve bazı hepatosit hücre nükleuslarının merkezi konumda olmadığı görülmüştür. DDGS20 ve DDGS30 grubu balıkların hepatosit hücre nükleus çaplarının histomorfometrik ölçüm sonuçları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir ( $P>0,05$ ) (Bkz. Çizelge 4.7). Deneme yemlerinde balık unu yerine %30 oranına kadar kullanılan DDGS protein kaynağının, balıkların karaciğer hücre nükleus çapı üzerinde önemli bir etkiye neden olmadığı tespit edilmiştir.

Bu çalışmada yemde %20 ve %30 oranında DDGS kullanılan yemlerle beslenen balıkların karaciğerinde meydana gelen bulgulara benzer olarak Martínez-Llorens vd (2012) çalışmasında çipura balıkları yemine keçiyoynuzu çekirdeği ununun (carob seed germ meal) yemde %34 ve %52 oranında kullanımının, balıkların karaciğer hücre sitoplazmasındaki vakuollerde artışa ve bazı hücre çekirdeklerinde yer değişimine neden olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde Yamamoto vd (2010) çalışmasında 7 saat (FSK-1) ve 10 saat (FSK-2) fermantasyon işleminden geçirilmiş soya küspesi ve mısır gluteni ile birlikte gökkuşağı alabalığı yemine kullanılması sonrasında bu çalışma sonuçlarına benzer olarak karaciğer hücre sitoplazmasında bir miktar yağlanma

meydana geldiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada yemde DDGS artışı ile yemlerin toplam ham yağ oranı artmakta, balık yağı oranı ise azalmakta ve dolayısı ile yemlerin yağ asit değerleri değişmektedir. Montero vd (2001), Caballero vd (2004) ve Wassef vd (2007) çalışmalarında bildirilen bulgulara benzer olarak DDGS20 ve DDGS30 gruplara ait balıkların karaciğer hücre sitoplazmasındaki vakuollerde artış ve hücre çekirdeklerinin bazılarında yer değişimi olduğu düşünülmektedir. Baeza-Ariño vd (2016), çipura balıkları yeminde balık unu yerine bitkisel protein karışımı (bakla ve pirinç protein konsantresi) kullanımının, bu çalışma sonuçlarına benzer olarak balıkların karaciğer hücre sitoplazmasındaki vakuollerde ve karaciğer hücre nükleus çapı değerlerinde önemli oranda artışa neden olduğunu saptamışlardır.



Şekil 4.6. Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşuğu alabalıklarının karaciğer histolojileri. H&E, 40x

Martínez-Llorens vd (2012) çalışmasında uzun süre bitkisel protein kaynağı ile beslemenin balıkların karaciğer hücrelerinde yağlanmaya ve histopatolojik problemlere neden olabileceğini bildirmişlerdir. Nogales Mérida vd (2010), sivriburun karagöz (*Diplodus puntazzo*) balıkları yeminde balık unu yerine yemde %35 oranında ayçiçeği küspesi kullanımı sonucunda, gruplar arasında karaciğer hücrelerinde önemli bir farklılığın olmadığı ancak yemde ayçiçeği küspesinin artışı ile hücre sitoplazmasında bir miktar artış ve hücre nükleusunda önemli olmayan bir büyümenin görüldüğünü

bildirmişlerdir. Bu çalışmada olduğu gibi yapılan bazı araştırmalarda yemde kullanılan bitkisel protein kaynaklarının çeşidine, oranına, süresine ve balık türüne bağlı olarak balıkların karaciğer yapısı ve salgılanan safra asidi üzerine bitkisel kaynaklı hammaddelerin etkisinin olduğu bildirilmektedir (Krogdahl vd 2003, Yamamoto vd 2007).

#### 4.1.10. Balıkların bağırsak histolojisi

Azalan balık unu yerine farklı oranlarda DDGS içeren Deneme-1 yemleriyle 84 gün süreyle beslenen gökkuşağı alabalıklarından deneme sonu alınan arka bağırsak dokularına yapılan histolojik analizler sonucunda elde edilen histomorfolojik görüntüler Şekil 4.7’de ve Şekil 4.8’de verilmiştir. Dokuların boyanması sonrasında mikroskopta Şekil 3.8 ve Şekil 3.9’da gösterildiği üzere villus kalınlığı, villus yüksekliği, villus alanı, lamina propria genişliği, submukoza tabaka kalınlığı, stratum kompaktum kalınlığı ve musküler tabaka kalınlığı histomorfometrik ölçüm sonuçları Çizelge 4.11’de verilmiştir. Histolojik analizler sonrasında deneme yemlerinde kullanılan DDGS, balıkların arka bağırsak histomorfolojisi üzerinde lamina propria genişliği hariç önemli bir olumsuzluğa neden olmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.11. Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşağı alabalıklarının bağırsak histomorfometrik ölçümleri

Parametreler	Deneme-1 grupları			
	Kontrol	DDGS10	DDGS20	DDGS30
Villus kalınlığı (mm)	0,12±0,02	0,13±0,03	0,13±0,02	0,13±0,02
Villus yüksekliği (mm)	0,71±0,23	0,70±0,20	0,73±0,25	0,75±0,29
Villus alanı (mm <sup>2</sup> )	0,08±0,03	0,08±0,03	0,09±0,02	0,09±0,03
LP kalınlığı (µm)	14,71±3,16 <sup>a</sup>	15,33±4,80 <sup>ab</sup>	17,41±5,19 <sup>c</sup>	16,65±5,80 <sup>bc</sup>
SB kalınlığı (µm)	14,19±3,45	14,91±5,60	15,25±4,71	14,82±5,76
SC kalınlığı (µm)	9,92±2,62	10,05±3,01	10,92±3,77	10,65±4,32
ML kalınlığı (µm)	77,92±17,35	78,70±17,07	78,52±13,01	78,64±17,76
Goblet hücre sayısı*	9,13±2,88	9,67±3,94	10,13±3,77	9,97±3,60

Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05)

Her grup için n=90 (10 ölçüm x 3 balık x 3 tank)

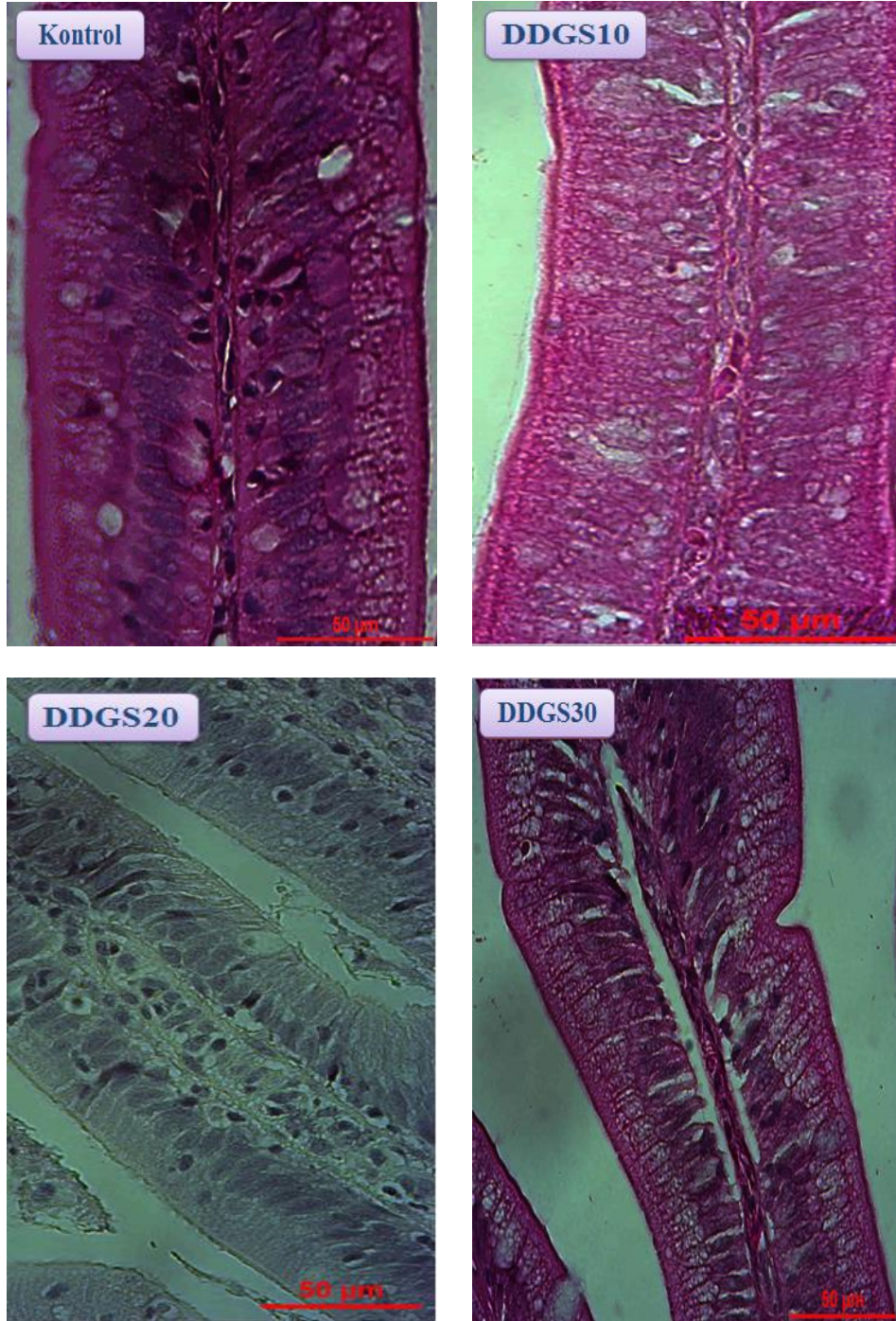
LP: lamina propia, SB: submukoza tabakası, SC stratum kompaktum, ML: musküler tabaka

\*Villus başına düşen goblet hücre sayısı.

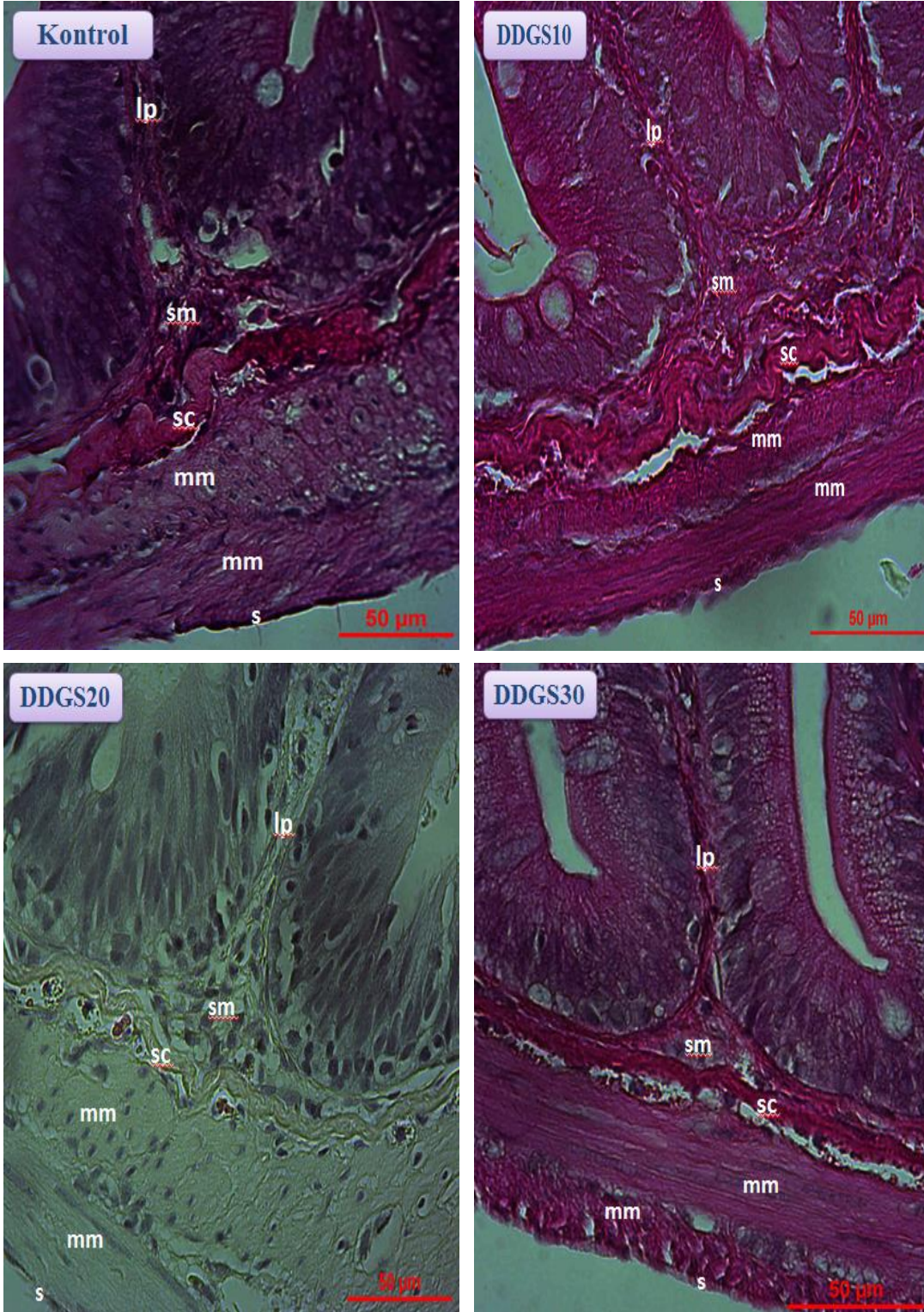
Çizelge 4.11’de verilen histomorfometrik ölçüm sonuçlarında grupların villus kalınlıkları, villus yükseklikleri, villus alanı değerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (P>0,05). DDGS içeren yemlerle beslenen balıklara ait villusların kalınlıklarında Kontrol grubuna göre artış görüldüğü ancak bu artışın istatistiki olarak önemsiz olduğu tespit edilmiştir (P>0,05). Yine benzer şekilde Kontrol grubuna göre DDGS içeren yemlerle beslenen balıkların villus yüksekliğinde ve villus alanında bir miktar artış olduğu ancak bu artışların istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir (P>0,05).

Histomorfometrik ölçümlerden lamina propria genişliği incelendiğinde, Kontrol grubunda 14,71 µm, DDGS10 grubunda 15,33 µm, DDGS20 grubunda 17,41 µm ve DDGS30 grubunda ise 16,65 olduğu görülmektedir (Çizelge 4.11). Gruplar arası lamina propria genişliği değerleri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemlidir ( $P < 0,05$ ). Yemde DDGS artışı ile lamina propria histomorfometrik ölçüm sonuçlarında (Çizelge 4.11) ve görüntülerde (Şekil 4.7) genişleme olduğu tespit edilmiştir. Ancak Kontrol grubu ile yemde DDGS'nin %10 olarak kullanıldığı DDGS10 grubu lamina propria genişliği değerleri arasındaki farklılıkların önemli olmadığı saptanmıştır ( $P > 0,05$ ). Deneme grupların submukoza kalınlığı, stratum kompaktum kalınlığı, musküler tabaka kalınlığı değerleri Çizelge 4.11'de verilmiştir ve bu değerler arasında önemli bir farklılık görülmemiştir ( $P > 0,05$ ). Benzer şekilde villus başına düşen goblet hücre sayılarında da gruplar arasında önemli bir farklılık olmadığı, benzer sonuçların elde edildiği görülmüştür.

Balıkların bağırsak histolojisi, beslemenin balık üzerindeki patolojik etkisini açığa çıkarmada önemli bir yoldur (Bonaldo vd 2011). Bitkisel protein kaynaklarının balık yemlerinde kullanılabilirliği ile ilgili yapılan birçok araştırmada karaciğer ve bağırsak dokularına ait histolojik analizler ve incelemeler yapılmıştır (Heikkinen vd 2006). Alternatif protein kaynaklarından biri olan DDGS'nin gökkuşağı alabalıkları yeminde kullanılabilirliğini araştırırken büyüme parametreleri, yem değerlendirme parametreleri ve besin madde sindirilebilirlik oranları incelenmesine ilaveten bağırsak histolojisinde elde edilen bulgular bize DDGS protein kaynağı hakkında önemli bilgiler vermektedir. DDGS'nin gökkuşağı alabalığı yeminde kullanımı sonrasında balıkların bağırsak histolojisi ve histomorfometrik olarak incelenmesi ile ilgi yapılmış yeterli çalışma bulunmamaktadır. Yapılan bu çalışmada balık unu yerine değişik oranlarda DDGS'nin kullanımı ile hazırlanan deneme yemleriyle beslenen balıkların arka bağırsak dokularındaki olası etkileri histolojik incelemeler ile ortaya konmaya çalışılmıştır.



Şekil 4.7. Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşuğu alabalıklarının arka bağırsaktaki villuslara ait görüntüler. H&E, 40x



Şekil 4.8. Deneme-1 yemleriyle beslenen gökkuşuğu alabalıklarının arka bağırsak duvarına ait histolojik görüntüler. H&E, 20x

Görüntülerdeki lp: lamina propria, sm: submukoza, sc: stratum kompaktum, mm: muskularis mukoza, s: seroza.

Deneme-1 sonunda gökkuşuğu alabalıklarından alınan arka bağırsak dokularının histolojik analiz sonuçlarında Kontrol-1 grubu balıkların villus histomorfolojisinin normal yapıda olduğu görülmektedir (Şekil 4.7 ve Şekil 4.8). DDGS protein kaynağının kullanıldığı DDGS10, DDGS20 ve DDGS30 yemleriyle beslenen deneme grubu balıklarına ait villus yapısında Kontrol grubuna göre önemli bir değişiklik görülmemiştir. Çizelge 4.11’de görüleceği üzere villus yüksekliği, villus kalınlığı ve villus alanı değerleri grupları arasında benzer olduğu bulunmuştur. Bu çalışma sonuçlarına benzer olarak Bansemmer vd (2015), yemde soya küspesi (kimyasal çözücü ile ekstrakte edilmiş) ve soya protein konsantresi kullanımı sarıkuyruk (*Seriola lalandi*) balıklarının villus yüksekliği, villus kalınlığı ve villus alanı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Ye vd (2016), Atlantik salmon (*Salmo salar*) balıkları yeminde kimyasal yöntemle ekstrakte edilen ketencik tohumu unu %20 oranına kadar balık unu yerine kullandıklarında villus kalınlığı, villus yüksekliği ve villus alanı değerleri bu çalışma sonuçlarına benzer olarak gruplar arasında önemli bir farklılığın olmadığını rapor etmişlerdir. Martínez-Llorens vd (2012) çalışmasında çipura balıkları yeminde keçiyoynuzu çekirdeği unu yemde %34 oranında kullanımının, villus yüksekliği değerleri üzerine bu çalışma sonucuna benzer olarak önemli bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Martínez-Llorens vd (2012), yemde %17 oranında keçiyoynuzu çekirdeği unu kullanımında villus kalınlığının Kontrol grubu ile benzer iken yemde %34 ve %52 oranında kullanıldığında ise bu çalışma sonucundan farklı olarak önemli oranda villus kalınlığında azalma olduğunu bildirmişlerdir. Baeza-Ariño vd (2016), çipura balıkları (174 g) yeminde balık unu yerine %30 ve %60 oranında bitkisel protein karışımı (bakla ve pirinç protein konsantresi) kullanımının, bu çalışma sonuçlarına benzer olarak villus yüksekliği üzerinde önemli bir etkisi olmaz iken, balık unu yerine %90 oranında bitkisel protein karışımı kullanıldığında balıkların villus yüksekliğinde Kontrol grubuna göre önemli oranda artış görüldüğünü rapor etmişlerdir. Baeza-Ariño vd (2016), yemde balık unu yerine bitkisel protein karışımı (bakla ve pirinç protein konsantresi) kullanımının bu çalışma sonuçlarından farklı olarak villus kalınlığı üzerinde önemli derecede azalmaya neden olduğunu saptamışlardır. Monge-Ortiz vd (2016)’nin çalışmasında 131 g ağırlığındaki çipura balıkları yeminde balık ununun yerine tamamen veya kısmen bitkisel protein kaynaklarının (Buğday gluteni, soya küspesi ve kolza küspesi) kullanımının, bu çalışma sonucundan farklı olarak villus uzunluğunu önemli oranda arttırdığını bildirmişlerdir. Ancak Monge-Ortiz vd (2016)’nin çalışmasında balık unu yerine bitkisel protein kaynakları kullanımının bu çalışma sonucunda olduğu gibi villus kalınlığı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı saptanmıştır. Buradan yemdeki bitkisel protein kaynaklarının çeşidi ve oranı balıkların bazı bağırsak histomorfometrik parametrelerin etkilenmesinde önemli olduğu anlaşılmaktadır. Bu çalışmada yemde minimum %54,16 oranında balık unu ile birlikte %30 oranına kadar DDGS kullanımının, gökkuşuğu alabalığı arka bağırsak lamina propria genişliği hariç Çizelge 4.11’de verilen diğer parametreler üzerine önemli bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır. Bansemmer vd (2015)’nin gerçekleştirdiği çalışmada soya küspesi (kimyasal çözücü ile ekstrakte edilmiş), sarıkuyruk (*Seriola lalandi*) balıklarının bağırsak yapısı üzerine önemli derecede olumsuz bir etkisi olmaz iken Iwashita vd (2008) gökkuşuğu alabalıkları ve Krogdahl vd (2015) Atlantik salmon (*Salmo salar*) balıkları üzerine yaptıkları araştırmalarda yemdeki soya saponin miktarının artışıyla balıklarda villus yüksekliğinin azalması, villus genişliğinin artması, villus yapılarında katlanmaların artması, lamina propria ve submukozada lökosit inflamasyon artışı ve enterosit hücrelerindeki supranuklear absorbetif vakuollerin



azalması gibi önemli derecede olumsuz etkilerin olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan bazı çalışmalarda soya küspesine fermantasyon işlemi uygulanması sonrasında antibesinsel maddelerin azalması nedeni ile balıkların bağırsak villus yapısı üzerine daha az oranda olumsuz etkinin meydana geldiği bildirilmiştir (Matsunari vd 2010, Yamamoto vd 2010). Buradan anlaşılacağı üzere, balıkların bağırsak yapısı üzerine bitkisel hammaddelerdeki antibesinsel maddelerin varlığı ve oranının önemli olduğu açıktır. Bu çalışmada kullanılan DDGS protein kaynağı soya küspesi ve lüpen gibi bitkisel protein kaynaklarına göre çok daha az miktarda antibesinsel madde içerdiği yapılan çalışmalar sonucunda bildirilmektedir (Storebakken vd 2000, Francis vd 2001, Refstie vd 2005, Gatlin vd 2007, Iwashita vd 2008, Bórquez vd 2011, Abdel-Warith vd 2013, Collins 2014, Krogdahl vd 2015). Ayrıca Yamamoto vd (2010), bitkisel protein kaynağında fermantasyon işleminin karaciğer ve bağırsak histomorfolojisi üzerine olumlu etkisinin olduğunu saptamışlardır. DDGS'nin balıkların bağırsak yapısı üzerine daha az olumsuz etkinin olacağı bu çalışma sonuçları ile de desteklenmektedir.

Çizelge 4.11'de görüleceği üzere sadece villus lamina propria genişliğinin yemdeki DDGS oranı arttıkça istatistiksel olarak önemli oranda arttığı görülmüştür ( $P<0,05$ ). Ancak, lamina propria genişliğindeki artışın büyüme, yem değerlendirme parametreleri ve besin madde sindirilebilirlik oranları üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığı anlaşılmaktadır. Martínez-Llorens vd (2012), yemde keçiyoynuzu çekirdeği ununun %34 ve %52 oranında kullanılması ile hazırlanan yemlerle çipura (*Sparus aurata*) balıklarını 84 gün süreyle beslemesi sonrasında balıkların bağırsak villus yapısındaki lamina propria genişliği Kontrol grubuna göre bu çalışma sonucuna benzer olarak arttığını bildirmişlerdir. Yine benzer şekilde Monge-Ortiz vd (2016)'nin çalışmasında 131 g ağırlığındaki çipura balıkları yemide balık ununun yerine tamamen veya kısmen bitkisel protein kaynaklarının (Buğday gluteni, soya küspesi ve kolza küspesi) kullanımının villus lamina propria genişliğini önemli oranda artırdığını bildirmişlerdir. Baeza-Ariño vd (2016), çipura balıkları (174 g) yemide balık unu yerine bitkisel protein karışımı (bakla ve pirinç protein konsantresi) kullanımının, bu çalışma sonuçlarına benzer olarak lamina propria genişliğinde önemli oranda artışa neden olduğunu rapor etmişlerdir. Bansenmer vd (2015), sarıkuyruk (*Seriola lalandi*) yemide soya protein konsantresi kullanımı lamina propria genişliği üzerinde olumsuz bir etkisinin olmadığını saptamışlardır. Bu çalışma da balık unu yerine DDGS kullanımının lamina propria genişliğini önemli oranda arttırdığı sonucunun, Ye vd (2016)'nin yemde ketencik tohumu ununun balık unu yerine kullanımı ile balıkların villus lamina propria genişliğinde meydana getirdiği artış ile benzer olduğu anlaşılmıştır. Yemde bitkisel protein kaynaklarının kullanımının balıkların villus lamina propria genişliğinde artışa neden olması sonucundan farklı olarak Nogales Mérida vd (2010), sivriburun karagöz (*Diplodus puntazzo*) balıkları yemide balık unu yerine yemde %35 oranında ayçiçeği küspesi kullanımı sonucunda lamina propria genişliği üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Barnes vd (2014), yemde balık unu yerine %35 oranında PepSoyGen (fermantasyon işleminden geçirilmiş, %51 proteine sahip hammadde) kullanımı ile gökkuşağı alabalıklarınının 94 gün süreyle beslenmesi sonrasında balıkların lamina propria genişliğinde Kontrol grubu ile aralarında önemli bir farklılığın olmadığını rapor etmişlerdir. Ayrıca yapılan beslemenin süresinde, bağırsak üzerinde meydana gelen histopatolojik etki açısından önemli olduğunu, besleme süresinin artışı ile balıkların yeme adapte olarak yemdeki antibesinsel madde içeriğine karşı belli oranlarda tolerans gösterebileceği Barnes vd

(2014) tarafından bildirilmiştir. Bu görüş Venold vd (2012)'nin çalışmasındaki sonuçlarla da desteklenmekte olup, gökkuşağı alabalıklarında seçilmiş (SE: Jenerasyonu değişik olan 8 farklı balık grubundan seçilen ve tamamen bitkisel protein kaynakları içeren yemlerle 4 jenerasyon beslenen bu balıkların içerisinde iyi büyüyen bireylerin seçilmesi ve bu balıklardan elde edilen yavru balıklar) balıkların üretilmesi yöntemiyle elde edilen balıklarda soya küspesine karşı olan toleransın artabileceği ifade edilmiştir.

Bu çalışmada submukoza kalınlığı, stratum kompaktum kalınlığı, musküler tabaka kalınlığı değerleri gruplar arasında benzer olup, yemdeki DDGS artışından etkilenmediği tespit edilmiştir. Bu çalışma sonuçlarına benzer olarak Martínez-Llorens vd (2012)'nin çalışmasında keçiyoynuzu çekirdeği unu ve Monge-Ortiz vd (2016)'nin çalışmasında bitkisel protein kaynakları karışımı (Buğday gluteni, soya küspesi ve kolza küspesi) kullanımının çipura balıklarının submukoza kalınlığı ve musküler tabaka kalınlığı değerleri üzerine önemli bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Atlantik salmon balıkları yeminde kimyasal yöntemle ekstrakte edilen ketencik tohumu unu %20 oranına kadar balık unu yerine yemde kullanıldığında submukoza değerinin bu çalışma sonuçları ile benzerlik gösterdiği rapor edilmiştir (Ye vd 2016).

Bu çalışmada villus başına düşen goblet hücre sayısı 9,1 ile 10,1 arasında olduğu, deneme grupları arasında goblet hücre sayısında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığı, ancak yemde DDGS artışı ile bir miktar arttığı tespit edilmiştir. Martínez-Llorens vd (2012), çipura balıkları yeminde keçiyoynuzu çekirdeği ununu yemde %34 oranına kadar kullandıklarında bu çalışma sonucuna benzer olarak goblet hücre sayısında önemli bir farklılığa neden olmadığı, yemde %52 oranında kullandıklarında ise istatistiksel olarak önemli bir artışın yaşandığını bildirmişlerdir. Baeza-Ariño vd (2016), çipura balıkları (174 g) yeminde balık unu yerine bitkisel protein karışımı (bakla ve pirinç protein konsantresi) kullanımının, bu çalışma sonuçlarındaki artışa benzer olarak, villus başına düşen goblet hücre sayısında istatistiksel olarak önemli artışa neden olduğunu bildirmişlerdir. Baeza-Ariño vd (2016) goblet hücre sayısı artışının protein sindirilebilirliğinin yetersiz oluşundan kaynaklanmış olabileceğini ifade etmişlerdir. Bu çalışmada gruplar arası ham protein sindirilebilirlik oranının benzer olması, balıkların bağırsak villus yapısındaki goblet hücre sayısının benzer olmasıyla da uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Marchetti vd (2006) ve Martínez-Llorens vd (2012) yemde mısır gluteni kullanımı sonrasında villus yapısındaki goblet hücre sayısının azalmasının, bağırsak yapısının fiziksel, kimyasal veya zararlı mikroorganizma saldırılarına karşı daha az korunması ve besinlerin sindiriminde azalmaya neden olabileceğini bildirmişlerdir. Atlantik salmon balıkları yeminde kimyasal yöntemle ekstrakte edilen ketencik tohumu ununun %20 oranına kadar balık unu yerine yemde kullanıldığında villus başına düşen goblet hücre sayısının bu çalışma sonuçlarına benzer olarak gruplar arasında benzer olduğu bildirilmiştir (Ye vd 2016). Bu çalışma sonuçlarında yemde DDGS artışı ile goblet hücre sayısında azalma olmadığı, dolayısı ile bağırsak sağlığı üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Ye vd (2016)'nin çalışmasında Atlantik salmon balıkları yeminde ketencik tohumu unu %20 oranına kadar balık unu yerine yemde kullanılması, balıkların bağırsak yapısında herhangi bir inflamasyona neden olmadığı sonucu, bu çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Azalan balık unu yerine %50 oranında bitkisel

protein karışımı (yemde %13,0 mısır, %6,0 ayçiçeği küspesi, %6,2 soya küspesi) içeren yemlerle iki ay beslenen gökkuşacağı alabalıklarının bağırsak morfolojisi üzerinde herhangi bir inflamasyona rastlanmadığı bildirilmiştir (Navarrete vd 2012). Bu durumun bitkisel protein karışımındaki soya küspesi oranının düşük olması nedeni ile olabileceği bildirilmiştir. soya küspesinin kullanıldığı diğer bir çalışmada ise, kobia (*Rachycentron canadum*) balıkları yeminde balık unu yerine çeşitli işlemlerden geçirilmiş soya küspesi %28,5 oranında kullanılması sonrasında, balıkların arka bağırsak villus yapısı üzerinde önemli bir inflamasyona rastlanmadığı bildirilmiştir (Romarheim vd 2008b). Soya küspesinden farklı olarak salmon balıkları yeminde bezelye protein konsantresinin %20 oranında kullanımının, balıkların bağırsak ağırlığında ve arka bağırsak histomorfolojik yapısında soya küspesinde görülen olumsuz etkilerin görülmediği bildirilmiştir (Øverland vd 2009). Bu çalışmada, soya küspesine göre çok daha az oranda antibesinsel madde içeren DDGS protein kaynağının oranı yem de en fazla %30 oranında kullanılmış ve yemdeki balık unu oranında çok az bir azalma gerçekleşmiştir. Hem yemdeki DDGS oranının çok yüksek olmaması, hemde DDGS'nin antibesinsel madde içeriğinin düşük olması nedeni ile bu çalışma sonucunda, soya küspesi kullanımında görülen olumsuz sonuçların görülmediği tespit edilmiştir.

## 4.2. Deneme-2'ye Ait Bulgular ve Tartışma

### 4.2.1. Denemede kullanılan suyun fizikokimyasal özellikleri

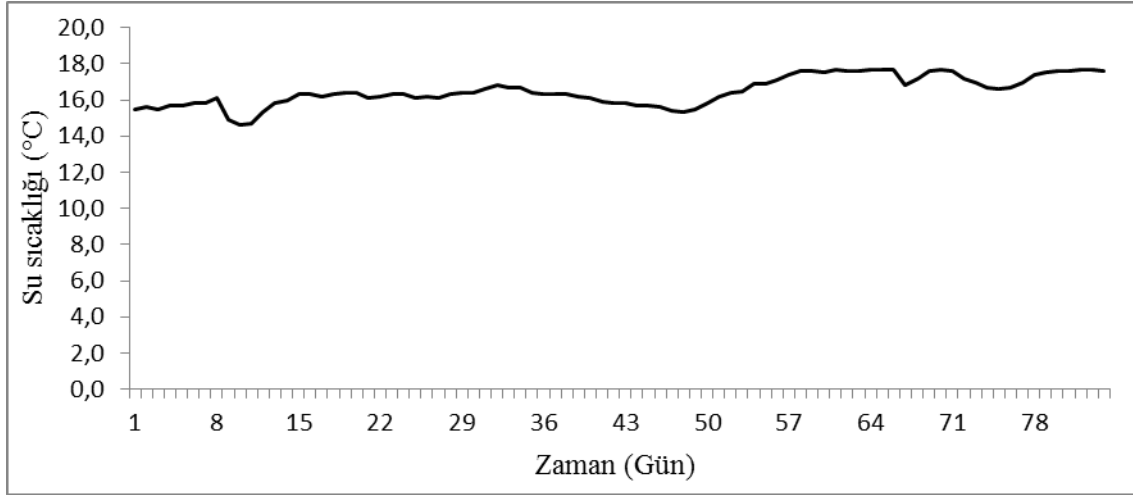
Deneme-2'de kullanılan suyun fizikokimyasal parametreleri Çizelge 4.12'de, su sıcaklığı grafiği ise Şekil 4.9'da verilmiştir. Deneme-2'nin yürütüldüğü nisan-temmuz aylarında 84 gün boyunca su sıcaklığı minimum 14,6 °C, maksimum 17,7 °C olarak ölçülmüş olup ortalama sıcaklık değeri ise 16,5 °C olarak kaydedilmiştir. Çözünmüş oksijen konsantrasyonu en düşük 7,3 mg/lt, en yüksek 9,0 mg/lt olarak ölçülmüş olup ortalama 7,7 mg/lt olduğu bulunmuştur. pH, amonyum, nitrit, nitrat ve diğer su kalite parametreleri Çizelge 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Deneme-2'de kullanılan suyun fizikokimyasal parametreleri

Parametreler	Min. - Mak.	Ort.
Sıcaklık (°C)	14,60-17,70	16,49
pH	7,10-7,34	7,16
Çözünmüş oksijen (mg/L)	7,30-9,00	7,73
Nitrit azotu (NO <sub>2</sub> -N, mg/L)	0,007-0,010	0,01
Nitrat azotu (NO <sub>3</sub> -N, mg/L)	1,907-2,351	2,13
Amonyum azotu (NH <sub>4</sub> -N, mg/L)	0,018-0,024	0,02
Toplam alkalinite (mg/L)	396,40	
Kalsiyum (mg/L)	136,97	
Magnezyum (mg/L)	27,10	
Florür (mg/L)	0,35	
Klorür (mg/L)	20,01	
Bromür (mg/L)	0,06	
Lityum (mg/L)	0,04	
Sodyum (mg/L)	21,74	
Potasyum (mg/L)	3,03	

Min: Minimum, Mak: Maksimum, Ort: Ortalama

Deneme-2'de tespit edilen su sıcaklığı, çözünmüş oksijen konsantrasyonu, pH ve Çizelge 4.12'de gösterilen diğer fizikokimyasal parametreler gökkuşağı alabalığı için literatürde verilen aralıklar içinde olduğu görülmektedir (Molony 2001). Su sıcaklığı değeri deneme boyunca yatay seyretmiştir. Su sıcaklığı, çözünmüş oksijen konsantrasyonu ve pH değerlerinin balıklar için uygun aralıklarda olduğu ve dolayısı ile bu parametreler balıkta strese neden olmamıştır. Denemede kullanılan sudaki diğer fizikokimyasal parametreler gökkuşağı alabalığı için kabul edilebilir değerler arasındadır.



Şekil 4.9. Deneme-2’de kullanılan suyun sıcaklık değişimi

#### 4.2.2. Büyüme parametreleri

##### 4.2.2.1. Ağırlık olarak büyüme

Deneme-2’de protein kaynağı olarak kullanılan soya küspesinin orta düzeyde protein ve amino asit kompozisyonu, balık ununa göre düşük fiyatı ve temin edilmesindeki kolaylık nedeniyle birçok balık yeminde alternatif protein kaynağı olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır (Watanabe 2002, Gatlin vd 2007, Sales 2009, Hardy 2010, Ayadi vd 2011, Ferrara vd 2015, Krogdahl vd 2015). Küresel alanda soya küspesi, balık yemlerinde en fazla kullanılan bitkisel protein kaynağı olarak bilinmektedir (Yue ve Zhou 2009). Soya küspesi diğer balık türlerinde olduğu gibi gökkuşağı alabalığı yemlerinde de yaygın olarak kullanılmaktadır (Gatlin vd 2007, Uran vd 2009, Yamamoto vd 2010, Ayadi vd 2011). Ancak soya küspesi, içeriğindeki antibesinsel maddelerin varlığı nedeniyle balıklarda istenmeyen sonuçlara neden olduğu bildirilmektedir (Storebakken vd 2000, Francis vd 2001, Refstie vd 2005, Gatlin vd 2007, Iwashita vd 2008, Merrifield vd 2009, Sealey vd 2009, Abdel-Warith vd 2013, Collins 2014, Krogdahl vd 2015). Yapılan bu çalışmanın bu bölümünde, soya küspesine göre daha ucuz ve daha az oranda antibesinsel madde içeren etanol endüstrisi yan ürünü olan DDGS protein kaynağının gökkuşağı alabalığı yeminde soya küspesi yerine kullanılabilirliği araştırılmıştır.

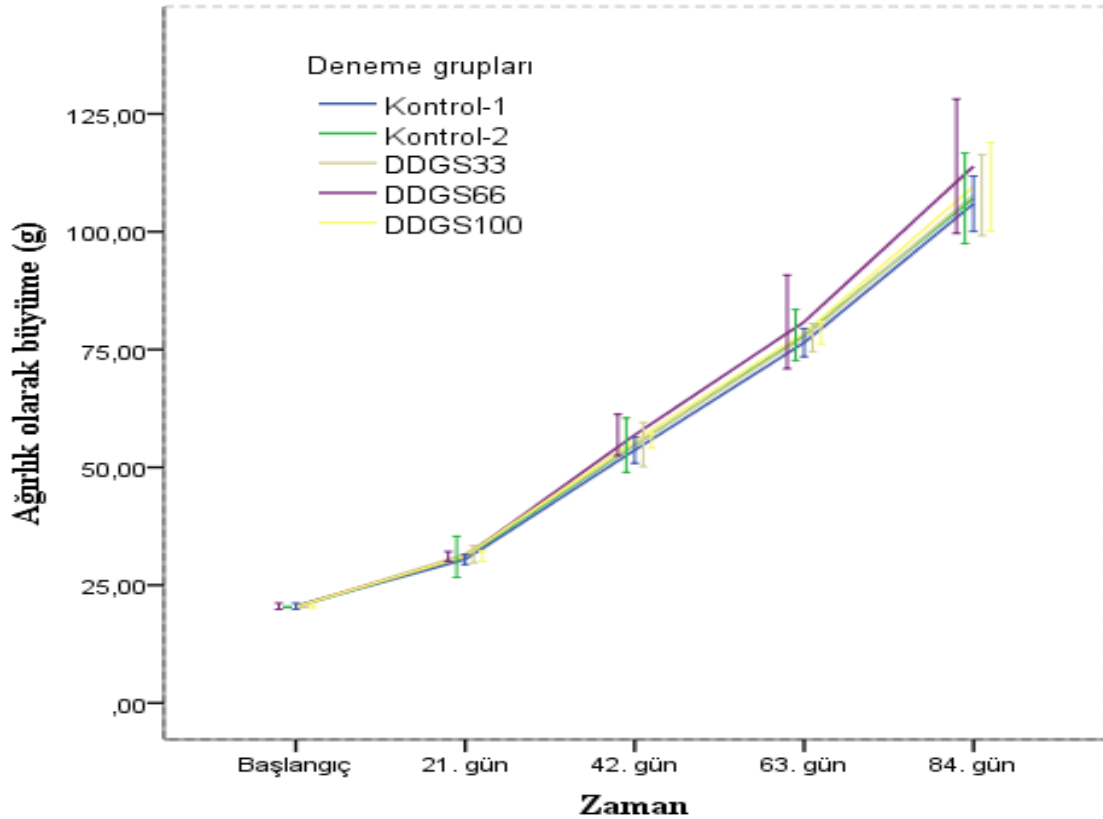
Soya küspesi yerine farklı oranlarda DDGS içeren Deneme-2 yemleriyle 84 gün süreyle beslenen gökkuşağı alabalıklarının deneme başı ve 21 günlük dönemlere ait canlı ağırlık ortalamaları Çizelge 4.13 ve Şekil 4.10’da verilmiştir. Deneme-2 de deneme başı, 21. ve 42.gündeki grupların canlı ağırlık ortalamaları arasındaki farklılıkların tek yönlü varyans (Anova) analizi sonucunda önemsiz bulunurken ( $P>0,05$ ), 63. ve 84.gündeki (deneme sonu) canlı ağırlık ortalamaları arasındaki farklılıklar ise önemli bulunmuştur ( $P<0,05$ ) (Çizelge 4.13). Başlangıç canlı ağırlık ortalamaları  $20,46\pm 0,38$  g olan Deneme-2 grubu balıklarda deneme sonu itibariyle en iyi büyüme, yemde soya küspesinin %66’sı yerine DDGS kullanılan DDGS66 grubunda ( $113,89\pm 5,74$  g) görülürken bu grubu yemde soya küspesinin tamamı yerine DDGS kullanılan DDGS100 grubu ( $109,55\pm 3,77$  g) izlemiştir. Deneme-2 gruplarında en az

büyüme ise Kontrol-1 grubunda ( $105,93 \pm 2,35$  g) görülmüştür (Şekil 4.10). Kontrol-1, Kontrol-2, DDGS33 ve DDGS100 gruplarına ait canlı ağırlık ortalamaları arasındaki farklılıkların, istatistiksel olarak önemli olmadığı bulunmuştur. Kontrol-2, DDGS33, DDGS66 ve DDGS100 gruplarının canlı ağırlık ortalamaları arasındaki farklılıkların önemsiz olduğu, Kontrol-2 yemindeki %16,17 oranındaki soya küspesinin tamamı yerine DDGS kullanıldığında, canlı ağırlık artışı değerlerinin benzer olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.13. Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşuğu alabalıklarının dönemlere ait canlı ağırlık ortalamaları (g)

Dönemler	Deneme-2 grupları				
	Kontrol-1	Kontrol-2	DDGS33	DDGS66	DDGS100
Den. başı*	20,54±0,27	20,37±0,04	20,40±0,05	20,53±0,26	20,45±0,13
21.gün	30,45±0,42	31,01±1,76	31,58±0,74	31,10±0,40	31,15±0,44
42.gün	53,64±1,11	54,71±2,32	54,85±1,88	56,87±1,77	55,68±0,65
63.gün	76,46±1,20 <sup>b</sup>	78,08±2,18 <sup>ab</sup>	77,55±1,20 <sup>ab</sup>	80,86±4,01 <sup>a</sup>	78,50±0,97 <sup>ab</sup>
84.gün	105,93±2,35 <sup>b</sup>	107,10±3,87 <sup>ab</sup>	107,78±3,46 <sup>ab</sup>	113,89±5,74 <sup>a</sup>	109,55±3,77 <sup>ab</sup>

Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05). \*Deneme başı



Şekil 4.10. Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşuğu alabalıklarının dönemlere ait canlı ağırlık artışları

Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşığı alabalıklarının deneme sonu büyüme parametrelerinden canlı ağırlık artışı (CAA), yüzde canlı ağırlık artışı (YCAA), spesifik büyüme oranı (SBO), termal büyüme katsayısı (TBK) ve kondüsyon faktörü (KF) değerleri Çizelge 4.14’de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşığı alabalıklarının deneme sonu büyüme parametreleri

Parametre	Deneme-2 grupları				
	Kontrol-1	Kontrol-2	DDGS33	DDGS66	DDGS100
CAA <sup>1</sup>	85,40±2,09 <sup>b</sup>	86,73±3,88 <sup>ab</sup>	87,38±3,43 <sup>ab</sup>	93,36±5,65 <sup>a</sup>	89,11±4,36 <sup>ab</sup>
YCAA <sup>2</sup>	415,84±4,94 <sup>b</sup>	425,86±19,29 <sup>ab</sup>	428,31±16,01 <sup>ab</sup>	454,70±26,34 <sup>a</sup>	435,68±14,95 <sup>ab</sup>
SBO <sup>3</sup>	1,95±0,01 <sup>b</sup>	1,98±0,04 <sup>ab</sup>	1,98±0,04 <sup>ab</sup>	2,04±0,06 <sup>a</sup>	2,00±0,04 <sup>ab</sup>
TBK <sup>4</sup>	1,44±0,02 <sup>b</sup>	1,46±0,04 <sup>ab</sup>	1,46±0,04 <sup>ab</sup>	1,52±0,06 <sup>a</sup>	1,48±0,04 <sup>ab</sup>
KF <sup>5</sup>	1,23±0,01	1,24±0,01	1,23±0,01	1,24±0,01	1,23±0,01

Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05)

<sup>1</sup>CAA: Canlı ağırlık artışı (g balık<sup>-1</sup>), <sup>2</sup>YCAA: Yüzde canlı ağırlık artışı (%), <sup>3</sup>SBO: Spesifik büyüme oranı (% gün<sup>-1</sup>), <sup>4</sup>TBK: Termal büyüme katsayısı (% gün<sup>-1</sup>), <sup>5</sup>KF: Kondüsyon faktörü

Deneme-2 gruplarının CAA, YCAA, SBO ve TBK değerleri üzerinde yapılan tek yönlü varyans (Anova) analizine göre gruplar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,05) (Çizelge 4.14). Deneme sonu CAA değerlerine bakıldığında en fazla artış, soya küspesi yerine yemde %20 oranında DDGS kullanılan grupta (DDGS66) (93,36±5,65 g) gerçekleşmiştir. Bu grubu yeme %30 oranında DDGS kullanılan grup (DDGS100) (89,11±4,36 g), sonrasında %10 oranında DDGS kullanılan grup (DDGS33) (87,38±3,43 g) ve %0 oranında DDGS kullanılan Kontrol-2 grubu (86,73±3,88 g) gelirken en az CAA ise Kontrol-1 grubunda (85,40±2,09 g) görülmüştür. CAA’na benzer olarak en düşük SBO değeri Kontrol-1 grubunda (1,95±0,01 % gün<sup>-1</sup>) bulunurken, en yüksek SBO değeri ise DDGS66 grubunda (2,04±0,01 % gün<sup>-1</sup>) elde edilmiştir. DDGS66 grubuna ait YCAA ve TBK değerlerinin Kontrol-1 grubuna göre önemli derecede daha iyi olduğu tespit edilmiştir (P<0,05). Ancak grupların CAA, YCAA, SBO ve TBK ortalamaları arasındaki farklılıkların Kontrol-1 grubu haricinde önemsiz bulunmuştur (P>0,05). Kondüsyon faktörü incelendiğinde ise gruplar arasındaki farklılıkların önemsiz olduğu saptanmıştır (P>0,05).

Yapılan literatür taraması sonrasında, Çizelge 4.14’te verilen gökkuşığı alabalığı büyüme parametrelerine ait değerlerin Thiessen vd (2003a), Bilgin vd (2007), Tusche vd (2011), Tusche vd (2012), Güroy vd (2013), Ouraji vd (2013), Jalili vd (2013), Lu vd (2015)’nin çalışmalarındaki bulgular ile benzer olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma sonucunda, yemde soya küspesinin tamamı yerine DDGS (Yemde %30 oranında) kullanılabileceği, ancak en iyi büyümenin soya küspesinin %66’sı yerine DDGS (Yemde %20 oranında) kullanılan DDGS66 grubunda görülmüştür. Bu çalışmanın sonucuna benzer olarak Rahman vd (2015), pisi balığı (*Paralichthys olivaceus*) yeminde DDGS, buğday unu ve mısır glüten unu yerine yemde %28 oranında kullanıldığında Kontrol grubu ile benzer bir CAA değerinin elde edildiğini, en fazla CAA değerinin ise yemde %7 oranında DDGS kullanılan grup balıklarında

görüldüğünü bildirmişlerdir. Øverland vd (2013), yemde %25 oranında DDGS içeren yemlerle beslenen gökkuşağı alabalıklarında, diğer bitkisel protein kaynakları (ayçiçeği küspesi, kolza unu ve bezelye unu) içeren yemlerle beslenen kontrol grubu balıklarına göre daha fazla CAA gerçekleştiğini bildirmişler. Bu çalışma sonucunda da yemde soya küspesi yerine %30 oranında DDGS içeren (DDGS100) yemlerle beslenen balıklardaki CAA değerinin, Kontrol-2 ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Øverland vd (2013), yemde bitkisel protein karışımı yerine %50 oranında (yemde %22,5 oranında HDDGS) DDGS kullanılan yemlerle beslenen balıklar, Kontrol grubu balıklarına göre daha iyi büyüdüğünü ancak aralarında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığını bildirmişlerdir. Yemde bitkisel protein karışımı yerine %100 oranında (yemde %45 oranında HDDGS) DDGS kullanılan yemlerle beslenen balıkların, Kontrol grubu ile bu çalışma sonucunda olduğu gibi benzer bir büyüme gösterdiği bildirilmiştir. Rahman vd (2013), bu çalışmanın sonucuna benzer olarak kara mercan (*Acanthopagrus schlegeli*) yeminde %24, Choi vd (2014b) Kore kaya balığı (*Sebastes schlegeli*) yeminde %14 orana kadar DDGS'nin, balıkların CAA değerlerinde Kontrol grubuna göre azalma görülmeden kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Schaeffer vd (2011), 19,1 g ağırlığındaki tatlısu levreği (*Perca flavescens*) yeminde soya küspesi yerine DDGS'nin yemde %30 ve %40 oranında kullanıldığında, bu çalışma da olduğu gibi Kontrol grubuna göre daha fazla CAA ve YCAA gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Yemde %50 oranında DDGS kullanıldığında ise Kontrol grubu ile benzer bir CAA gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu çalışma sonucuna benzer olarak Choi vd (2014a) mercan balıkları (*Pagrus major*) yeminde buğday unu ve mısır gluteni yerine prinçten elde edilmiş DDGS'nin yemde büyüme üzerine olumsuz bir etkisi olmadan %25 oranında kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Robinson ve Li (2008), kanal yayın balıklarında (*Ictalurus punctatus*) yaptığı çalışmada, yemde %30-40 oranında lizin ilavesi ile birlikte DDGS kullanılabileceğini rapor etmişlerdir. Yemde soya küspesi kullanılan Kontrol grubuna göre, soya küspesi ve DDGS'nin birlikte kullanıldığı yemlerle beslenen gruba ait balıkların CAA değerinin bu çalışma sonucunda olduğu gibi daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Zhou vd (2010), yavru hibrit yayın (kanal yayını *Ictalurus punctatus* x mavi yayın *Ictalurus furcatus*) balıkları yeminde soya küspesi ve mısır unu yerine DDGS'nin, balıkların CAA ve YCAA değerlerinde azalma görülmeden yemde %30 oranında kullanılabileceğini ifade etmişlerdir. Zhou vd (2010) bu çalışma sonucuna benzer şekilde, %30 oranında DDGS içeren yemlerle beslenen balıkların Kontrol grubuna göre önemli derecede CAA ve YCAA değerlerinde daha iyi sonuç elde edildiğini saptamışlardır. Li vd (2011b), kanal yayın balıkları yeminde %30 oranında DDGS kullanılmasının, Kontrol ile benzer büyüme ve yem değerlendirme sonuçlarını elde etmişlerdir. Yemde %30 oranında DDGS kullanımının balıkların CAA değerlerini, yemde soya küspesi içeren yemlerle beslenen balıklara göre istatistiksel olarak önemli oranda daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Yine aynı çalışmada yemde %42 oranında soya küspesi bulunan yeme %1 ve %2 oranında maya ilave edilmesiyle balıkların CAA değerleri, yemde %30 oranında DDGS kullanılan yemle beslenen balıkların CAA değerlerinin benzer olduğu ve yeme ilave edilen mayanın balıkların CAA değerini arttırdığını bildirmişlerdir. DDGS'nin üretimi esnasında kullanılan maya (*Saccharomyces cerevisiae*) ve fermantasyon işleminden dolayı, DDGS içeren yemlerle beslenen balıkların büyüme parametrelerinde pozitif etkilerin olduğu bildirilmiştir (Oliva-Teles ve Goncalves 2001, Li ve Gatlin 2005, Li vd 2010, Gause ve Trushenski 2011, Li vd 2011a, Li vd 2011b).



Suprayudi vd (2015), soya küspesi ve prinç unu yerine DDGS yemde %20, %30 ve %40 oranında kullanılması ile kırmızı tilapia (*Oreochromis sp.*) balıklarına ait CAA değerlerinde gruplar arasında önemli bir farklılığın olmadığını saptamışlardır. Schaeffer vd (2009), Nil tilapia (*Oreochromis niloticus*) yeminde soya küspesi ve mısır unu yerine yemde %40 oranında DDGS protein kaynağının kullanılabilceğini, ancak en iyi CAA artışı değerinin yemde %20 oranında DDGS kullanıldığında elde edildiğini ifade etmişlerdir. Schaeffer vd (2009) yemde %20 DDGS kullanılan yemle beslenen balıkların YCAA değerleri (%66,5) ile Kontrol grubu balıkların değerleri (%73,8) arasında istatistiki olarak önemli bir farklılığın olmadığını tespit etmişlerdir. Lim vd (2007), Nil tilapia balıkları yeminde soya küspesi ve mısır unu yerine DDGS'nin yemde %20 oranında, Lim vd (2009) ise kanal yayın balıklarında %40 oranında DDGS kullanıldığında, balıkların CAA değerlerinde azalma görülmediğini bildirmişlerdir. Yine aynı çalışmada DDGS'nin yemde %40 oranında kullanıldığında balıkların büyümesinde azalma görüldüğü bu durumun DDGS'deki düşük lizin miktarından kaynaklandığını, yeme lizin ilavesi ile büyüme değerlerinde iyileşme görüldüğü bildirilmiştir. Welker vd (2014) tarafından yapılan diğer bir çalışmada soya küspesi ve mısır unu yerine yemde %30 oranında DDGS'nin, hibrit tilapia (*Oreochromis niloticus* × *Oreochromis aureus*) balıkları yeminde kullanılabilceğini bildirmişlerdir. Yine aynı çalışma sonuçlarında mısırdan elde edilen DDGS'nin kullanıldığı yemlerle beslenen balıklardaki CAA'nın, Kontrol grubu balıklara göre daha fazla gerçekleştiği, sorgum ve buğdaydan elde edilen DDGS'nin kullanıldığı yemlerle beslenen balıkların ise Kontrol grubu ile benzer CAA değerini verdiği tespit edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan deneme yemlerindeki balık unu miktarının yüksek olması nedeni ile yemlerin esansiyel amino asit seviyeleri (Bkz. Çizelge 3.6) gökkuşağı alabalığının gereksinim duyduğu seviyelerden yüksek olup DDGS kullanılan gruplarda CAA değerlerinde bir azalma görülmemiştir.

Bu çalışmada soya küspesinin yemde azalması ve DDGS'nin yemde artışı ile balıkların CAA, YCAA, SBO ve TBK değerlerinin attığı tespit edilmiştir. DDGS içeren gruplara göre Kontrol-2 grubu büyüme parametrelerinin düşük çıkması Francis vd (2001), Gatlin vd (2007), Iwashita vd (2008), Iwashita vd (2009) ve Yamamoto vd (2010)'nin bildirdiği soya küspesinde bulunan tripsin inhibitörü, lektinler, fitik asit, saponinler, antivitaminler, nişasta yapısında olmayan polisakkaritler ve oligosakkaritler gibi antibesinsel içeriklerin neden olabileceği ifade edilmektedir. Iwashita vd (2008), çok az miktarda soya küspesi'da bulunan saponinler ve lektinler gökkuşağı alabalığı bağırsak histomorfolojisi üzerine olumsuz etkisinin olduğunu ve soya küspesi içeren yemlerle beslenen balıkların büyüme parametrelerinin diğer gruplara göre kötüleşebileceğini bildirmişlerdir. DDGS içeren yemlerle beslenen balıkların daha iyi büyüme ve yem değerlendirme parametrelerine sahip olması, deneme balıklarının arka bağırsak histomorfolojik fotoğraflarına ve histomorfometrik ölçüm sonuçlarına bakıldığında daha iyi anlaşılmaktadır. Yemde DDGS oranı, soya küspesi oranına göre yüksek yemlerle beslenen balıkların bağırsak yapısında daha az olumsuz etkilerin olması ve düşük seviyede inflamasyonun görülmesi, büyüme parametrelerindeki sonuçlarla uyumlu olduğunu göstermektedir. Ayrıca DDGS'nin üretimi esnasında fermantasyona bağlı mikrobiyal aktivite gerçekleşmesi ve bu aktiviteye bağlı DDGS'de yararlı mikroorganizmaların bulunmasından dolayı büyüme ve yem değerlendirme parametreleri ve sindirilebilirlik üzerine olumlu etkisinin olabileceği bildirilmiştir (Seo vd 2011, Ramos vd 2015). Abdul Kader vd (2012), balık unu yerine mikroorganizmalar

yardımıyla fermantasyon işlemi gerçekleştirilen bitkisel protein kaynakları kullanımı sonucunda, yemdeki antibesinsel madde içeriğinin azalmasına ve balıkların yem alımının artmasına yardımcı olduğu bildirilmiştir. Yemde DDGS artışı, soya küspesi azalması ile ağırlık kazancının artması, soya küspesinde bulunan antibesinsel madde içeriğinin azalması ile olabileceği, salmon balıklarında saponinlerin bağırsak hücrelerini olumsuz yönde etkileyerek makro moleküllerin emilimini azalttığı bildirilmiştir (Romarheim vd 2011). Heikkinen vd (2006) ve Sealey vd (2009), gökkuşuğu alabalığı yemine soya küspesi kullanılması balıkların bağırsaklarında bulunan faydalı mikroorganizmaların türü ve yoğunluğu üzerine olumsuz etkisinden dolayı büyüme ve immün sistem üzerine önemli derecede olumsuz etkisinin olabileceğini rapor etmişlerdir. Yemde soya küspesine bağlı olarak balıkların safra asit miktarında azalma olduğu ve arka bağırsaktaki enzimatik aktivitenin azaldığı ifade edilmektedir (Krogdahl vd 2003, Yamamoto vd 2007). Bu nedenlerden dolayı bu çalışmada da Kontrol-2 ve DDGS33 grubuna ait besin madde sindirilebilirliğinde ve büyüme parametrelerinde diğer gruplara göre bir miktar olumsuz etkilerin görüldüğü düşünülmektedir. Bu çalışma sonuçlarında besin madde sindirilebilirlik değerlerinde, diğer gruplara göre yemde soya küspesinin neden olduğu balıkların karaciğer ve bağırsak üzerine olumsuz etkisi nedeni ile bir miktar azalmanın görüldüğü düşünülmektedir. Ayrıca yemdeki soya küspesinin artışının balıkların arka bağırsaktaki enzimatik aktiviteyi azalttığını bildirmişlerdir. Yapılan bazı araştırmalarda DDGS'nin yemde kullanılması sonrasında büyüme parametrelerinde olumlu sonuçların alınmasını, yemin sindirilebilirlik oranının artmasına ve yemdeki antibesinsel madde içeriklerinin azalmasına bağlamaktadır (Randall ve Drew 2010, Choi vd 2014a). Yukarıda bahsedilen nedenlerden dolayı yemde soya küspesinin %66'sı oranında DDGS (DDGS yemde %20 oranında) kullanıldığında en fazla CAA, YCAA, SBO ve TBK değerleri tespit edilmiştir. Li vd (2009), tek bir bitkisel protein kaynağının balık ununun tamamı yerine kullanılmayacağını, ancak karışım şeklinde protein kaynaklarının kullanılması ile amino asit dengesinin sağlanabileceğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada da en fazla CAA değeri, yemde soya küspesinin %66'sı oranında DDGS (Yemde %30 oranında) kullanılan DDGS20 grubu balıklarda görülmüştür. Kontrol-2 grubundaki soya küspesi miktarı, Kontrol-1 yemine bulunan balık unu proteinin (%45,5) %7,6'sı oranına (soya küspesi yemde %16,2 oranında) tekabül etmektedir. Balık unu yerine kullanılan soya küspesi oranı yüksek seviyede olmadığından büyüme parametrelerinde Kontrol-1 ve Kontrol-2 grubu değerlerinin benzer çıkması, soya küspesindeki antibesinsel madde içeriğinin düşük seviyelerde kalması nedeni ile olmuş olabileceği önceki çalışma sonuçlarında da bildirilmiştir (Heikkinen vd 2006). Yemde soya küspesi kullanımına bağlı olarak balıkların bağırsak histomorfolojisinde görülen bir takım olumsuzlukların olmasına rağmen bazı araştırma sonuçlarında balıkların büyüme parametrelerinde azalma görülmediği rapor edilmiştir. Heikkinen vd (2006), gökkuşuğu alabalığı yemine soya küspesi kullanılan gruba ait YDO değerinde ve bağırsak histolojisinde görülen olumsuz sonuca rağmen balıkların yem alımı, büyümesi ve davranışlarının Kontrol grubu ile benzer olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde salmon balıklarında soya küspesi içeriğinden dolayı bağırsak yapısında bir takım imflamasyon görüntüsüne rağmen balıkların CAA değerlerinde istatistiksel olarak önemli oranda olumsuz bir etkinin görülmediği bildirilmiştir (Krogdahl vd 2000, Refstie vd 2000). Yapılan çalışmalarda soya küspesinin balıklar üzerindeki olumsuz etkisi, soya küspesinin üretim sistemine, yemde kullanıldığı orana ve diğer yem içeriklerine bağlı olduğu bildirilmektedir. Bu çalışmada da yemde soya küspesi ve DDGS kullanılan yemlerle beslenen balıkların

karaciğer ve bağırsak histolojik analiz sonuçlarında Kontrol-1'e göre bir takım olumsuz sonuçların alınmasına rağmen bazı gruplarda Kontrol-1 ile benzer büyüme değerleri ve hatta daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Yapılan araştırmada KF değerleri incelendiğinde ise gruplar arasındaki farklılıkların önemsiz olduğu ( $P>0,05$ ), yemde DDGS artışının KF değerleri üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığı bulunmuştur (Çizelge 4.14). Rahman vd (2013), bu çalışmanın sonucuna benzer olarak kara mercan (*Acanthopagrus schlegeli*) yeminde buğday ve mısır glüten unu yerine DDGS kullanımının balıkların KF üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Schaeffer vd (2011), tatlısu levreği (*Perca flavescens*) yeminde soya küspesi yerine DDGS yemde %40 oranına kadar kullanıldığında bu çalışma sonucuna benzer olarak balıkların KF değeri üzerine önemli bir etkisinin olmadığını ifade etmişlerdir. Choi vd (2014a), mercan balıkları (*Pagrus major*) yeminde buğday unu ve mısır glüten unu yerine prinçten elde edilmiş DDGS'nin kullanılması sonrasında balıkların KF değerleri gruplar arasında benzer olduğunu bildirmişlerdir.

Birçok araştırmada bitkisel protein kaynağı yerine DDGS kullanımının büyüme parametrelerinde olumlu sonuçlara neden olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada olduğu gibi Lim vd (2007), Abo-State vd (2009), Schaeffer vd (2009), Zhou vd (2010), Schaeffer vd (2011), Øverland vd (2013), Rahman vd (2013), Choi vd (2014a,b), Rahman vd (2015) ve Suprayudi vd (2015), yemde DDGS protein kaynağının balıkların büyüme parametreleri üzerine olumsuz etkisi olmadan kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

#### 4.2.2.2. Boyca büyüme

Deneme-2 yemleriyle 84 gün süreyle beslenen gökkuşığı alabalıklarının deneme başı ve 21 günlük dönemlere ait boy ortalamaları Çizelge 4.15'te verilmiştir.

Çizelge 4.15. Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşığı alabalıklarının dönemlere ait boy ortalamaları (cm)

Dönemler	Deneme-2 grupları				
	Kontrol-1	Kontrol-2	DDGS33	DDGS66	DDGS100
Den. başı	12,20±0,20	12,17±0,06	12,17±0,06	12,27±0,06	12,23±0,06
21.gün	14,18±0,27	13,97±0,23	14,05±0,14	14,00±0,04	14,00±0,04
42.gün	16,77±0,35	16,33±0,23	16,93±0,15	17,00±0,20	16,87±0,06
63.gün	18,40±0,40	18,60±0,17	18,60±0,20	18,77±0,21	18,60±0,10
84.gün	20,53±0,21	20,50±0,20	20,90±0,44	20,83±0,35	20,67±0,25

Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ( $P<0,05$ )

Başlangıç boy ortalamaları 12,21 cm olan deneme-2 balıklarının deneme sonu boy ortalamaları 20,50 cm ile 20,90 cm arasında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.15). Deneme gruplarının başlangıç ve bütün dönemlere ait boy ortalamaları arasındaki

farklılıklar tek yönlü varyans (Anova) analizi sonucuna göre önemsiz bulunmuştur ( $P>0,05$ ).

#### 4.2.3. Yem değerlendirme parametreleri

Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşığı alabalıklarının deneme sonu yem değerlendirme parametrelerinden yem tüketimi (YT), yem değerlendirme oranı (YDO) ve protein etkinlik oranı (PEO) değerleri Çizelge 4.16’da verilmiştir.

Deneme-2 sonunda gruplara ait YT değerleri incelendiğinde en fazla YT değerinin DDGS66 ( $84,47\pm 4,05$  g balık<sup>-1</sup>) grubunda, en az YT değerinin ise Kontrol-1 ( $81,23\pm 0,64$  g balık<sup>-1</sup>) grubunda olduğu bulunmuştur. Gruplar arası YT değerleri arasındaki farklılıklar tek yönlü varyans (Anova) analizi sonucunda istatistiksel olarak önemsiz olduğu bulunmuştur ( $P>0,05$ ). Yemde soya küspesi yerine kullanılan DDGS protein kaynağının balıkların YT üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.16. Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşığı alabalıklarının yem değerlendirme parametreleri

Parametreler	Deneme-2 grupları				
	Kontrol-1	Kontrol-2	DDGS33	DDGS66	DDGS100
YT	81,23±0,64	84,13±1,02	83,83±1,50	84,47±4,05	83,53±1,22
YDO	0,95±0,03 <sup>ab</sup>	0,97±0,04 <sup>b</sup>	0,96±0,02 <sup>ab</sup>	0,90±0,03 <sup>a</sup>	0,93±0,03 <sup>ab</sup>
PEO	2,14±0,06 <sup>ab</sup>	2,10±0,10 <sup>b</sup>	2,12±0,05 <sup>b</sup>	2,26±0,06 <sup>a</sup>	2,15±0,06 <sup>ab</sup>

Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ( $P<0,05$ )

YT: Yem tüketimi (g balık<sup>-1</sup> 84 gün<sup>-1</sup>, kuru ağırlık), YDO: Yem değerlendirme oranı, PEO: Protein etkinlik oranı

Øverland vd (2013), yemde bitkisel protein kaynakları yerine %25 oranında DDGS kullanılan yemlerle beslenen gökkuşığı alabalıklarının yem tüketim değerlerinin kontrol grubuna göre önemli derecede arttığı sonucu, bu çalışmadaki yem tüketimi değerlerinin gruplar arasında değişmediği sonucundan farklı bulunmuştur. Ancak bitkisel protein kaynakları yerine yemde %50 oranında DDGS kullanıldığında bu çalışma sonucuna benzer olarak kontrol grubu ile aralarında önemli bir farklılığın olmadığı bildirilmiştir. Yine bu çalışma sonucuna benzer olarak Rahman vd (2015)’nin çalışmasında, pisi balığı yeminde buğday unu ve mısır glüten unu yerine DDGS kullanılması sonrasında balıkların YT değerlerinin gruplar arasında değişmediği bildirilmiştir. Benzer şekilde Choi vd (2014a) tarafından mercan balıkları (*Pagrus major*) yeminde buğday unu ve mısır gluteni yerine prinçten elde edilmiş DDGS’nin kullanılması sonrasında grupların YT değerlerinin benzer olduğunu bildirmişlerdir. Welker vd (2014), hibrit tilapia (*Oreochromis niloticus* × *Oreochromis aureus*) balıkları yeminde soya küspesi ve mısır unu yerine %30 oranında DDGS kullanılan grubun yem tüketim değerinin, bu çalışmada olduğu gibi Kontrol grubu ile benzer olduğunu saptamışlardır. Uyan vd (2006) ve Abdul Kader vd (2012), YT değerinin yemdeki amino asit içeriğinden etkilenebileceğini bildirmişlerdir. Bu çalışmadaki deneme yemlerinin esansiyel amino asit içeriğinin gökkuşığı alabalığı için yeterli olduğunu

analiz sonuçları doğrulanmıştır (Bkz. Çizelge 3.6). Bu açıdan da YT değerlerinde gruplar arasında önemli bir farklılığın olmadığı tespit edilmiştir. Heikkinen vd (2006), gökkuşacağı alabalığı yeminde %45 oranında soya küspesi içeren yemlerle besleme sonrasında YDO değerinde artış ve bağırsak histolojisinde görülen bir takım olumsuz bulgular olmasına rağmen YT değerinde önemli bir azalmanın olmadığını bildirmişlerdir. Abo-State vd (2009), Nil tilapia balıkları yeminde soya küspesi yerine DDGS kullanıldığında bu çalışma sonucuna benzer olarak balıkların YT değerlerinde gruplar arasında önemli bir farklılığın olmadığını bulmuşlardır.

Bu çalışmadaki grupların YDO değerleri incelendiğinde 0,90 - 0,97 arasında değişmiştir (Çizelge 4.16). Gruplar arasındaki en iyi YDO değerinin soya küspesi yerine yemde %20 oranında DDGS kullanılan DDGS66 yemi ile beslenen grupta ( $0,90\pm 0,03$ ) olduğu, en kötü YDO değerinin ise DDGS'nin kullanılmadığı ve bitkisel protein kaynağı olarak sadece soya küspesinin kullanıldığı yemle beslenen Kontrol-2 ( $0,97\pm 0,04$ ) grubunda olduğu bulunmuştur. Tek yönlü varyans (Anova) analizi sonucunda gruplar arasındaki YDO değerleri arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0,05$ ) (Çizelge 4.16). Ancak Kontrol-1, DDGS33, DDGS66 ve DDGS100 grupları arasındaki YDO değerleri arasında ise önemli bir farklılığın olmadığı görülmektedir.

Bu çalışmaya ait PEO değerleri incelendiğinde 2,10 - 2,26 arasında değişmiştir (Çizelge 4.16). Grupların PEO değerleri arasındaki farklılıklar tek yönlü varyans (Anova) analizine göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0,05$ ). Gruplar arasındaki en iyi PEO değeri YDO değerlerinde olduğu gibi DDGS66 grubunda ( $2,26\pm 0,06$ ) bulunurken, en kötü PEO değeri ise Kontrol-2 ( $2,10\pm 0,10$ ) ve DDGS33 ( $2,12\pm 0,05$ ) gruplarında tespit edilmiştir. Kontrol-1, DDGS66 ve DDGS100 gruplarının PEO değerleri arasındaki farklılıkların ise istatistiksel olarak önemsiz olduğu görülmektedir.

Øverland vd (2013), yemde bitkisel protein kaynakları (ayçiçeği küspesi, kolza unu ve bezelye unu) içeren yemlerle beslenen kontrol grubu balıklarına göre %25 ve %50 oranında DDGS içeren yemlerle beslenen gökkuşacağı alabalıklarına ait yem tüketimi ve YDO değerlerinde önemli derecede iyileşme olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmadaki yemde %20 oranında DDGS kullanılan DDGS66 grubuna ait YDO değeri, bitkisel protein kaynağı olarak sadece soya küspesi içeren Kontrol-2 grubuna göre Øverland vd (2013) çalışmasında da olduğu gibi önemli derecede iyileşme görüldüğü tespit edilmiştir. Yemde %30 oranında DDGS kullanılan DDGS100 grubu YDO değeri ile Kontrol-2 YDO değeri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığı ancak, YDO değerinde bir iyileşmenin olduğu görülmüştür. Rahman vd (2015), pisi balığı (*Paralichthys olivaces*) yeminde buğday unu ve mısır glüten unu yerine %28 oranında DDGS kullanıldığında, yem tüketim değerinde gruplar arasında önemli bir farklılığın olmadığını, ancak yemde DDGS artışı ile bu çalışma sonucunda olduğu gibi yem tüketiminde bir miktar artış olduğunu bildirmişlerdir. Schaeffer vd (2011), tatlisu levreği (*Perca flavescens*) yeminde soya küspesi yerine DDGS'nin yemde %50 oranına kadar kullanıldığında, Kontrol grubuna benzer YDO ve PEO değeri elde edildiği bildirilmiştir. Bu çalışma sonucunda soya küspesi yerine DDGS yemde %20 oranında kullanıldığında daha iyi YDO ve PEO değeri elde edilirken %10 ve %30 oranında DDGS kullanıldığında Schaeffer vd (2011) çalışmasında da belirtildiği gibi gruplar

arası YDO ve PEO değerlerinde önemli bir farklılık görülmemiştir. Choi vd (2014a) mercan balıkları (*Pagrus major*) yeminde buğday unu ve mısır gluteni yerine prinçten elde edilmiş DDGS'nin kullanılmasının, PEO değerleri üzerinde olumsuz bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Robinson ve Li (2008), kanal yayın (*Ictalurus punctatus*) balıklarında yaptığı çalışmada yemde soya küspesi ve DDGS kullanımında elde edilen YDO değeri, soya küspesi kullanımı sonucundaki elde edilen değerden düşük olduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada da Robinson ve Li (2008)'nin bulgularına benzer olarak soya küspesi yerine yemde DDGS kullanılmasının YDO değerinde iyileşmeye neden olduğunu saptamışlardır. Benzer şekilde Zhou vd (2010) tarafından yavru hibrit yayın (kanal yayını *Ictalurus punctatus* x mavi yayın *Ictalurus furcatus*) balıkları yeminde soya küspesi ve mısır unu yerine %30 oranında DDGS lizin ilaveli veya ilavesiz olarak kullanımı sonucunda YDO ve PEO değerlerinin bu çalışma sonuçlarıyla uyumlu olarak iyileştiği bildirilmiştir. Li vd (2011b), kanal yayın balıkları üzerinde yaptıkları çalışmada, yemde %30 oranında DDGS kullanılan yemlerle beslenen balıkların YDO değeri balık unu içeren Kontrol grubu YDO değeri ile benzer olduğunu, yemde %30 oranında DDGS kullanılan yemlerle beslenen balıkların bulunduğu grup YDO değerinin, yemde soya küspesi bulunan yemlerle beslenen balıkların YDO değerine göre önemli derecede daha iyi olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca Li vd (2011b) çalışmasında, yemde %42 oranında soya küspesi kullanılan yeme %1 veya %2 oranında maya ilave edilmesi sonucunda balıkların YDO değeri, yemde %30 oranında DDGS kullanılan yemle beslenen balıkların YDO değeri ile benzer olduğunu, yeme ilave edilen mayanın balıkların YDO değerini iyileştirdiğini, bu iyileşmenin mayada bulunan nükleotitlerin balıkların bağırsak yapısı üzerine olumlu etkisinden dolayı olabileceğini bildirmişlerdir. Bu çalışmadaki DDGS100 ile Kontrol grubunun YDO değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığı saptanmıştır. Bu sonuca benzer olarak Welker vd (2014), hibrit tilapia balıklarının yeminde %30 oranında DDGS'nin kullanılması ile beslenen gruba ait YDO ve PEO değerleri ile Kontrol grubu YDO ve PEO değerlerinin birbirine benzer olduğunu bildirmişlerdir. Schaeffer vd (2009), Nil tilapia yeminde soya küspesi ve mısır unu yerine %20 oranında DDGS kullanılan yemle beslenen balıkların YDO değerleri ile Kontrol grubu arasında önemli bir farklılığın olmadığını ancak yemde %30 ve %40 oranında DDGS kullanıldığında YDO değerinin diğer iki gruba göre önemli derecede kötüleştiğini bildirmişlerdir. Benzer bir sonucunda Abo-State vd (2009)'nin çalışmasında olduğu, yemde soya küspesi yerine %28 oranında DDGS kullanıldığında bu çalışma sonuçlarına benzer olarak Nil tilapia balıkları YDO ve PEO değerlerinde önemli derecede iyileşme olduğunu rapor etmişlerdir. Diğer gruplara göre Kontrol-2'nin YDO ve PEO değerlerinin bir miktar kötü olmasını soya küspesinde bulunan antibesinsel maddelerin varlığı ile açıklanmaktadır. Tidwell vd (2005), iri ağızlı siyah levrek (*Micropterus salmoides*) balıklarında soya küspesi kullanımında büyüme ve yem değerlendirme parametrelerinin kötüleşmesinin yemdeki amino asit seviyesi veya yemin lezzetliliğinden kaynaklanmadığını, soya küspesinde bulunan antibesinsel maddelerin varlığı ile olabileceğini bildirmişlerdir. Hixson vd (2016), yemde ketencik tohumu unu (*Camelina sativa*) kullanımında antibesinsel madde içeriği nedeni ile salmon ve gökkuşuğu alabalıklarının yem alımında azalma ve YDO değerinde kötüleşmeye neden olduğunu bildirmişlerdir.

#### 4.2.4. Ekonomik değerlendirme parametreleri

Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşuğu alabalıklarının deneme sonu ekonomik değerlendirme parametrelerinden yem maliyeti (YM), ekonomik dönüşüm oranı (EDO) ve ekonomik karlılık indeksi (EKİ) Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Deneme-2 yemlerinde soya küspesinin yemde azalması ve DDGS protein kaynağının yemde artışına bağlı olarak yem maliyeti önemli oranda azaldığı Çizelge 4.17’de görülmektedir. En düşük YM, yemde en fazla DDGS kullanılan DDGS100 yeminde (3,74 ₺/kg) hesaplanırken, en yüksek YM ise yemde protein kaynağı olarak bitkisel protein kaynağı kullanılmayıp sadece balık unu kullanılan Kontrol-1 yeminde (4,31 ₺/kg) hesaplanmıştır. Soya küspesinin tamamı yerine DDGS kullanılan DDGS100 yeminin maliyeti (3,74 ₺/kg), Kontrol-2’nin (4,07 ₺/kg) yem maliyetine göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir.

Deneme-2 yemleriyle beslenen balıklara ait deneme sonu EDO ve EKİ değerleri incelendiğinde gruplar arasındaki farklılıkların tek yönlü varyans (Anova) analizi sonucunda istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur ( $P < 0,05$ ). Gruplar arası en düşük EDO değeri DDGS66 ( $3,49 \pm 0,10$  ₺/kg) ve DDGS100 ( $3,51 \pm 0,10$  ₺/kg) gruplarında görülürken en yüksek Kontrol-1 grubunda ( $4,11 \pm 0,10$  ₺/kg) görülmüştür. Gruplar arası en yüksek EKİ değeri DDGS66 ( $0,47 \pm 0,03$  ₺ balık<sup>-1</sup>) grubunda görülürken en düşük Kontrol-1’de ( $0,39 \pm 0,02$  ₺ balık<sup>-1</sup>) görülmüştür.

Çizelge 4.17. Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşuğu alabalıklarının ekonomik değerlendirme parametreleri

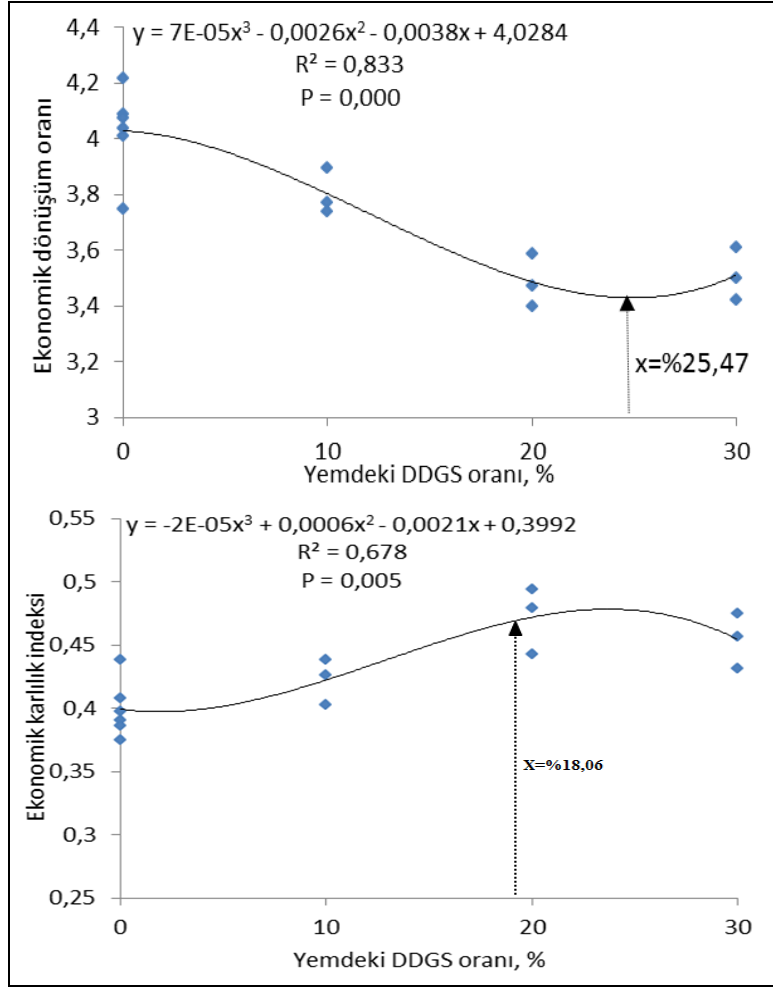
Parametreler	Deneme-2 grupları				
	Kontrol-1	Kontrol-2	DDGS33	DDGS66	DDGS100
YM (₺/kg) <sup>1</sup>	4,31	4,07	3,96	3,85	3,74
EDO (₺/kg) <sup>2</sup>	$4,11 \pm 0,10^c$	$3,95 \pm 0,18^{bc}$	$3,80 \pm 0,09^b$	$3,49 \pm 0,10^a$	$3,51 \pm 0,10^a$
EKİ (₺ balık <sup>-1</sup> ) <sup>3</sup>	$0,39 \pm 0,02^c$	$0,41 \pm 0,03^c$	$0,42 \pm 0,02^{bc}$	$0,47 \pm 0,03^a$	$0,45 \pm 0,02^{ab}$

Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir ( $P < 0,05$ )

<sup>1</sup>Yem maliyeti. Yem maliyetinin hesaplanmasında kullanılan Kasım 2014 ayı hammadde fiyatları: DDGS 0,56 ₺/kg (250 \$, Nova Yem Gıda Tar. Ürn. Mak. San. Tic. Ltd. Şti. Seyhan, Adana); balık unu 3,81 ₺/kg (1700\$-Karsusan Karadeniz Su Ürünleri Sanayii A.Ş.); soya küspesi 1,30 ₺/kg (580 \$); Dolar kuru: 1 \$ = 2,24 ₺

<sup>2</sup>Ekonomik dönüşüm oranı

<sup>3</sup>Ekonomik karlılık indeksi hesaplanmasında balık satış fiyatı 7 ₺/kg olarak alınmıştır (Anonim 2015b)



Şekil 4.11. Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşuğu alabalıklarının deneme sonu yemdeki DDGS oranı ile EDO ve EKİ arasındaki ilişki

Yemde soya küspesi yerine kullanılan DDGS'nin EDO üzerinde meydana getirdiği değişimin yaklaşık %83,3'ünü ( $R^2 = 0,833$ ;  $P = 0,000$ ), EKİ üzerinde meydana getirdiği değişimin ise yaklaşık %67,8'ini ( $R^2 = 0,678$ ;  $P = 0,005$ ) açıkladığı tespit edilmiştir (Şekil 4.11). Yemdeki DDGS oranı ile EDO ve EKİ arasında yapılan kübik regresyon model eşitliğinden yararlanılarak minimum EDO değeri DDGS'nin yemde %25,47 oranında, maksimum EKİ değeri ise DDGS'nin yemde %18,06 oranında kullanılması ile elde edilmiştir (Şekil 4.11). Yapılan çalışmalar sonucunda DDGS hammaddesinin kullanılması ile yem maliyetinin azaltılabileceği bildirilmiştir (Webster vd 1992, Barnes vd (2012b), Deniz vd 2013). Suprayudi vd (2015), yemde soya küspesi ve pirinç unu yerine DDGS kullanılması yem maliyetini bu çalışmada da olduğu gibi düşürdüğünü bildirmişlerdir. Robinson ve Li (2008) çalışmasında, DDGS protein kaynağının bol ve ucuz olması nedeni ile kanal yayın balıkları yeminde kullanılması oranını artırdığını bildirmişlerdir. Yemde soya küspesi yerine pamuk tohumu unu ve DDGS kullanılması ile kanal yayın balığı yem maliyetinin %10-20 oranında azalabileceği de bildirilmiştir (Robinson ve Li 2008).



#### 4.2.5. Visserosomatik indeks, hepatosomatik indeks ve karaciğer hücre nükleus çapı

Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşuğu alabalıklarının deneme sonu gruplara ait visserosomatik indeks (VSİ), hepatosomatik indeks (HSİ) ve karaciğer hücre nükleus çapı (KHNC) değerleri Çizelge 4.18’de verilmiştir. Grupların VSİ değerleri %10,77 ile %11,39 arasında, HSİ değerleri %1,32 ile %1,36 arasında ve KHNC değerleri ise 5,73 µm ile 6,02 µm arasında olduğu bulunmuştur. Yapılan tek yönlü varyans (Anova) analizi sonucunda grupların VSİ, HSİ ve KHNC değerlerinde gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığı bulunmuştur (P>0,05).

Çizelge 4.18. Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşuğu alabalıklarının deneme sonu VSİ, HSİ ve KHNC

Parametreler	Deneme-2 grupları				
	Kontrol-1	Kontrol-2	DDGS33	DDGS66	DDGS100
VSİ (%)	11,12±0,41	10,77±0,24	11,13±0,16	11,39±0,86	11,16±0,34
HSİ (%)	1,36±0,05	1,33±0,07	1,32±0,02	1,35±0,13	1,32±0,16
KHNC (µm)*	6,02±0,14	5,96±0,11	5,92±0,21	5,79±0,14	5,73±0,13

Yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur (P>0,05)

HSİ: Hepatosomatik indeks, VSİ: Visserosomatik indeks, KHNC: Karaciğer hücre nükleus çapı

\*Her grup için n=225 (25 ölçüm x 3 balık x 3 tank)

Bu çalışmada yemde soya küspesi yerine DDGS kullanımının balıkların HSİ değeri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.18). Bu çalışma sonucuna benzer olarak Rahman vd (2013), kara mercan (*Acanthopagrus schlegeli*) balıkları yeminde buğday unu ve mısır glüten unu yerine DDGS kullanımının HSİ üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Schaeffer vd (2009), yemde soya küspesi ve mısır unu yerine %20 oranında DDGS kullanılması ile hazırlanan yemlerle beslenen grup balıklarının HSİ değeri ile Kontrol grubu arasında önemli bir farklılığın olmadığını saptamışlardır. Ancak yemde %30 ve %40 oranında DDGS kullanılan grup balıkların HSİ değerleri diğer iki gruba göre önemli derecede azaldığı Schaeffer vd (2009) tarafından bildirilmiştir. Schaeffer vd (2011)’nin çalışmasında, yemde %30 oranına kadar DDGS kullanımının bu çalışma sonucuna benzer olarak HSİ değeri üzerine önemli bir etkisi yok iken yemde %40 ve %50 oranında DDGS kullanıldığında HSİ değerinin Kontrol grubuna göre arttığını bildirmişlerdir. Yemde buğday unu ve mısır glüten unu yerine DDGS’nin yemde %24 oranına kadar kullanıldığında, VSİ değerlerinin gruplar arasında değişmediği rapor edilmiştir (Rahman vd 2013). Schaeffer vd (2011), tatlısu levreği (*Perca flavescens*) yeminde soya küspesi yerine DDGS yemde %50 oranına kadar kullanıldığında bu çalışma sonucuna benzer olarak Kontrol ile DDGS gruplarının VSİ değerleri arasında önemli bir farklılığın olmadığını bildirmişlerdir. Yemde buğday ve mısır glüten unu azalması ve DDGS artışı ile hazırlanan yemlerle beslenen yavru kalkan balıklarında (*Paralichthys olivaceus*) (Rahman vd 2015) HSİ ve VSİ değerlerinin, mercan balıklarında (*Pagrus major*) (Choi vd 2014a) ise HSİ değerlerinin gruplar arasında bu çalışma sonuçlarına benzer olarak değişmediği bildirilmiştir.

KHNÇ, Ostaszewska vd (2005)'nin bildirdiği üzere hücrelerin metabolik aktiviteleri ile ilişkilidir. Gökkuşuğu alabalıklarında Ostaszewska vd (2005), Yamamoto vd (2007) ve Atsunari vd (2010) yaptıkları çalışmada en büyük KHNÇ değerinin Kontrol grubu balıklarında olduğunu, yemde soya ve türevleri içeren diğer gruplardaki farklılıkların önemli olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada ise KHNÇ değerlerinin gruplar arasında benzer olduğu (Çizelge 4.18), yemdeki bitkisel protein kaynaklarının KHNÇ değerlerini önemli derecede etkilemediği bulunmuştur. Ancak yemde bitkisel protein kaynaklarının artışı ile Ostaszewska vd (2005) ve Atsunari vd (2010) çalışma sonuçlarında olduğu gibi bir miktar KHNÇ değerlerinde azalma olduğu görülmüştür. Iwashita vd (2008) çalışmasında, soya küspesi kullanılan yemle beslenen gökkuşuğu alabalıklarının KHNÇ değerlerinde Kontrole göre önemli derecede azalma olduğunu bildirirken, yemde soya küspesine ilaveten soya lesitini veya sığır safra asidi ilave edilmesi ile hazırlanan yemlerle beslenen balıkların KHNÇ değerlerinde bu çalışma sonucunda olduğu gibi gruplar arasında önemli farklılıkların olmadığını rapor etmişlerdir. Iwashita vd (2009), yemde %47,8 oranında soya küspesi içeren yemlerle beslenen balıkların KHNÇ değerlerinin bu çalışma sonuçlarına benzer olarak gruplar arasında önemli derecede değişmediğini ifade etmişlerdir. Yamamoto vd (2010), gökkuşuğu alabalığı yeminde %47,6 oranında soya küspesi kullanılmasının Kontrol grubuna göre balıkların KHNÇ değerlerini bu çalışma sonucundan farklı olarak önemli oranda azalttığını, soya küspesinin fermantasyon işleminden geçirilmesi sonrasında kullanılması ile beslenen balıkların KHNÇ değerlerinin bu çalışmadaki sonuca benzer olarak Kontrol ile aralarında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığını saptamışlardır.

#### 4.2.6. Yaşama oranı

Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşuğu alabalıklarının deneme sonu gruplara ait yaşama oranı değerleri Çizelge 4.19'da verilmiştir. Grupların yaşama oranı değerleri %93,33 - %96,00 arasında değişmiştir. Tek yönlü varyans (Anova) analizi sonucunda grupların yaşama oranı değerleri arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemli olmadığı bulunmuştur ( $P>0,05$ ).

Çizelge 4.19. Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşuğu alabalıklarının deneme sonu yaşama oranı değerleri

Parametre	Deneme-2 grupları				
	Kontrol-1	Kontrol-2	DDGS33	DDGS66	DDGS100
Yaşama oranı (%)	94,67±2,31	96,00±4,00	96,00±4,00	93,33±6,11	94,67±4,62

Yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur ( $P>0,05$ )

Bu çalışma sonucunda yemde soya küspesi yerine DDGS kullanımı, balıkların yaşama oranı üzerine önemli bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.19). Bu sonuca benzer olarak Nil tilapia (*Oreochromis niloticus*) (Lim vd 2007, Abo-State vd 2009), hibrit tilapia (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*) (Welker vd 2014), kanal yayın (*Ictalurus punctatus*) (Lim vd 2009) ve yavru hibrit yayın (*Ictalurus punctatus* x *Ictalurus furcatus*) (Zhou vd 2010) balıklarının yaşama oranı üzerine yemde

soya küspesi ve/veya bitkisel protein kaynakları yerine DDGS protein kaynağının kullanımının balıkların yaşama oranı üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığı bildirilmektedir.

#### 4.2.7. Balıkların kimyasal kompozisyonları

Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşuğu alabalıklarının deneme sonu kimyasal kompozisyon (nem, ham protein, ham yağ ve ham kül) değerleri Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Deneme-2 sonunda grupların balık eti kimyasal kompozisyon değerlerinden nem değeri %70,16 - %70,72 arasında, ham protein değeri %17,99 - 18,47 arasında, ham yağ değeri %10,54 - %10,96 arasında ve ham kül değeri ise %2,03 - %2,23 arasında saptanmıştır. Yapılan tek yönlü varyans (Anova) analizi sonucunda, grupların balık eti nem, ham protein, ham yağ ve ham kül değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığı bulunmuştur ( $P>0,05$ ).

Çizelge 4.20. Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşuğu alabalıklarının kimyasal kompozisyonları

Parametreler	Deneme-2 grupları				
	Kontrol-1	Kontrol-2	DDGS33	DDGS66	DDGS100
Nem (%)	70,55±0,39	70,16±0,44	70,32±0,38	70,25±0,16	70,72±0,27
Ham protein (%)	18,15±0,22	17,99±0,20	18,06±0,34	18,31±0,25	18,47±0,30
Ham yağ (%)	10,54±0,36	10,61±0,37	10,73±0,34	10,79±0,39	10,96±0,60
Ham kül (%)	2,03±0,12	2,13±0,07	2,10±0,17	2,21±0,18	2,23±0,15

Yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur ( $P>0,05$ )

Balık eti ham protein, ham yağ ve ham kül değerleri yaş ağırlık üzerinden verilmiştir

Bu çalışma sonuçlarına benzer olarak Cheng vd (2003) araştırmasında, yemde %18,5 oranında DDGS ve %17,5 oranında soya küspesi kullanılması ile hazırlanan deneme yemleriyle gökkuşuğu alabalıklarının 49 gün beslenmesi sonrasında grupların balık eti kimyasal kompozisyon parametrelerinde, gruplar arasında önemli bir farklılığın olmadığını bildirmişlerdir. Cheng ve Hardy (2004b) araştırmasında, yemde %15 oranında balık unu, %15 oranında soya küspesi ve %15 oranında DDGS kullanarak hazırladıkları yemlere değişik oranlarda mikrobiyal fitaz ilave etmişler ve balıkları bu yemlerle 10 hafta süreyle beslemişlerdir. Deneme sonu gökkuşuğu alabalıklarının balık eti nem (%67,7 - %68,5) ve ham kül (%2,5 - %2,8) değerleri bu çalışma sonuçları ile benzer iken, ham protein (%15,8 - %16,5) değerleri bu çalışma sonuçlarından bir miktar düşük, ham yağ (%13,9 - 14,5) değerleri ise bu çalışma sonuçlarından yüksek olduğu tespit edilmiştir. Robinson ve Li (2008), soya küspesi içeren Kontrole göre soya küspesi ve DDGS içeren yemlerle beslenen kanal yayın balıklarına ait birinci deneme sonunda balık eti ham yağ oranının önemli oranda arttığını, ikinci deneme sonunda ise gruplar arasındaki farklılıkların önemli olmadığını bildirmişlerdir. Bu çalışma bulgularında da yemde DDGS’nin artışı ve soya küspesinin azalması ile balık eti ham yağ oranında artış görüldüğü (Çizelge 4.20), ancak bu artışın gruplar arasında istatistiksel olarak önemli

olmadığı bulunmuştur. Lim vd (2009) çalışmasında, soya küspesi ve mısır içeren Kontrol yemiyle beslenen balıklara göre DDGS içeren yemlerle beslenen balıkların balık eti ham protein ve ham kül değerlerinde gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın görülmediğini, ancak ham yağ oranı değerlerinde önemli artış görüldüğünü bildirmişlerdir. Benzer bir sonuçta Rahman vd (2015), yavru kalkan balıkları (*Paralichthys olivaceus*) yeminde buğday ve mısır glüten unu azalması ve DDGS artışı ile deneme sonu balık eti ham yağ oranının önemli oranda artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada yemde kullanılan DDGS'nin ham yağ içeriğinin %12,24 iken soya küspesinin ham yağ içeriği %1,74 olduğu görülmektedir (Bkz. Çizelge 3.1). Deneme yemlerinin ham yağ oranı ise yemdeki DDGS'nin artışı ile arttığı (Bkz. Çizelge 3.5), deneme sonu balık etindeki istatistiksel olarak önemli olmayan ham yağ artışının Robinson ve Li (2008) çalışmasında da bildirildiği üzere DDGS'nin yağ içeriğine ve yemdeki DDGS'nin artışına bağlı olduğu ifade edilmektedir. DDGS'nin ham yağ içeriği (%3 - %15) değişik oranlarda olduğu için yapılan araştırmalarda, balık eti ham yağ oranı değerlerinde farklı sonuçların görülebileceği bildirilmektedir (Lim vd 2009, Li vd 2010, Liu ve Rosentrater 2012). Bu çalışma sonucuna benzer olarak Li vd (2010), yemde %30 oranında kullanılan DDGS'ye bağlı yemdeki ham yağ artışına rağmen balık eti ham yağ oranının gruplar arasında bu çalışma sonucunda olduğu gibi benzer olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmadaki deneme yemlerinin ham yağ oranlarının değişken olmasından farklı olarak Lim vd (2007)'nin çalışmasına ait yemlerin ham yağ oranı değerlerinin birbirine benzer olduğu, deneme sonucunda da balık eti ham yağ değerleri gruplar arasında benzer görüldüğünü rapor etmişlerdir.

Lim vd (2007), soya küspesi ve mısır unu yerine DDGS yemde %20 oranında ve %40 oranında lizin ilavesi ile birlikte kullanıldığında Nil tilapia balık eti ham protein, ham yağ ve ham kül değerlerinin bu çalışma sonuçlarına benzer olarak DDGS içeriğinden etkilenmediğini bildirmişlerdir. Li vd (2011b) kanal yayın balıkları üzerinde yaptıkları çalışmada, yemde %30 oranında DDGS ve yemde %42 oranında soya küspesi kullanılmasının grupların balık eti kimyasal kompozisyon değerlerinde bu çalışma sonuçlarında olduğu gibi önemli bir değişime neden olmadığını bildirmişlerdir. Choi vd (2014a), mercan balıkları (*Pagrus major*) yeminde buğday unu ve mısır gluteni yerine prinçten elde edilmiş DDGS'nin kullanılması sonrasında balıkların kimyasal kompozisyon parametrelerinde gruplar arasında önemli bir değişimin olmadığını bildirmişlerdir. Bu çalışma sonucuna benzer olarak Webster vd (2016), yemde %45 oranına kadar balık unu ve soya küspesi yerine DDGS kullanılan yemlerle beslenen Nil tilapia balıklarının deneme sonu balık eti kimyasal kompozisyon parametrelerinde, deneme grupları arasında önemli bir farklılığın olmadığını ifade etmişlerdir. Rahman vd (2015), yavru kalkan balıkları balık eti ham protein, nem ve ham kül değerleri yemdeki DDGS artışından etkilenmediğini bildirmişlerdir. Schaeffer vd (2011), tatlısu levreği (*Perca flavescens*) yeminde soya küspesi yerine DDGS'nin yemde %50 oranına kadar kullanıldığında bu çalışma sonucuna benzer olarak balıkların ham protein ve ham yağ oranı değerlerinde gruplar arası önemli bir farklılığın olmadığını saptamışlardır.

#### 4.2.8. Deneme-2 yemlerinin sindirilebilirlik oranları

Deneme-2 yemlerinin kuru madde (KMSO), ham protein (HPSO), ham yağ (HYSO) ve enerji (ESO) sindirilebilirlik oranı değerleri Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Deneme yemlerinde soya küspesi yerine kullanılan DDGS’nin, yemlerin KMSO, HPSO, HYSO ve ESO üzerine tek yönlü varyans analizi (Anova) sonucunda olumsuz bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Deneme yemlerinin KMSO en yüksek DDGS66 grubunda (%79,28±1,93) bulunurken, bu grubu sırasıyla DDGS100 (%78,07±0,99), DDGS33 (%78,05±1,20), Kontrol-1 (%77,73±2,18) ve Kontrol-2 (%76,48±1,31) grupları izlemiştir. Deneme-2 yemlerinde en iyi HPSO DDGS66 grubunda (%93,63±0,50) bulunurken, en düşük değerler ise Kontrol-2 grubunda (%92,77±0,32) saptanmıştır. En yüksek HYSO DDGS66 grubunda (%95,98±0,63) bulunurken en düşük değer Kontrol-2 grubunda (%95,12±0,26) bulunmuştur. Grupların ESO değerleri karşılaştırıldığında ise en yüksek ESO DDGS66 grubunda (%91,02±0,92), en düşük Kontrol-2 grubunda (%89,66±0,45) tespit edilmiştir.

Çizelge 4.21. Deneme-2 yemlerinin kuru madde, ham protein, ham yağ ve enerji sindirilebilirlik değerleri

Parametreler	Deneme-2 grupları				
	Kontrol-1	Kontrol-2	DDGS33	DDGS66	DDGS100
KMSO (%)	77,73±2,18	76,48±1,31	78,05±1,20	79,28±1,93	78,07±0,99
HPSO (%)	93,19±0,77	92,77±0,32	93,16±0,39	93,63±0,50	93,38±0,20
HYSO (%)	95,42±0,68	95,12±0,26	95,31±0,44	95,98±0,63	95,67±0,34
ESO (%)	89,93±0,95	89,66±0,45	90,33±0,61	91,02±0,92	90,51±0,38

Yapılan tek yönlü varyans analizi sonucunda ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur ( $P>0,05$ )

KMSO: Kuru madde sindirilebilirlik oranı, HPSO: Ham protein sindirilebilirlik oranı, HYSO: Ham yağ sindirilebilirlik oranı, ESO: Enerji sindirilebilirlik oranı

Bu çalışmada Deneme-2 yemleri arasında KMSO, HPSO, HYSO ve ESO değerlerindeki farklılıkların önemiz olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.21). Cheng ve Hardy (2004b), gökkuşuğu alabalığı yeminde %15 balık unu, %15 soya küspesi ve %15 DDGS kullanılan yemlere değişik oranlarda mikrobiyal fitaz ilave ederek deneme yemlerinin besin madde sindirilebilirliğini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda bulunan HPSO değerlerinin (%88,0 - %91,9) bu çalışma sonuçları ile benzerlik gösterirken, HYSO değerlerinin (%78,9 - %88,9) bu çalışma sonuçlarından düşük olduğu görülmüştür. Rahman vd (2013), siyah mercan (*Acanthopagrus schlegeli*) yeminde DDGS’nin buğday unu ve mısır glüten unu yerine kullanılabilirliğini araştırdıkları çalışmada, deneme yemlerinin HPSO %92-94 arasında, HYSO %97-99 arasında ve ESO ise %90-92 arasında olduğunu ve yemde DDGS kullanılmasının bu çalışma sonuçlarında olduğu gibi sindirilebilirlik oranları üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Yine Rahman vd (2015), pisi balığı (*Paralichthys olivaceus*) yeminde DDGS’nin buğday unu ve mısır glüten unu yerine kullandıkları çalışmada, deneme yemlerinin HPSO %93-94, HYSO %97-99, ESO ise %88-90 arasında ve gruplar arasında önemli bir farklılığın olmadığını bildirmişlerdir. Øverland vd (2009),

Atlantik salmon balıkları yeminde %20 oranında bezelye protein konsantresi kullanılmasıyla hazırlanan yem ile balık unu Kontrol yeminin HPSO, HYSO ve amino asit sindirilebilirlik değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığını bildirmişlerdir. Aynı araştırmacılar bezelye protein konsantresinin sindirilebilirlik oranının, soya küspesinin sindirilebilirlik oranına göre daha iyi olduğunu rapor etmişlerdir. Bu çalışmadaki besin madde sindirilebilirlik oranları Kontrol-2 ile DDGS100 grubu arasında istatistiksel olarak önemli bir farkın olmadığı ancak, yemde soya küspesinin olmadığı ve DDGS'nin %30 oranında kullanıldığı DDGS100 yeminin sindirilebilirlik oranlarında bir miktar artış olduğu Storebakken vd (2000), Aslaksen vd (2007) ve Øverland vd (2009) çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Bu çalışmada, yemde soya küspesinin azalması ve DDGS'nin artışıyla yemlerin HPSO, HYSO ve ESO değerlerinde bir miktar artış görülmüştür. Ancak bu artışın istatistiksel olarak önemli olmadığı Çizelge 4.21'de görülmektedir. Yemde DDGS oranı arttıkça ESO değerlerinde istatistiksel olarak önemli olmayan artışın görüldüğü ve bu artışın, Øverland vd (2009)'nin de bildirdiği üzere deneme yemlerindeki DDGS kaynaklı ham yağ oranı artışından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Kontrol-2 grubunun DDGS100 grubuna göre bir miktar besin madde sindirilebilirlik oranı değerlerinin düşük olmasının nedeni, soya küspesinde daha fazla antibesinsel madde (proteaz inhibitörleri, lektinler, fitik asit, glukozinatlar, saponinler) içeriği nedeni ile balıkların bağırsak yapısı üzerinde meydana gelen histomorfolojik bozukluklardan ve besin alımının azalmasından dolayı olabileceği bildirilmiştir (Krogdahl vd 2010). Salmon balıklarında proteaz inhibitörü, yemlerin HPSO ve HYSO değerlerinin azalmasına neden olduğu bildirilmiştir (Krogdahl vd 2010). Soya küspesinde bulunan saponinler nedeni ile yemlerin besin madde sindirilebilirlik oranlarının olumsuz etkilenebileceği Chikwati vd (2012) tarafından bildirilmiştir. Ayrıca yapılan araştırmalar sonucunda salmon balıklarında soya küspesinin besin madde sindirilebilirlik oranlarının düşük olduğu ve bu düşüşün nedeni olarak, soya küspesinin balıkların bağırsak yapısı üzerine meydana getirdiği olumsuz etkilerden dolayı olabileceği düşünülmektedir (Krogdahl vd 2003, Romarheim vd 2006, Yamamoto vd 2007, Øverland vd 2009). Salmon balıklarının (Øverland vd 2009) ve gökkuşacağı alabalıklarının (Romarheim vd 2006) arka bağırsaktaki mukozal çıkıntıların azalması ile bağırsak ağırlığının azaldığı, bu durumda besin madde sindirilebilirlik oranları üzerine olumsuz etkisinin olduğu bildirilmiştir. Yine Hixson vd (2016), gökkuşacağı alabalığı ve salmon balıkları yemlerinde ketencik unu (*Camelina sativa*) kullanımı sonucunda, antibesinsel madde içeriği nedeni ile yemlerin besin madde sindirilebilirlik oranlarının soya küspesinde görüldüğü gibi olumsuz etkilendiğini bildirmişlerdir. Yamamoto vd (2007), gökkuşacağı alabalığı yeminde soya küspesi kullanımının, balıkların karaciğerinde safra asidi salgılama işlevini olumsuz etkilediğini ve salgılanan safra asidi miktarında azalmaya neden olduğunu, yeme ilave edilen sığır safra asitinin karaciğerde salgılanan safra miktarını artırdığını bildirmişlerdir. Yemde soya küspesine bağlı olarak safra asit miktarındaki azalmanın besin madde sindirilebilirlik oranı üzerine olumsuz etkisinin olduğu yapılan çalışma sonuçlarında bildirilmektedir (Yamamoto vd (2007). Bu çalışma sonuçlarında da Kontrol-2 ve DDGS33 grubu yemlerinin besin madde sindirilebilirlik oranı değerlerinde diğer gruplara göre bir miktar düşüşün olduğu, bunun nedeni olarak Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de görüldüğü üzere soya küspesinin balıkların karaciğer ve bağırsak yapısı üzerine olumsuz etkisi ve de antibesinsel madde içeriği nedeni ile olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca Krogdahl vd (2003), yemde soya

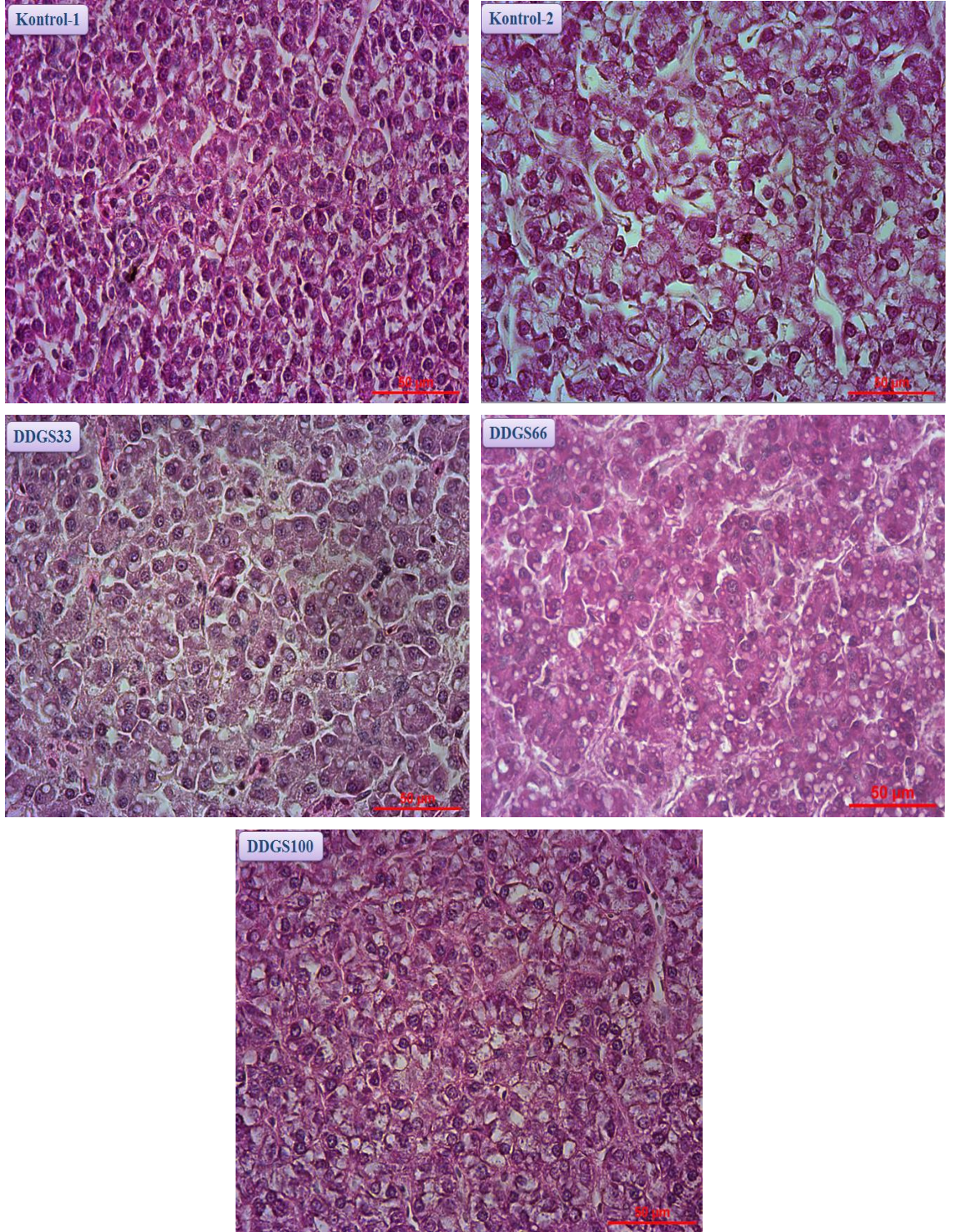
küspesinin artışı Atlantik salmon balıklarının arka bağırsaktaki enzimatik aktiviteyi azalttığını bildirmişlerdir. Ancak levrek balıkları yeminde %30 oranında DDGS kullanılması ile hazırlanan yemlerle beslenen balıkların bağırsak içeriğinde proteaz, lipaz ve amilaz enzim aktivitelerinin Kontrol grubu ile benzer olduğu bildirilmiştir (Magalhães vd 2015). Bitkisel protein kaynaklarına fermantasyon işlemi uygulanmasının sindirilebilirliği arttırdığı bildirilmiştir (Zhou vd 2010). Bu çalışmada DDGS'nin fermantasyon işleminden geçmesinin besin madde sindirilebilirlik oranları üzerine olumlu etkisinin olduğu düşünülmektedir.

#### 4.2.9. Balıkların karaciğer histolojisi

Soya küspesi yerine farklı oranlarda DDGS içeren Deneme-2 yemleriyle 84 gün beslenen gökkuşuğu alabalıklarından deneme sonu alınan karaciğer dokularına ait histolojik görüntüler Şekil 4.12'de verilmiştir.

Çizelge 4.18'de görüldüğü üzere yemde bitkisel protein kaynağı kullanımına bağlı olarak balıkların hepatosit hücre nükleus çapı değerlerinde bir miktar azalma olduğu, ancak bu azalmanın istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir ( $P>0,05$ ). Kontrol-1 grubu balıkların karaciğer histomorfolojisinin normal görünümde ve hepatosit hücre nükleuslarının merkezi konumda olduğu görülmektedir (Şekil 4.12). Diğer deneme gruplarına ait balıklarının karaciğer hücre sitoplazmasındaki vakuollerde artışın olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca Kontrol-1 haricindeki diğer grupların hepatosit hücre nükleusların bazılarının merkezi konumda olmadığı görülmektedir.

Balıklarda karaciğer, diyetdeki besin maddelerinin büyüme ve gelişme üzerindeki etkilerini ve balığın sağlıklı bir şekilde beslendiğini gösteren en önemli organlardan birisidir (Yıldız ve Şener, 2003). Ayrıca karaciğer, balığın beslenme ile ilgili durumuna ve yem kalitesine karşı oldukça hassas bir organ olup yemdeki sindirilebilir karbonhidrat miktarından etkilenebilmektedir (Kaushik vd 1989, Escaffre vd 2007, López vd 2015). Yamamoto vd (2007), soya proteini içeren gökkuşuğu alabalığı yemine inekten elde edilen safra asidi ilavesi ile balıkların büyümesinde, ham yağ sindirilebilirlik oranlarında, karaciğer ve bağırsak histomorfolojisinde iyileşme olduğu bildirilmiştir. Bu çalışmada Kontrol-1 grubuna göre diğer grupların karaciğer hücrelerinde görülen değişiklikler büyük ölçüde, bitkisel protein kaynaklarının bağırsakta meydana getirdiği fizyolojik değişikliklerden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4.12. Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşağı alabalıklarının karaciğer histolojik görüntüleri. H&E, 20x



Bu çalışmada Kontrol-1 grubunda normal hücre görünümü, diğer deneme gruplarına ait balıklarının karaciğer hücre sitoplazmasındaki vakuollerin arttığı ve bazı hücre çekirdeklerinin merkezi konumda olmadığı sonucu Sealey vd (2009), López vd (2015)'nin çalışmasındaki bulgularla benzerlik göstermektedir. Bu çalışmada Kontrol-1 grubu bulgularının, Ostaszewska vd (2005) çalışmasındaki Kontrol grubu ile benzer görünümde olduğu anlaşılmaktadır.

Bu çalışmada yemden en fazla olumsuz etkilenen Kontrol-2 grubu balıklarına ait karaciğer hücreleri olduğu, yemde DDGS artışında Kontrol-2'de görülen olumsuzlukların bir miktar azaldığı görülmektedir. Yine benzer şekilde Ostaszewska vd (2005) çalışmasında yemde soya türevlerinin kullanılması bu çalışma sonucuna benzer olarak karaciğer hücre sitoplazmasındaki vakuollerin artmasına ve bazı hücre çekirdeklerinin yer değiştirmesine neden olduğu bildirilmiştir. Yamamoto vd (2010), soya küspesinin yemde kullanılmadan önce fermantasyon işleminden geçmesi, meydana gelen histomorfolojik olumsuzlukların azalmasında etkili olduğunu bildirmişlerdir. Yemde DDGS artışı ile Kontrol-2'deki histomorfolojik olumsuzlukların azalmasında Yamamoto vd (2010) bildirdiği üzere fermantasyon işleminin büyük önemi olduğu anlaşılmaktadır. Bu çalışma sonucundan farklı olarak Iwashita vd (2008) yaptıkları çalışmada, soya küspesi kullanılan yeme ilave edilen soya lesitini balıkların karaciğer histomorfolojisinde Kontrol ile benzer bir etkiye neden olduğunu, soya küspesi kullanılan yemin neden olduğu histomorfolojik bozuklukların azalmasında yeme ilave edilen soya lesitinin etkili olduğunu bildirmişlerdir.

#### 4.1.10. Balıkların bağırsak histolojisi

Soya küspesi yerine farklı oranlarda DDGS kullanılan Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşacağı alabalıklarından deneme sonu alınan arka bağırsak dokularına yapılan histolojik analiz işlemi sonrasında elde edilen villuslara ait görüntüler Şekil 4.13'te ve bağırsak duvarına ait görüntüler ise Şekil 4.14'te verilmiştir. Lamina propria genişliği, submukoza tabaka kalınlığı, stratum kompaktum kalınlığı ve musküler tabaka kalınlığı histomorfometrik ölçüm değerleri Çizelge 4.22'de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşacağı alabalıklarının deneme sonu bağırsak histomorfometrik ölçüm değerleri

Parametreler	Deneme-2 grupları				
	Kontrol-1	Kontrol-2	DDGS33	DDGS66	DDGS100
LP ( $\mu\text{m}$ )	14,12 $\pm$ 4,57 <sup>a</sup>	19,93 $\pm$ 5,50 <sup>c</sup>	18,81 $\pm$ 4,99 <sup>c</sup>	16,96 $\pm$ 5,10 <sup>b</sup>	16,23 $\pm$ 5,36 <sup>b</sup>
SB ( $\mu\text{m}$ )	14,30 $\pm$ 3,98 <sup>a</sup>	18,55 $\pm$ 6,16 <sup>b</sup>	17,89 $\pm$ 5,15 <sup>b</sup>	15,46 $\pm$ 4,67 <sup>a</sup>	15,27 $\pm$ 4,78 <sup>a</sup>
SC ( $\mu\text{m}$ )	9,46 $\pm$ 2,49 <sup>a</sup>	10,69 $\pm$ 2,69 <sup>b</sup>	10,43 $\pm$ 2,43 <sup>b</sup>	10,21 $\pm$ 2,41 <sup>ab</sup>	10,02 $\pm$ 3,20 <sup>ab</sup>
ML ( $\mu\text{m}$ )	99,75 $\pm$ 16,93 <sup>a</sup>	139,11 $\pm$ 35,17 <sup>d</sup>	127,96 $\pm$ 21,72 <sup>c</sup>	111,15 $\pm$ 33,89 <sup>b</sup>	106,35 $\pm$ 24,27 <sup>ab</sup>

Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05)

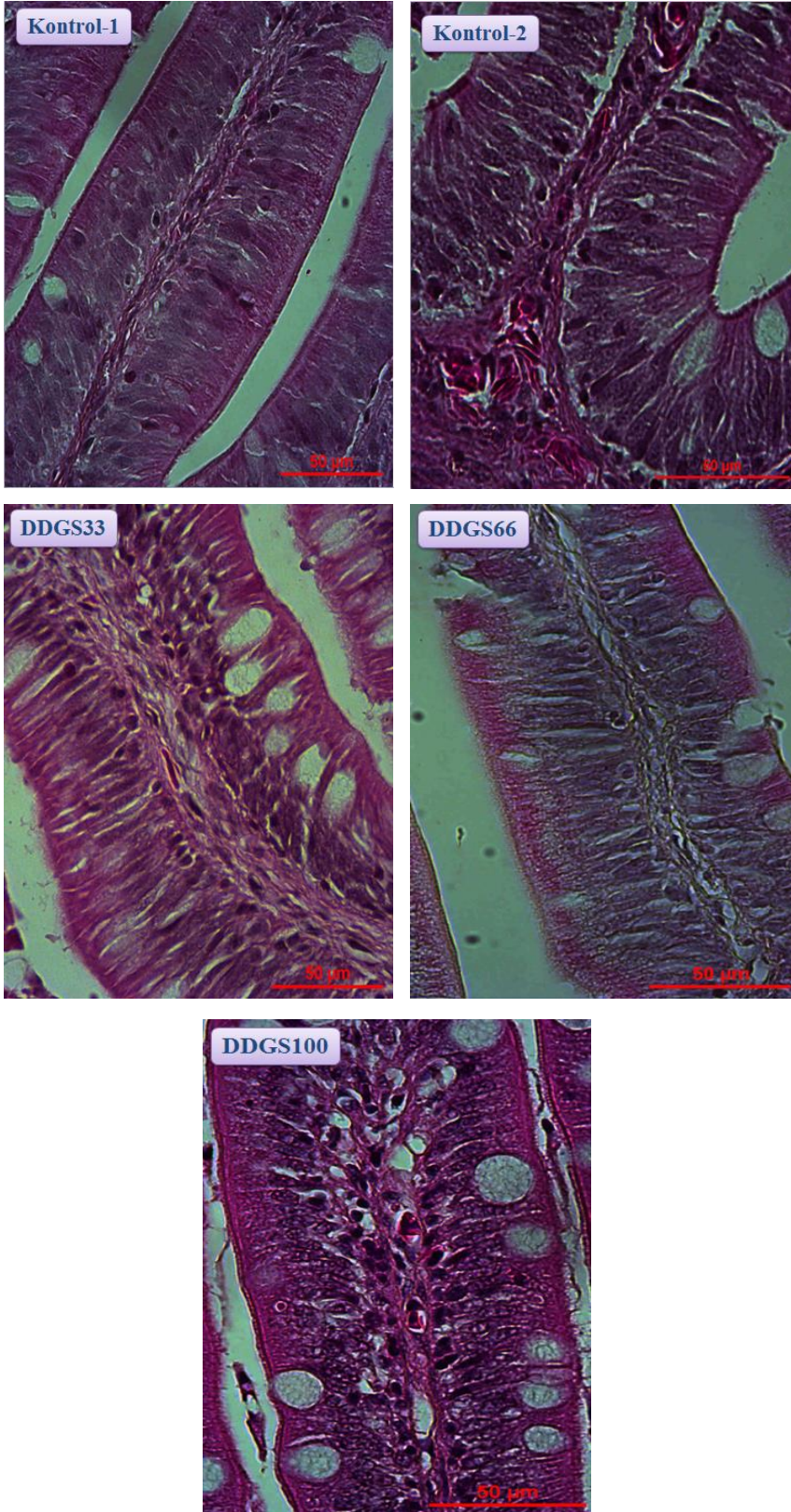
Her grup için n=90 (10 ölçüm x 3 balık x 3 tank)

LP: Lamina propia genişliği, SB: Submukoza tabaka kalınlığı, SC: Stratum kompaktum kalınlığı, ML: Musküler tabaka kalınlığı

Deneme-2 balıklarına yapılan histolojik analiz sonuçlarında Kontrol-1 grubu balıklarına ait villus histomorfolojisinin Deneme-1'deki Kontrol grubunda olduğu gibi bu denemede de normal yapıda olduğu görülmektedir (Şekil 4.13 ve Şekil 4.14). Soya küspesinin yemde %16,17 oranında kullanıldığı ve DDGS protein kaynağının kullanılmadığı yemlerle beslenen Kontrol-2 grubu balıkların villus yapısında bir takım histomorfolojik anormalliklerin ve inflamasyon olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde DDGS33 grubunda da bir miktar histomorfolojik anormalliklerin olduğu görülmektedir. DDGS66 ve DDGS100 gruplarına ait görüntülerde ise Kontrol-2'de ve DDGS33 gruplarında olduğu gibi belirgin bir histomorfolojik bozukluğun ve inflamasyon görüntüsünün olmadığı görülmektedir. Ancak DDGS66 ve DDGS100 gruplarında, Kontrol-1 grubuna göre bir miktar villus yapısında bozulma saptanmıştır (Şekil 4.13). Kontrol-2, DDGS33 ve DDGS100 gruplarına ait balıkların bağırsak stratum granulosum yapısında mast hücre sayısının arttığı da görülmektedir. Bu sonuca benzer olarak Uran vd (2008) ve Sealey vd (2009) çalışmalarında, yemde soya küspesi kullanımının mast hücre sayısının artışına neden olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada Kontrol-2 grubu submukoza ve lamina propria da görülen lökosit hücre infiltrasyonuna benzer bir bulguda Sealey vd (2009) çalışmasında gökkuşuğu alabalığı yeminde %43 oranında soya küspesi kullanımı sonrasında görüldüğünü bildirmişlerdir.

Çizelge 4.22'de verilen histomorfometrik ölçüm sonuçlarında gruplar arası lamina propria genişliği incelendiğinde, Kontrol-1 grubunda 14,12 µm, Kontrol-2 grubunda 19,93 µm, DDGS33 grubunda 18,81 µm, DDGS66 grubunda 16,96 µm ve DDGS100 grubunda ise 16,23 µm olarak tespit edilmiştir. Gruplar arası lamina propria genişliğindeki farklılıkların istatistiksel olarak önemlidir (P<0,05). Yemde kullanılan bitkisel protein kaynaklarına bağlı olarak lamina propria genişliğinde istatistiksel olarak önemli oranda bir artış olduğu, yemde sadece balık unu kullanılan Kontrol-1 grubu balıklarının villus lamina propria genişliğinin normal olduğu tespit edilmiştir. Deneme-1'deki Kontrol ve DDGS100 grubu balıklarına ait lamina propria genişliği değerleri Deneme-2'deki Kontrol-1 ve DDGS100 gruplarına ait değerlere benzer olduğu görülmüştür. Deneme-2'deki balıklara ait villus lamina propria genişliğinin, yemde soya küspesi oranı yüksek olan yemlerle beslenen grup balıklarında, DDGS içeren yemlerle beslenen balıklara göre istatistiksel olarak daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Submukoza ve stratum kompaktum kalınlıklarına bakıldığında Kontrol-1, DDGS66 ve DDGS100 gruplarında benzer olduğu, Kontrol-2 ve DDGS33 gruplarında diğer üç gruba göre önemli derecede kalınlaşma olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.22 ve Şekil 4.13). Musküler tabaka kalınlığında gruplar arasında farklılıklar istatistiksel olarak önemli iken (P<0,05) Kontrol-1 ile DDGS100 grupları arasındaki farklılıkların önemsiz (P>0,05) olduğu, ancak bu iki grubun Kontrol-2 ve DDGS33 ile aralarındaki farklılıkların ise istatistiksel olarak önemli olduğu bulunmuştur (P<0,05).

Deneme-2 sonunda balıkların arka bağırsak üzerinde yapılan histolojik analiz ve histomorfometrik ölçüm sonrasında yemde protein kaynağı olarak sadece balık unu içeren Kontrol-1 grubu lamina propria genişliğine göre bitkisel protein kaynağı (soya küspesi ve DDGS) içeren diğer deneme gruplarına ait lamina propria genişliğinde önemli derecede artış olduğu tespit edilmiştir. Yemde soya küspesinin artışı ile lamina propria genişliği diğer gruplara göre istatistiksel olarak önemli oranda arttığı, yemde DDGS artışında ise Kontrol-2 ve DDGS33 gruplarına göre lamina propria genişliğinin önemli derecede azaldığı tespit edilmiştir.

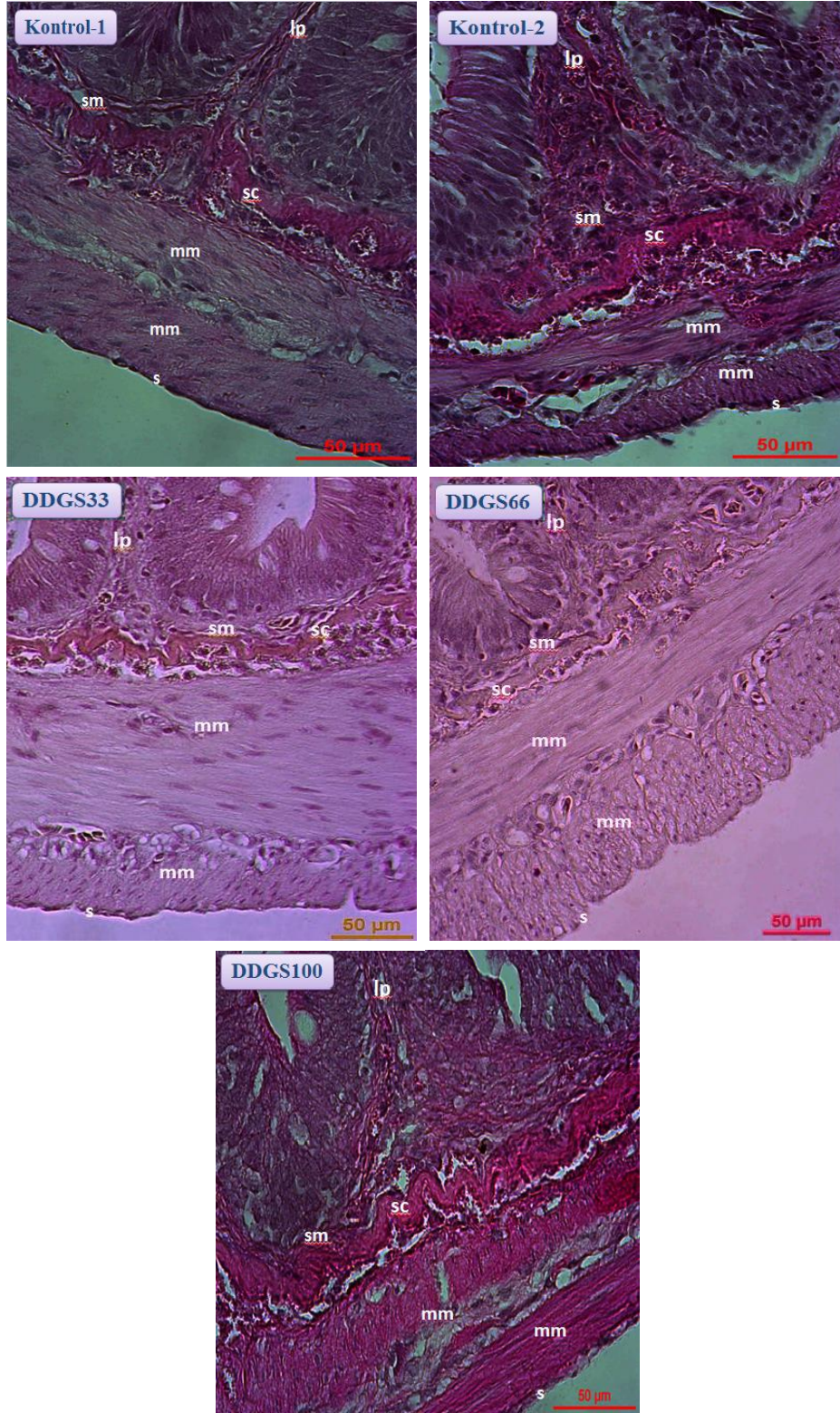


Şekil 4.13. Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşuğu alabalıklarının arka bağırsaktaki villuslara ait histolojik görüntüler. H&E, 40x

Bu verilerden anlaşılacağı üzere gökkuşuğu alabalığı yeminde DDDG kullanımı lamina propria genişliğini artırdığını, soya küspesi kullanımının DDGS'ye göre bu artışta daha etkin olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan bitkisel protein kaynaklarının lamina propria genişliği üzerine meydana getirdiği olumsuz sonuca benzer olarak Uran vd (2008), Penn vd (2011) ve Ye vd (2016) bulgularında yemdeki bitkisel protein kaynağı kullanımına bağlı olarak balıkların bağırsak villus lamina propria genişliğinin önemli oranda arttığını bildirmişlerdir. Bu çalışmadaki sonuçlarından farklı olarak, gökkuşuğu alabalığı yeminde alkol ile ekstrakte edilmiş soya protein konsantresinin kullanımının villus lamina propria genişliği üzerine önemli bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir (Escaffre vd 2007).

Submukoza, stratum kompaktum ve musküler tabaka kalınlıklarına bakıldığında Kontrol-1 grubuna göre diğer gruplarda bir artış görüldüğü tespit edilmiştir. Bu artış soya küspesinin yemde artışı ile önemli derecede arttığı görülmektedir. Deneme-2 grupları arasında en fazla histomorfolojik bozukluğun en yüksek oranda (yemde %16,2 oranında) soya küspesi içeren Kontrol-2 grubu balıklarında görüldüğü tespit edilmiştir. Bitkisel protein kaynağı içermeyen Kontrol-1 grubu balıklarına ait bağırsak histomorfolojisinin normal görünümde olduğu diğer deneme gruplarında ise Kontrol-1'e göre bağırsak histomorfolojisinde bir takım olumsuz değişikliklerin olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.13, Şekil 4.14, Çizelge 4.22). Soya küspesi içeren yemlerle beslenen Kontrol-2, DDGS33 ve DDGS66 grup balıklara ait histomorfometrik ölçüm sonuçları Kontrol-1'e göre önemli derecede etkilenirken bitkisel protein kaynağı olarak sadece DDGS içeren DDGS100 grubu balıklarına ait ölçüm sonuçları villus lamina propria hariç diğer parametrelerde Kontrol-1 ile benzer olduğu saptanmıştır. Daha önceki yapılan çalışmalarda yemde soya küspesi kullanımının balıkların bağırsak yapısı üzerine olumsuz etkileri; villus uzunluğunun kısalması, lamina proprianın genişlemesi, besinlerin emiliminin gerçekleştiği enterosit hücrelerindeki absorbtif özellikteki supranükleer vakuol yapılarında azalma görülmesi, lamina propriada lökosit hücre inflamasyonu gibi histomorfolojik oluşumlar içermektedir (Buttle vd 2001, Heikkinen vd 2006, Uran vd 2008, Merrifield vd 2009, Urán vd 2009, Yamamoto vd 2010, Bansemer vd 2015). Kontrol-2 grubu balıklarının bağırsak histomorfolojisinin diğer gruplara göre daha fazla olumsuz etkilenmesinin nedeni olarak, soya küspesinde bulunan antibesinsel maddelerin varlığı olduğu yapılan çalışmaların sonuçlarında bildirilmektedir (Ostaszewska vd 2005, Heikkinen vd 2006, Yamamoto vd 2007, Romarheim vd 2008a, Iwashita vd 2009, Bonaldo vd 2011, Krogdahl vd 2010, Venold vd 2012, Navarrete vd 2013, Ferrara vd 2015). Bu tespit, Buttle vd (2001)'nin çalışmalarında balık unu bazlı yeme soya lektini ilave edilerek hazırlanan yemlerin Atlantik salmon balıklarının arka bağırsak submukozasında, lamina propriada ve villus yapısında inflamasyona neden olduğunun bildirilmesi ile desteklenmektedir. Gökkuşuğu alabalığı yeminde Heikkinen vd (2006)'nin çalışmasında %45 oranında, Yamamoto vd (2010)'nin çalışmasında ise yemde %47,6 oranında soya küspesi kullanıldığında balıkların bağırsak histomorfolojisinde görülen bir takım olumsuz bulguların daha önceki ve bu çalışmadaki bulgularla benzer olduğu anlaşılmıştır. Navarrete vd (2013) yaptıkları çalışmada, soya küspesinin Atlantik salmon balıkları yeminde %37,8 oranında kullanılması sonucunda balıklarının bağırsak yapısında inflamasyon görünümü olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde Romarheim vd (2011), soya küspesinin yemde kullanımında salmon balıklarının arka bağırsak yapısında inflamasyon neden olduğu, Krogdahl vd (2010) ise villus boyunda kısalmaya ve lamina propriada inflamasyona

neden olduğunu, balık unu ile beslenen balıklarda bu bozuklukların görülmediğini bildirmişlerdir. Yemde soya küspesi kullanımına bağlı olarak balıkların bağırsak yapısında meydana gelen olumsuz değişimlerin nedenlerinin daha kesin olarak açıklığa kavuşturulmadığı ancak soya küspesinde bulunan proteaz inhibitörleri, lektinler, protein antijenleri, fenolik maddeler, oligosakkaritler (Yaklaşık %30'u sindirilemeyen karbonhidratlar), fitik asit, saponinler gibi antibesinsel maddelerin büyük rol oynadığı bildirilmektedir (Francis vd 2001, Ostaszewska vd 2005, Krogdahl vd 2010, Bakke 2011). Çalışmalar arasında balıkların bağırsak yapısı üzerinde soya küspesinin değişik seviyelerde etki ve infalamasyona neden olması; soya küspesinin yemdeki kullanım oranı, balık türü, balıkların genetik olarak farklı olması, ebeveyn balıkların tükettiği besinlerin farklı olması, soya küspesinin antibesinsel madde içeriklerinin farklı olması, yem içeriklerinin farklı olması ve su sıcaklığı gibi nedenlerden dolayı olabileceği bildirilmektedir (Romarheim vd 2008a, Uran vd 2008, Øverland vd 2009). Uran vd (2008) araştırmalarında, soya küspesinin yemde kullanılmasına bağlı bağırsak yapısı üzerinde villuslara ait hücrelerdeki inflamasyon seviyesinde su sıcaklığının artması nedeni ile artış meydana geldiği, enterosit hücrelerdeki absorbtif özellikteki supranükleer vakuol yapılarında azalma ve goblet hücre sayısında artış görüldüğünü bildirmişlerdir. Krogdahl vd (2003), yemde kullanılan soya küspesi, Atlantik salmon balıklarının arka bağırsak enzim aktivitesini azalttığını bildirmişlerdir. Enzim aktivitesinin soya küspesine bağlı azalması ve su sıcaklığından dolayı metabolik aktivitenin artması sonucu balıkların bağırsak yapısında görülen olumsuz etkilerin daha da arttığı bildirilmiştir. Bu çalışmada da deneme suyu sıcaklığının 14,6 °C ile 17,7 °C arasında olması, Uran vd (2008)'nin bildirdiği üzere soya küspesinin veya bitkisel bir protein kaynağı olan DDGS'nin olumsuz etkisini artırmış olabilir. Romarheim vd (2008a) tarafından gökkuşağı alabalıklarında soya küspesinin bağırsak yapısı üzerine meydana getirdiği inflamasyonun, Atlantik salmon balıklarına göre daha yavaş gerçekleştiği bildirilmektedir. Bu çalışmada gökkuşağı alabalıklarının arka bağırsak histomorfolojisinde tespit edilen soya küspesinin olumsuz etkisi Heikkinen vd (2006), Romarheim vd (2008a), Iwashita vd (2009), Krogdahl vd (2010), Venold vd (2012), Navarrete vd (2013), Ferrara vd (2015) ve Ye vd (2016)'nin bulguları ile benzerlik göstermektedir. Soya küspesinin ve diğer bitkisel protein kaynaklarının gökkuşağı alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss*) (Buttle vd 2001, Ostaszewska vd 2005, Romarheim vd 2006, Romarheim vd 2008a, Iwashita vd 2008, Merrifield vd 2009, Iwashita vd 2009, Sealey vd 2009, Venold vd 2012) ve salmon balıklarının (Bakke-McKellep vd 2000, Krogdahl vd 2003, Refstie vd 2005, Penn vd 2011) yemlerinde kullanılması sonrasında balıkların bağırsak yapısı üzerine olumsuz etkilerinin olduğu araştırma bulgularında bildirilmektedir. Daha önceki yapılan çalışmalarda ve bu çalışma sonuçlarında elde edilen veriler ışığında yemde soya küspesinin kullanılması sonrasında bazı balık türlerinin bağırsak histomorfolojisi üzerinde olumsuz etkilerin meydana geldiği açıktır. Yamamoto vd (2010)'nin çalışmasında fermantasyon işleminden geçirilmiş soya küspesinin gökkuşağı alabalığı yeminde kullanılması sonrasındaki balıkların bağırsak histomorfolojisinde görülen olumsuzlukların azalması, bu çalışmadaki yemde DDGS artışı ile görülen iyileşmeye benzer olduğu tespit edilmiştir. Buradan bitkisel protein kaynağına yemde kullanılmadan önce fermantasyon işlemi uygulanması, balıkların bağırsak histomorfolojisi üzerinde meydana gelebilecek olumsuz etkilerin azaltılmasında önemli etkisinin olabileceği düşünülmektedir.



Şekil 4.14. Deneme-2 yemleriyle beslenen gökkuşağı alabalıklarının arka bağırsak duvarına ait histolojik görüntüler. H&E, 40x  
 lp: lamina propria, sm: submukoza, sc: stratum kompaktum, mm: muskularis mukoza, s: seroza

Bütün bu sonuçların aksine yapılan bazı çalışmalarda ise bitkisel protein kaynakları kullanımının bazı balık türlerinin bağırsak histomorfolojisi üzerine olumsuz anlamda önemli bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir. Yemde soya küspesi kullanımının Atlantik halibut (*Hippoglossus hippoglossus*) (Grisdale-Helland vd 2002), kanal yayını (*Ictalurus punctatus*) (Evans vd 2005), dil balığı (*Solea aegyptiaca*) (Bonaldo vd 2006), levrek (*Dicentrarchus labrax*) (Bonaldo vd 2008), Atlantik kod (*Gadus morhua*) (Colburn vd 2012) gibi balıkların bağırsak yapısı üzerine önemli oranda inflamasyona neden olmadığı bildirilmiştir. Soya küspesinin yemde %22,3 oranında kullanılması ile hazırlanan yemlerle 77 gün beslenen kalkan (*Psetta maxima*) balıklarının bağırsak histomorfolojisi üzerine yemde kullanılan soya küspesinin olumsuz bir etkisinin görülmediği bildirilmiştir (Bonaldo vd 2011). Yapılan bir çalışmada tam yağlı soya ununun ve soya küspesinin yemlerdeki kullanımı sonucunda balıkların bağırsak villus yapısında inflamasyona neden olduğu, alkol ile ekstrakte edilerek elde edilen soya küspesi kullanımında ise villus yapısında morfolojik bir olumsuzluğun gözlenmediği bildirilmiştir (Couto vd 2015).

Couto vd (2015)'nin bulgularına benzer olarak, Escaffre vd (2007) çalışmalarında alkol ile ekstrakte edilmiş soya protein konsantresinin gökkuşığı alabalığı yeminde kullanılması sonrasında balıkların bağırsak yapısı üzerine önemli derecede olumsuz bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Yamamoto vd (2007), Iwashita vd (2008) ve Yamamoto vd (2010) yaptıkları çalışma sonuçlarında, soya küspesi kullanılan yemle beslenen gökkuşığı alabalıklarının bağırsak histomorfolojisine göre, soya küspesine ilaveten yeme soya lesitini veya sığır safra asidi ilave edilmesi ile hazırlanan yemlerle beslenen balıkların bağırsak histomorfolojisinde daha az olumsuz etkilerinin görüldüğü bildirilmiştir. Venold vd (2012), yemde balık unu %0 oranında, arpa unu %20,5 oranında, mısır glütenu %34,6 oranında ve soya küspesi ise %19 oranında gökkuşığı alabalığının seçilmiş olanlarında (SE: Jenerasyonu değişik olan 8 farklı balık grubundan seçilen ve tamamen bitkisel protein kaynakları içeren yemlerle 4 jenerasyon beslenen bu balıkların içerisinde iyi büyüyen bireylerin seçilmesi ve bu balıklardan elde edilen yavru balıklar) kullanılması sonucunda, balıkların bağırsak yapısı üzerine önemli derecede olumsuz bir etkisinin olmadığı ve soya küspesine karşı toleransın arttığını, ancak seçilme işlemi uygulanmayan alabalıklarda ise soya küspesine bağlı olumsuz etkilerin görüldüğünü bildirmişlerdir. Yapılan bazı çalışmalarda da soya küspesi içeren yeme maya veya laktik asit bakterilerinin ilave edilmesinin, soya küspesinin (yemde %20) gökkuşığı alabalığı bağırsak yapısı üzerinde neden olduğu inflamasyonu azalttığı ve balıkların büyümesini arttırdığı (Sealey vd 2009), bazı çalışmalarda ise bağırsaktaki inflamasyon üzerinde önemli bir değişikliğe neden olmadığı (Navarrete vd 2013) bildirilmektedir. Bu çalışmada deneme yemlerinde soya küspesinin azalması ve maya ile fermantasyon işlemi sonucunda elde edilen DDGS protein kaynağının artışıyla, balıkların bağırsak histomorfolojik fotoğraflarındaki ve ölçümlerinde görülen olumsuz bulguların ve inflamasyonun azaldığı tespit edilmiştir. Bu histolojik sonuçlar, soya küspesinin yemde azalması ile balıkların ağırlık kazancının ve yem değerlendirme oranlarının iyileşmesi ile desteklenmektedir. Bu çalışmada gökkuşığı alabalığı yeminde soya küspesi kullanımı ile bağırsak yapısı üzerine önemli derecede olumsuz etki görülürken yapılan bazı çalışmalarda DDGS100 grubu sonuçlarına benzer olarak daha az olumsuz etkilerin görüldüğü çalışmalarda mevcuttur. Øverland vd (2009) ve Penn vd (2011) çalışmalarında, bezelye protein konsantresinin salmon balıkları yeminde kullanımı sonucunda balıkların arka bağırsak

yapısında lamina proprianın genişlemesi, vilus boyunun azalması gibi bir takım olumsuzlukların görülmesine rağmen soya küspesi kullanımında görülen hücre infiltrasyonu gibi etkilerin görülmediğini bildirmişlerdir. Gökkuşığı alabalıkları (Romarheim vd 2006) ve Salmon balıkları (Øverland vd 2009) yeminde bitkisel protein kaynakları kullanımı sonucunda balıkların arka bağırsaktaki mukozal çıkıntılarının azaldığı ve bu nedenle bağırsak ağırlığında azalma meydana geldiğini saptamışlardır. Navarrete vd (2012), bitkisel protein karışımı (yemde %13,0 mısır, %6,0 ayçiçeği küspesi, %6,2 soya küspesi) içeren yemlerle iki ay beslenen gökkuşığı alabalıklarının bağırsak morfolojisi üzerinde herhangi bir inflamasyona rastlanmadığını rapor etmişlerdir. Li vd (2011b) kanal yayın balıkları üzerinde yaptıkları çalışmada, %42 oranında soya küspesi bulunan yeme %1 ve %2 oranında bira mayası ilave edilmesi sonucunda balıkların büyüme ve yem değerlendirme parametrelerinin iyileştiğini, bu iyileşmesinde mayada bulunan %3 civarında nükleotitlerin bağırsak villus yapısı üzerine olan olumlu etkisinden dolayı olabileceğini bildirmişlerdir.

Sonuç olarak gökkuşığı alabalığı yeminde soya küspesi yerine DDGS kullanımının balıkların arka bağırsak histomorfolojisi üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığı saptanmıştır. Soya küspesinin daha fazla bulunduğu yemlerle beslenen balıkların bağırsak histomorfolojisinde görülen olumsuz bulguların DDGS içeren yemlerle beslenen balıklarda azaldığı tespit edilmiştir.



## 5. SONUÇ

Bu çalışmanın Deneme-1 bölümü sonunda, balık unu yerine etanol endüstrisi yan ürünü olan DDGS'nin büyüme, yem değerlendirme parametreleri, besin madde sindirilebilirlik oranları üzerine olumsuz bir etkisi olmadan gökkuşuğu alabalığı yeminde %30 oranında kullanılabilceği sonucuna varılmıştır. Yapılan histolojik analizler sonucunda yemde %30 oranına kadar DDGS kullanımının karaciğer ve arka bağırsak üzerine önemli bir histopatolojik etkiye neden olmadığı saptanmıştır. Yemde DDGS'nin artışı ile yem maliyeti ve diğer ekonomik parametrelerin önemli derecede azaldığı saptanmıştır. Deneme-2 sonucunda, soya küspesinin tamamı yerine DDGS'nin kullanılabilceği, ancak en iyi canlı ağırlık artışının yemdeki soya küspesinin %66'sı oranında DDGS kullanılan yemlerle beslenen deneme grubu balıklarda görüldüğü tespit edilmiştir. Deneme-2'de soya küspesi yerine DDGS'nin büyüme, yem değerlendirme ve besin madde sindirilebilirliği açısından rahatlıkla kullanılabilceği sonucuna varılmıştır. Yemde soya küspesinin azalması ve DDGS'nin artışı ile yem maliyetinin Deneme-1'de olduğu gibi azaldığı, diğer ekonomik parametrelerinde uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Balık sağlığı açısından soya küspesine göre DDGS kullanımı balıkların karaciğer ve bağırsak dokusu üzerine daha az olumsuz etkisinin olduğu belirlenmiştir. Yapılan bu çalışma sonuçları ile birçok araştırmacının sonuçlarının uyumlu olduğu görülmüştür. Ayrıca DDGS'nin fosfor içeriği balık unu ile karşılaştırıldığında düşük olduğu, yemdeki DDGS'nin artışı ile çevreye bırakılan fosfor miktarının azalmasıyla sürdürülebilir bir yetiştiricilik açısından da önemli olduğu yapılan çalışmalar sonucunda bildirilmektedir. Bu çalışma ile DDGS'nin fiyatının balık unu, soya küspesi ve diğer protein kaynaklarına göre uygun olması ve daha düşük oranda antibesinsel madde içeriği nedeni ile ülkemizde en fazla yetiştiriciliği yapılan gökkuşuğu alabalığı yeminde başarılı bir şekilde kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak, DDGS'nin balık unu yerine yemde %30 oranında ve soya küspesinin %66'sı oranında yem hammaddesi olarak kullanılabilceğini önermekteyiz. İleriki çalışmalarda deneme yemlerinin formülasyonları hazırlanırken yemde kullanılan balık unu miktarı, ticari yemlerde kullanılan oranlara yakın değerler tercih edilebilir. Ayrıca 100 g üzerindeki gökkuşuğu alabalıklarında DDGS'nin kullanılabilirliğinin araştırılmasının, sürdürülebilir bir yetiştiriciliğin yapılabilmesine katkı sağlayacağı kanısındayız.

**6. KAYNAKLAR**

- ANONİM, 1993. Hayvan yemleri krom oksit tayini (Spektrofotometrik metod). Türk Standartları Enstitüsü, Ts 10992, Bakanlıklar, Ankara.
- ANONİM, 2011. Türkiye İstatistik Kurumu Dış ticaret istatistikleri veritabanı, <http://www.tuik.gov.tr>
- ANONİM, 2015a. Türkiye Yem Sanayicileri Birliği İstatistikleri. <http://www.yem.org.tr/İstatistikler>
- ANONİM, 2015b. İstanbul Büyükşehir Belediyesi Su Ürünleri Hali fiyat listesi. <http://application2.ibb.gov.tr/IBBWC/HalFiyatlari.aspx> (Erişim tarihi: 01.10.2015).
- ANONİM, 2016a. Yetiştiricilik üretim miktarı. [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1005](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1005) (Erişim Tarihi: 06.10.2016).
- ANONİM, 2016b. Su Ürünleri İstatistikleri. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. <http://www.tarim.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/BSGM.pdf> (Erişim Tarihi: 06.10.2016).
- ANONİM, 2016c. Market data. <https://www.grains.org/market-data/feed-grain-exports-in-all-forms#jsoncontent> (Erişim Tarihi: 02.05.2016).
- ANONİM, 2016d. Ethanol Production and Its Co-Products Dry Grind and Wet Milling Processes. <https://www.grains.org/buyingselling/ddgs/handbook/20140422/ethanol-production-and-its-co-products-dry-grind-and-wet> (Erişim Tarihi: 02.05.2016).
- AZEVEDO, P.A., CHO, C.Y., LEESON, S. and BUREAU, D.P. 1998. Effects of feeding level and water temperature on growth, nutrient and energy utilization and waste outputs of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquatic Living Resources*, 11(4): 227-238.
- ABDEL-TAWWAB, M., ABDEL-RAHMAN, A.M. and ISMAEL, N.E.M. 2008. Evaluation of commercial live baker's yeast, *Saccharomyces cerevisiae* as a growth and immunity promoter for fry Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) challenged in situ with *Aeromonas hydrophila*. *Aquaculture*, 280: 185-189.
- ABDEL-TAWWAB, M., MOUSA, M.A.A. and MOHAMMED, M.A. 2010. Use of live baker's yeast, *Saccharomyces cerevisiae*, in practical diet to enhance the growth performance of Galilee tilapia, *Sarotherodon galilaeus* (L.), and its resistance to environmental copper toxicity. *Journal of World Aquaculture Society*, 41: 214-223.
- ABDEL-WARITH, A.A, YOUNIS, E.M. and ABDUALLA, N.A. 2013. Influence of dietary inclusion of full-fat soybean meal and amino acids supplementation on growth and digestive enzymes activity of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13: 69-77.

- ABDUL KADER, M., KOSHIO, S., ISHIKAWA, M., YOKOYAMA, S., BULBUL, M., NGUYEN, B.T., GAO, J. and LAINING, A. 2012. Can fermented soybean meal and squid by-product blend be used as fishmeal replacements for Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*)?. *Aquaculture Research*, 43 (10): 1427-1438.
- ABO-STATE, H.A., TAHOUN, A.M. and HAMOUDA, Y.A. 2009. Effect of replacement of soybean by DDGS combined with commercial phytase on Nile tilapia. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science*, 5 (4): 473-479.
- AKSOY, A.K. 2009. Gökkuşacağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) sindirim kanalının postnatal gelişimi ve endokrin hücre kompozisyonu üzerinde histolojik, histokimyasal ve immunohistokimyasal çalışmalar. Doktora tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, 103 s.
- AOAC, 1995. Official methods of analysis, 16th edition. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia, USA
- APPER, E., WEISSMAN, D., RESPONDEK, F., GUYONVARCH, A., BARON, F., BOISOT, P., RODILESD, A. and MERRIFIELD, D.L. 2016. Hydrolysed wheat gluten as part of a diet based on animal and plant proteins supports good growth performance of Asian seabass (*Lates calcarifer*), without impairing intestinal morphology or microbiota. *Aquaculture*, 453: 40-48.
- ARAS, N.M., KOCAMAN, E.M. ve ARAS, M.S. 2000. Genel Su Ürünleri ve Kültür Balıkçılığının Temel Esasları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları, no: 216, Erzurum.
- ASLAKSEN, M.A., KRAUGERUD, O.F., PENN, M., SVIHUS, B., DENSTADLI, V., JORGENSEN, H.Y., HILLESTAD, M., KROGDAHL, A. and STOREBAKKEN, T. 2007. Screening of nutrient digestibilities and intestinal pathologies in Atlantic salmon, *Salmo salar*, fed diets with legumes oilseeds, or cereals. *Aquaculture*, 272: 541-555.
- AYADI, F.Y., MUTHUKUMARAPPAN, K. ROSENTRATER, K.A. and BROWN, M.L. 2011. Twin-screw extrusion processing of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) feeds using various levels of corn-based distillers dried grains with solubles (DDGS). *Cereal Chemistry*, 88: 363-374.
- AYDIN, B. and GÜMÜŞ, E. 2013. Replacement of fish meal by poultry by-product meal, supplemented with lysine, methionine, and threonine, in diets for fry of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 65: 1-7.
- AYTEKİN, R.G. ve ZÜLKADİR, U. 2013. Malya koyunlarında büyüme eğrileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 19 (1): 71-78.
- BAE, K. and LEE, S. 2015. Effects of dietary inclusion of distillers dried grain as a partial replacement for fish meal on growth performance of juvenile rockfish *Sebastes schlegeli*. *Journal of Fisheries and Marine Sciences Education*, 27: 390-398.

- BAEZA-ARIÑO, R., MARTÍNEZ-LLORENS, S., NOGALES-MÉRIDA, S., JOVER-CERDA, M. and TOMÁS-VIDAL, A. 2016. Study of liver and gut alterations in sea bream, *Sparus aurata* L., fed a mixture of vegetable protein concentrates. *Aquaculture Research*, 47 (2): 460-471.
- BAKKE, A.M. 2011. Soybean meal in diets for cultured fishes. Soybeans: Cultivation, Uses and Nutrition, Jason E. Maxwell (Ed.), Nova Science Publisher, 508 pages.
- BAKKE-MCKELLEP, A.M., NORDRUM, S., KROGDAHL, Å. and BUDDINGTON, R.K. 2000. Absorption of glucose, amino acids, and dipeptides by the intestines of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Fish Physiology and Biochemistry*, 22: 33-44.
- BAKKE-MCKELLEP, A.M., FRØYSTAD, M.K., LILLEENG, E., DAPRA, F., REFSTIE, S., KROGDAHL, Å. And LANDSVERK, T. 2007. Response to soy: T-cell-like reactivity in the intestine of Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Journal of Fish Diseases*, 30: 13-25.
- BANAN KHOJASTEH, S.M., SHEIKHZADEH, F., MOHAMMADNEJAD, D. AND AZAMI, A. 2009. Histological, histochemical and ultrastructural study of the intestine of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *World Applied Sciences Journal*, 6: 1525-1531.
- BANSEMER, M.S., FORDER, R.E.A., HOWARTH, G.S., SUITOR, G.M., BOWYER, J. and STONE, D.A.J. 2015. The effect of dietary soybean meal and soy protein concentrate on the intestinal mucus layer and development of subacute enteritis in Yellowtail Kingfish (*Seriola lalandi*) at suboptimal water temperature. *Aquaculture Nutrition*, 21: 300-310.
- BARNES, M.E., BROWN, M.L. and ROSENTRATER, K.A. 2012a. Initial observations on the inclusion of high protein distillers dried grain into rainbow trout diets. *The Open Fish Science Journal*, 5: 21-29.
- BARNES, ME., BROWN, M.L. and ROSENTRATER, K. 2012b. Replacement of fish meal with high protein distillers dried grain in juvenile rainbow trout diets. *Journal of Aquaculture Feed Science and Nutrition*, 4: 39-47.
- BARNES, M.E., BROWN, M.L. and ROSENTRATER, K.A. 2012c. Juvenile rainbow trout responses to diets containing distillers dried grain with solubles, phytase, and amino acid supplements. *Open Journal of Animal Sciences*, 2: 69-77.
- BARNES, M.E., BROWN, M., ROSENTRATER, K.A. and SEWELL, J.R. 2013. Preliminary evaluation of rainbow trout diets containing PepSoyGen, a fermented soybean meal product, and additional amino acids. *Open Fish Science Journal*, 6: 19-27.
- BARNES, M.E., BROWN, M.L., BRUCE, T., SINDELAR, S. and NEIGER, R. 2014. Rainbow trout rearing performance, intestinal morphology, and immune response after long-term feeding of high levels of fermented soybean meal. *North American Journal of Aquaculture*, 76: 333-345.

- BARNES, M.E., BROWN, M.L., NEIGER, R. 2015. Comparative performance of two rainbow trout strains fed fermented soybean meal. *Aquaculture International*, 23 (5): 1227-1238.
- BARROWS, F.T., STONE, D.A.J. and HARDY, R.W. 2007. The effects of extrusion conditions on the nutritional value of soybean meal for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 265: 244-252.
- BARROWS, F.T., BELLIS, D., KROGDAHL, Å., SILVERSTEIN, J.T., HERMAN, E. M., SEALEY, W.M., RUST, M.B. and GATLIN III, D.M. 2008. 'Report of the Plant Products in Aquafeed Strategic Planning Workshop: An integrated, interdisciplinary research roadmap for increasing utilization of plant feedstuffs in diets for carnivorous fish'. *Reviews in Fisheries Science*, 16 (4): 449-455.
- BATAL, A. and DALE, N. 2003. Mineral composition of distillers dried grains with solubles. *The Journal of Applied Poultry Research*, 12: 400-403.
- BATAL, A.B. and DALE, N.M. 2006. True metabolizable energy and amino acid digestibility of distillers dried grains with solubles. *Journal of Applied Microbiology*, 15 (1): 89-93.
- BELYEA, R.L., RAUSCH, K.D., TUMBLESÓN, M.E. 2004. Composition of corn and distillers dried grains with solubles from dry grind ethanol processing. *Bioresource Technology*, 94 (3): 293-298.
- BELYEA, R.L., RAUSCH, K.D., CLEVINGER, T.E., SINGH, V., JOHNSTON, D.B. and TUMBLESÓN, M.E. 2010. Sources of variation in composition of DDGS. *Animal Feed Science and Technology*, 159: 122-130.
- BİLEN, A.G. and BİLEN, S. 2013. Effect of diet on the fatty acids composition of cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) liver tissues and histology compared with wild sea bass caught in Egean Sea. *Marine Science and Technology Bulletin*, 2(1): 13-19.
- BİLGİN, Ö., TÜRKER, A. and TEKİNAY, A.A. 2007. The use of hazelnut meal as a substitute for soybean meal in the diets of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Turkish Journal of Animal Science*, 31: 145-151.
- BİLGÜVEN, M. 2002. Yemler Bilgisi, Yem Teknolojisi ve Balık Besleme. Akademisyen Yayınevi, Yayın No: 1. Mersin, 446 s.
- BİLGÜVEN, M. and BARIŞ, M. 2011. Effects of the feeds containing different plant protein sources on growth performance and body composition of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, W.). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11: 345-349.
- BLIGH, E.G. and DYER, W.J. 1959. Rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37 (8): 911-917.
- BONALDO, A., ROEM, A.J., PECCHINI, A., GRILLI, E. and GATTA, P.P. 2006. Influence of dietary soybean meal levels on growth, feed utilization and gut

- histology of Egyptian sole (*Solea aegyptiaca*) juveniles. *Aquaculture*, 261: 580-586.
- BONALDO, A., ROEM, J.A., FAGIOLI, P., PECCHINI, A., CIPOLLINI, I. and GATT, P.P. 2008. Influence of dietary levels of soybean meal on the performance and gut histology of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) and European seabass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture Research*, 39: 970-978.
- BONALDO, A., PARMA, L., MANDRIOLI, SIRRI, R., FONTANILLAS, R., BADIANI A. and GATTA, P.P. 2011. Increasing dietary plant proteins affects growth performance and ammonia excretion but not digestibility and gut histology in turbot (*Psetta maxima*) juveniles. *Aquaculture*, 318: 101-108.
- BÓRQUEZ, A., SERRANO, E., DANTAGNAN, P., CARRASCO, J. and HERNANDEZ, A. 2011. Feeding high inclusion of whole grain white lupin (*Lupinus albus*) to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Effects on growth, nutrient digestibility, liver and intestine histology and muscle fatty acid composition. *Aquaculture Research*, 42: 1067-1078.
- BÓRQUEZ, A.S., HERNÁNDEZ, A.J., DANTAGNAN, P., SAEZ, P. and SERRANO, E. 2011. Incorporation of whole lupin, *Lupinus albus*, seed meal in commercial extruded diets for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*: Effect on growth performance, nutrient digestibility, and muscle fatty acid composition. *Journal of the World Aquaculture Society*, 42: 209-221.
- BUDDINGTON, R.K., KROGDAHL, A., BAKKE-MCKELP, A.M., 1997. The intestines of carnivorous fish: Structure and functions and the relations with diet. *Acta Physiologica Scandinavica*, 638: 67-80.
- BULLERWELL, C.N., COLLINS, S.A., LALL, S.P. and ANDERSON, D.M. 2016. Growth performance, proximate and histological analysis of rainbow trout fed diets containing camelina sativa seeds, meal (high-oil and solvent-extracted) and oil. *Aquaculture*, 452: 342-350.
- BUREL, C., BOUJARD, T., KAUSHIK, S.J., BOEUF, G., VAN DER GEYTEN, S., MOL, K.A., KÜHN, E.R., QUINSAC, A., KROUTI, M. and RIBAILLIER, D. 2000. Potential of plant-protein sources as fish meal substitutes in diets for turbot (*Psetta maxima*): Growth, nutrient, utilisation and thyroid status. *Aquaculture*, 188: 363-382.
- BURR, G.S., WOLTRERS, W.R., BARROWS, F.T. and HARDY, R.W. 2012. Replacing fishmeal with blends of alternative proteins on growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), and early or late stage juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 334-337: 110-116.
- BUTTLE, L.G., BURRELLS, A.C., GOOD, J.E., WILLIAMS, P.D., SOUTHGATE, P.J. and BURRELLS, C. 2001. The binding of soybean agglutinin (SBA) to the intestinal epithelium of Atlantic salmon, *Salmo salar* and rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fed high levels of soybean meal. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 80: 237-244.

- CABALLERO, M.J., IZQUIERDO, M.S., KJORSVIK, E., FERNANDEZ, A.J. and ROSENLUND, G. 2004. Histological alterations in the liver of sea bream, *Sparus aurata* L., caused by short- or long-term feeding with vegetable oils. Recovery of normal morphology after feeding fish oil as the sole lipid source. *Journal of Fish Diseases*, 27: 531-541.
- CABRAL, E.M., BACELAR, M., BATISTA, S., CASTRO-CUNHA, M., OZÓRIO, R.O.A., and VALENTE, L.M.P. 2011. Replacement of fishmeal by increasing levels of plant protein blends in diets for Senegalese sole (*Solea senegalensis*) juveniles. *Aquaculture*, 322-323: 74-81.
- CHATVIJITKUL, S., DAVIS D.A. and LIM, C.E. 2016. Lipid extracted distillers dried grains with solubles (LE-DDGS) as a partial replacement for soybean meal in hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* × *Oreochromis aureus*) diets. *Aquaculture*, 459: 131-136.
- CHENG, Z.J. and HARDY, R.W. 2003. Effects of extrusion processing of feed ingredients on apparent digestibility coefficients of nutrients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*, 9: 77-83.
- CHENG, Z.J. and HARDY, R.W. 2004a. Effects of microbial phytase supplementation in corn distiller's dried grain with solubles on nutrient digestibility and growth performance of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Applied Aquaculture*, 15: 83-100.
- CHENG, Z.J. and HARDY, R.W. 2004b. Nutritional value of diets containing distiller's dried grain with solubles for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Applied Aquaculture*, 15: 101-113.
- CHENG, Z.J., HARDY, R.W. and BLAIR, M. 2003. Effects of supplementing methionine hydroxy analogue in soybean meal and distiller's dried grain-based diets on the performance and nutrient retention of rainbow trout [*Oncorhynchus mykiss* (Walbaum)]. *Aquaculture Research*, 34: 1303-1310.
- CHEVANAN, N., ROSENTRATER, K.A. and MUTJUKUMARAPPAN, K. 2005. Utilization of distillers dried grains for fish feed by extrusion technology-A review. ASAE Annual International Meeting, Paper Number 056025, Tampa, Florida.
- CHIKWATI, E.M., VENOLD, F.F., PENN, M.H., ROHLOFF, J., REFSTIE, S., GUTTVIK, A., HILLESTAD, M. and KROGDAHL, Å. 2012. Interaction of soyasaponins with plant ingredients in diets for Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *British Journal of Nutrition*, 107: 1570-1590.
- CHO, C.Y. 1992. Feeding systems for rainbow trout and other salmonids with reference to current estimates of energy and protein requirements. *Aquaculture*, 100: 107-123.
- CHO, C.Y. and BUREAU, D.P. 1998. Development of bioenergetics models and the Fish-PrFEQsoftware to estimate production, feeding ration and waste output in aquaculture. *Aquatic Living Resources*, 11: 199-210.

- CHOI, J., RAHMAN, M. and LEE, S. 2014a. Rice distillers dried grain is a promising ingredient as a partial replacement of plant origin sources in the diet for juvenile red seabream (*Pagrus major*). *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 27: 1736-1743.
- CHOI, J., RAHMAN, M. and LEE, S. 2014b. Distillers dried grain as a partial replacement for wheat flour in the diet of juvenile rockfish *Sebastes schlegeli*. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 17: 85-93.
- CHOU, R.L., HER, B.Y., SU, M.S., HWANG, G., WU, Y.H. and CHEN, H.Y. 2004. Substituting fish meal with soybean meal in diets of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture*, 229: 325-333.
- COLBURN, H.R., WALKER, A.B., BRETON, T.S., STILWELL, J.M., SIDOR, I.F., GANNAM, A.L. and BERLINSK, D.L. 2012. Partial replacement of fishmeal with soybean meal and soy protein concentrate in diets of Atlantic Cod. *North American Journal of Aquaculture*, 74: 330-337.
- COLLINS, S.A., DESAI, A.R., MANSFIELD, G.S., HILL, J.E., VAN KESSEL, A.G. and DREW, M.D. 2012. The effect of increasing inclusion rates of soybean, pea and canola meals and their protein concentrates on the growth of rainbow trout: Concepts in diet formulation and experimental design for ingredient evaluation. *Aquaculture*, 344: 90-99.
- COLLINS, S.A. 2014. Antinutritional factors in modeling plant-based rainbow trout. Ph.D. Thesis, University of Saskatchewan, Saskatoon, 215 p.
- COUTO, A., KORTNER, T.M., PENN, M., BAKKE, A.M., KROGDAHL, A. and OLIVA-TELES, A. 2015. Dietary saponins and phytosterols do not affect growth, intestinal morphology and immune response of on-growing European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture Nutrition*, 21: 970-982.
- COUTO, A., BARROSO, C., GUERREIRO, I., POUSÃO-FERREIRA, P., MATOS, E., PERES, H., OLIVA-TELES, A. and ENES, P. 2016. Carob seed germ meal in diets for meagre (*Argyrosomus regius*) juveniles: Growth, digestive enzymes, intermediary metabolism, liver and gut histology. *Aquaculture*, 451: 396-404.
- COYLE, S.D., MENGEL, G.J., TIDWELL, J.H. and WEBSTER, C.D. 2004. Evaluation of growth, feed utilization, and economics of hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*, fed diets containing different protein sources in combination with distillers dried grains with solubles. *Aquaculture Research*, 35: 365-370.
- ÇAĞILTAY, F. 2011. İç Su Balıkları Yetiştiriciliği. Nobel Yayın Dağıtım. Yayın No:29, Fen Bilimleri Dizi No:2. Ankara, 290 s.
- ÇETINKAYA, O. 1995. Balık Besleme. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Van, 129 s.



- ÇINAR, K. and SENOL, N. 2006. Histological and histochemical characterization of the mucosa of the digestive tract in flower fish (*Pseudophoxinus antalyae*). *Anatomia, Histology, Embryology*, 35 (3): 147-151.
- DALE, M. and BATAL, A.B. 2005. Distiller's Grains: Focusing on quality control. *Egg Industry*, April, 12-13.
- DAVIS, K. 2001. Corn milling, processing and generation of co-product. 62<sup>nd</sup> Minnesota Nutrition Conference and Minnesota Corn Growers Association Technical Symposium. September 11-12. Bloonington. <http://www.ethanolrfa.org/industry/resources/coproducts/>
- DE FRANCESCO, M., PARISI, G., MÉDALE, F., LUPI, P., KAUSHIK, S.J. and POLI, B.M. 2004. Effect of long-term feeding with a plant protein mixture based diet on growth and body/fillet quality traits of large rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 236: 413-429.
- DE FRANCESCO, M., PARISI, G., PÉREZ-SÁNCHEZ, J., GÓMEZ-RÉQUENI, P., MÉDALE, F., KAUSHIK, S.J., MECATTI, M. and POLI, B.M. 2007. Effect of high-level fish meal replacement by plant proteins in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) on growth and body/fillet quality traits. *Aquaculture Nutrition*, 13: 361-372.
- DE SILVA, S.S. and ANDERSON, T.A. 1998. *Fish Nutrition in Aquaculture*. 2<sup>nd</sup> Edition Chapman and Hall, London, 317 p.
- DE SILVA, S.S. and ANDERSON, T.A. 2009. *Fish Nutrition in Aquaculture*. Springer, Indian reprint, New Delhi.
- DELASHOUB, M., POUSTY, I. and KHOJASTEH, S.M. 2010. Histology of bighead carp (*Hypophthalmichthys nobilis*) intestine. *Global Veterinaria*, 5 (6): 302-306.
- DENİZ, G., GENCOĞLU, H., GEZEN, S.S., TURKMEN, I.I., ORMAN, A. and KARA, C. 2013. Effects of feeding corn distiller's dried grains with solubles with and without enzyme cocktail supplementation to laying hens on performance, egg quality, selected manure parameters, and feed cost. *Livestock Science*, 152: 174-181.
- DOĞAN, G. and ERDEM, M. 2010. Effects of hazelnut meal levels on growth performance, feed utilization and digestibility in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 10: 181-186.
- DUNCAN, D.B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics*, 11: 1-42.
- DÜZGÜNEŞ, O., KESİCİ, T., GÜRBÜZ, F. 1993. *İstatistik Metodlar*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 1291, Ders Kitabı: 369, Ankara, 218 s.
- EMRE, Y. ve KÜRÜM, V. 2007. *Havuz ve Kafeslerde Alabalık Yetiştiriciliği Kitabı*. İkinci Baskı. Posta Basım, İstanbul, 272 s.

- ESCAFFRE, A.M., KAUSHIK, S. and MAMBRINI, M. 2007. Morphometric evaluation of changes in the digestive tract of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) due to fish meal replacement with soy protein concentrate. *Aquaculture*, 273: 127-138.
- ESPE, M., LEMME, A., PETRI, A., EL-MOWAFI, A. 2006. Can Atlantic salmon (*Salmo salar*) grow on diets devoid of fish meal? *Aquaculture*, 255: 255-262.
- ESTÉVEZ, A., TREVIÑO, L., KOTZAMANIS, Y., KARACOSTAS, I., TORT, L. and GISBERT, E. 2011. Effects of different levels of plant proteins on the on-growing of meagre (*Argyrosomus regius*) juveniles at low temperatures. *Aquaculture Nutrition*, 17: 572-582.
- EVANS, J.J., PASNIK, D.J., PERES, H., LIM, C. and KLESIUS, P.H. 2005. No apparent differences in intestinal histology of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) fed heat-treated and non-heat-treated raw soybean meal. *Aquaculture Nutrition*, 11, 123-129.
- FAO, 2012. Fishery and Aquaculture Statistics 2010. FAO yearbook. Rome, Italy, 78 p.
- FAO, 2014a. The State of World Fisheries and Aquaculture 2014. FAO Fisheries and Aquaculture Department, Rome, Italy, 223 pages.
- FAO, 2014b. Fishery and Aquaculture Statistics 2012. FAO Yearbook. Rome, Italy.
- FAO, 2015. Food Outlook, Biannual report on global food markets. Rome, Italy. <http://www.fao.org/docrep/018/al999e/al999e.pdf>
- FASTINGER, N.D., LATSHAW, J.D. and MAHAN, D.C. 2006. Amino acid availability and true metabolizable energy content of corn distillers dried grains with solubles in adult cecectomized roosters. *Poultry Science*, 85: 1212-1216.
- FERRARA E, GUSTINELLI A, FIORAVANTI ML, RESTUCCI, B., QUAGLIO, F., MARONO, S. and PICCOLO, G. 2015. Histological and micro-/macro-morphological evaluation of intestine in sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*) fed soybean meal-based diets added with MOS and inulin as prebiotics. *Aquaculture International*, 23: 1525-1537.
- FONTAINE, J., ZIMMER, U., MOUGHAN, P.J., RUTHERFURD, S.M. 2007. Effect of heat damage in an autoclave on the reactive lysine contents of soy products and corn distillers dried grains with solubles. Use of the results to check on lysine damage in common qualities of these ingredients. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 10737-10743.
- FRANCIS, G., MAKKAR, H.P.S., BECKER, K. 2001. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, 199: 197-227.
- FRANCO, D., BENEDETTO, S., KARINE, C., MIMMO, F., VALENTINA, V. and MARCO, G. 2015. The histological evaluation of sea cucumber meal as a

potential ingredient in rainbow trout diet. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 15: 335-343.

FROESE, R. and PAULY, D. 2009. FishBase. World Wide Web electronic publication. <http://www.fishbase.org> version

GATLIN, D.M., BARROWS, F.T., BROWN, P., DABROWSKI, K., GAYLORD, T.G., HARDY, R.W., HERMAN, E., HU, G., KROGDAHL, Å., NELSON, R., OVERTURF, K., RUST, M., SEALEY, W., SKONBERG, D., SOUZA, E.J., STONE, D., WILSON, R. and WURTELE, E. 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquaculture Research*, 38: 551-579.

GAUSE, B. and TRUSHENSKI, J. 2011. Effects of dietary yeast (*Saccharomyces cerevisia*) supplementation in practical diets of tilapia (*Oreochromis niloticus*). *North American Journal of Aquaculture*, 73: 97-103.

GLENCROSS, B.D., BOOTH, M. and ALLAN, G.L. 2007. A feed is only as good as its ingredients—a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture Nutrition*, 13: 17-34.

GLENCROSS, B., HAWKINS, W., EVANS, D., MCCAFFERTY, P., DODS, K. and SIPSAS, S. 2008. Evaluation of the influence of *Lupinus angustifolius* kernel meal on dietary nutrient and energy utilization efficiency by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*, 14: 129-138.

GLENCROSS, B., HAWKINS, W., EVANS, D., RUTHERFORD, N., MCCAFFERTY, P., DODS, K. and HAULER, R. 2011a. A comparison of the effect of diet extrusion or screw-press pelleting on the digestibility of grain protein products when fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 312: 154-161.

GLENCROSS, B., RUTHERFORD, N. and HAWKINS, W. 2011b. A comparison of the growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) when fed soybean, narrow-leaf or yellow lupin meals in extruded diets. *Aquaculture Nutrition*, 17 (2): 317-325.

GODA, A.M.A.S., MABROUK, H.A., EL-AFIFI, T.M. and WAFI, M.A. 2011. Effect of total or partial replacement of sbm with ddgs on nine tilapia diets. *World Applied Sciences Journal*, 14 (2): 264-271.

GÓMEZ-REQUENI, P., MINGARRO, M., CALDUCH-GINER, J.A., MÉDALE, F., MARTIN, S.A.M., HOULIHAN, D.F., KAUSHIK, S. and PÉREZ-SÁNCHEZ, J. 2004. Protein growth performance, amino acid utilization and somatotrophic axis responsiveness to fishmeal replacement by plant protein sources in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 232: 493-510.

GRISDALE-HELLAND, B., HELLAND, S.J., BAEVERFJORD, G. and BERGE, G.M. 2002. Full-fat soybean meal in diets for Atlantic halibut. Growth, metabolism and intestinal histology. *Aquaculture Nutrition*, 8: 265-270.

- GUJARATI, D. 2001. Temel Ekonometri. Çeviren: Ümit Şenesen, Gülay Günlük Şenesen, Literatür Yayıncılık, İstanbul.
- GUILLAUME, J., KAUSHIK, S.J., BERGOT, P. and MÉTAILLER, R. 2001. Nutrition and Feeding of Fish and Crustaceans. Springer-Verlag London, 408 p.
- GÜROY, D., TEKINAY, A.A. and DAVIES, S.J. 2012. Use of organically certified yeast in the diet of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Growth performance, nutrient utilization and fatty acid composition. *The Israeli Journal of Aquaculture–Bamidgeh*, 64: 722-730.
- GÜROY, B., ERGÜN, S., DANIEL, L. and MARRIFIELD, D.G. 2013. Effect of autoclaved ulva meal on growth performance, nutrient utilization and fatty acid profile of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture International*, 21: 605-615.
- HAN, J. and LIU, K. 2010. Changes in composition and amino acid profile during dry grind ethanol processing from corn and estimation of yeast contribution toward DDGS proteins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58: 3430-3437.
- HARDY, R.W. 1999. Fish, feeds, and nutrition: Grains and their by-products. *Aquaculture Magazine*, 25 (6): 54-58.
- HARDY, R.W. 2010. Utilization of plant proteins in fish diets: Effects of global demand and supplies of fishmeal. *Aquaculture Research*, 41: 770-776.
- HARDY, R.W. and TACON, A.G.J. 2002. Fish Meal: Historical Uses, Production Trends and Future Outlook for Sustainable Supplies. In: Responsible Marine Aquaculture (Stickney, R.R. and McVey, J.P. Eds), pp. 311-325. CAB International, Oxon, UK.
- HARTVIKSEN, M., VECINO, J.L.G., RINGØ, E., BAKKE, A.M., WADSWORTH, S., KROGDAHL, Å. and RUOHONEN, K. 2014. Alternative dietary protein sources for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) effect on intestinal microbiota, intestinal and liver histology and growth. *Aquaculture Nutrition*, 20: 381-398.
- HEIKKINEN, J., VIELMA, J., KEMILAINEN, O., TIIROLA, M., ESKELINEN, P., KIURU, T., NAVIAPALDANIUS, D. and VONWRIGHT, A. 2006. Effects of soybean meal based diet on growth performance, gut histopathology and intestinal microbiota of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 261: 259-268.
- HERNÁNDEZ, D.R., PÉREZ GIANESELLI, M. and DOMITROVIC, H. A. 2009. Morphology, histology and histochemistry of the digestive system of South American catfish (*Rhamdia quelen*). *International Journal Morphology*, 27: 105-111.
- HERTRAMPF, J.W. and PIEDAD-PASCUAL, F. 2000. Handbook on Ingredients for Aquaculture Feeds. Kluwer Academic, Norwell, Massachusetts.

- HIXSON, S.M., PARRISH, C.C., WELLS, J.S., WINKOWSKI, E.M., ANDERSON, D.M. and BULLERWELL, C.N. 2016. Inclusion of camelina meal as a protein source in diets for farmed salmonids. *Aquaculture Nutrition*, 22: 615-630.
- HOŞSU, B., KORKUT, A.Y. ve FIRAT, A. 2001. Balık Besleme ve Yem Teknolojisi I. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Yayınları, İzmir, 276 s.
- HU, L., YUN, B., XUE, M., WANG, J., WU, X., ZHENG, Y. and HAN, F. 2013. Effects of fishmeal quality and fishmeal substitution by animal protein blend on growth performance, flesh quality and liver histology of Japanese seabass (*Lateolabrax japonicas*). *Aquaculture*, 372-375: 52-61.
- HU, Y., HUANG, Y., FENG, F., ZHONG, L. AI, Q., XIAO, T. and WEN, H. 2015. Effect of soybean meal replacement by cottonseed meal on growth, feed utilization and some blood physiological/biochemical indices of juvenile black carp, *Mylopharyngodon piceus*. *Aquaculture Research*, 46: 2490-2500.
- HUALLPA, G.A. 2013. Use of barley, wheat and corn distiller's dried grains with solubles in diets for growing rabbits: Nutritive value, growth performance and meat quality. Ph.D. Thesis, Universitat Politècnica de València, 160 p.
- HUSSAIN, S.M., AFZAL, M., RANA, S.A., JAVID, A. and IQBAL, M. 2011. Effect of phytase supplementation on growth performance and nutrient digestibility of *Labeo rohita* fingerlings fed on corn gluten meal-based diets. *International Journal of Agriculture and Biology*, 13: 916-922.
- IGHWELA, K.A., AHMED, A.B. and ABOL-MUNAFI, A.B. 2011. Condition Factor as an Indicator of Growth and Feeding Intensity of Nile Tilapia Fingerlings (*Oreochromis niloticus*) Feed on Different Levels of Maltose. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 11 (4): 559-563.
- IKPEGBU, E., NLEBEDUM, U.C., NNADOZIE, O. and AGBAKWURU, I. 2014. Structure and functional significance of branched anastomosing mucosal folds in the proximal intestine of the farmed African catfish (*Clarias gariepinus* Burchell 1822). *Animal Research International*, 11 (1): 1863-1870.
- INGLEDEW, W.M. 1999. Yeast could you base a business on this bug? In: Under the Microscope - Focal Points for the New Millennium - Biotechnology in the Feed Industry (Lyons, T.P. and Jacques, K.A. eds), pp. 27-47. Proceedings of Alltech's 15<sup>th</sup> Annual Symposium. Nottingham University Press, Nottingham.
- IWASHITA, Y., SUZUKI, N., YAMAMOTO, T., SHIBATA, J., ISOKAWA, K., SOON, A., IKEHATA, Y., FURUITA, H., SUGITA, T. and GOTO, T. 2008. Supplemental effect of cholytaurine and soybean lecithin to a soybean meal-based fish meal-free diet on hepatic and intestinal morphology of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Fisheries Science*, 74: 1083-1095.
- IWASHITA, Y., YAMAMOTO, T., FURUITA, H., SUGITA, T. and SUZUKI, N. 2008. Influence of certain soybean antinutritional factors supplemented to a casein-based semi-purified diet on intestinal and liver morphology in fingerling rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Fisheries Science*, 74: 1075-1082.

- IWASHITA, Y., SUZUKI, N., MATSUNARI, H., SUGITA, T. and YAMAMOTO, T. 2009. Influence of soya saponin, soya lectin, and cholytaurine supplemented to a casein-based semipurified diet on intestinal morphology and biliary bile status in fingerling rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Fisheries Science*, 75: 1307-1315.
- JALILI, R., TUKMECHI, A., AGH, N., NOORI, F. and GHASEMI, A. 2013. Replacement of dietary fish meal with plant sources in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Effect on growth performance, immune responses, blood indices and disease resistance. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 12 (3): 577-591.
- JIRSA, D., BARROWS, F.T., HARDY, R.W. and DRAWBRIDGE, M. 2015. Alternative protein blends as a replacement for fish meal in diets for white seabass, *Atractoscion nobilis*. *Aquaculture Nutrition*, 21: 861-867.
- KAUSHIK, S.J., MÉDALE, F., FAUCONNEAU, B. and BLANC, D., 1989. Effect of digestible carbohydrates on protein/energy utilization and on glucose metabolism in rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.). *Aquaculture*, 79: 63-74.
- KAUSHIK, S.J., CRAVEDI, J.P., LALLES, J.P., SUMPTER, J., FAUCONNEAU, B. and LAROCHE, M. 1995. Partial or total replacement of fish meal by soybean protein on growth, protein utilization, potential estrogenic effects, cholesterolemia and flesh quality in rainbow trout. *Aquaculture*, 133: 257-274.
- KAUSHIK, S.J., COVÈS, D., DUTTO, G. and BLANC, D. 2004. Almost total replacement of fish meal by plant protein sources in the diet of amarine teleost, the European seabass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*, 230: 391-404.
- KIM, J.D. and KAUSHIK, S.J. 1992. Contributions of digestible energy from carbohydrates and estimation of protein/energy requirements for growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 106: 161-169.
- KINGSLEY, A.R.P., ILELEJI, K.E., CLEMENTSON, C.L., GARCIA, A., MAIER, D.E., STROSHINE, R.L. and RADCLIFF, S. 2010. The effect of process variables during drying on the physical and chemical characteristics of corn dried distiller's grains with solubles (DDGS) - Plant scale experiments. *Bioresource Technology*, 101: 193-199.
- KOÇTÜRK, D. 2011. Farklı özelliklerdeki etanol-benzin karışımı yakıtların buji ile ateşlemeli motorlarda kullanılmasının çevresel ve ekonomik yönden değerlendirilmesi. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, 160 s.
- KOKOU, F., SARROPOULOU, E., COTOU, E., RIGOS, G., HENRY, M., ALEXIS, M. and KENTOURI, M. 2015. Effects of fishmeal replacement by a soybean protein on growth, histology selected immune and oxidative status markers of gilthead sea bream, *Sparus auratus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 46 (2): 115-128.

- KORKUT, A.Y., KOP, A., DEMİRTAŞ, N. ve CİHANER, A. 2007. Balık Beslemede Gelişim Performansının İzlenme Yöntemleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 24: 201-205.
- KROGDAHL, A., BAKKE-MCKELLEP, A.M., ROED, K.H. and BAEVERFJORD, G. 2000. Feeding Atlantic salmon *Salmo salar* L. soybean products: effects on disease resistance (Furunculosis), and lysozyme and IgM levels in the intestinal mucosa. *Aquaculture Nutrition*, 6: 77-84.
- KROGDAHL, Å., BAKKE-MCKELLEP, A.M. and BAEVERFJORD, G. 2003. Effects of graded levels of standard soybean meal on intestinal structure, mucosal enzyme activities, and pancreatic response in Atlantic salmon (*Salmo solar* L.). *Aquaculture Nutrition*, 9: 361-371.
- KROGDAHL, Å., HEMRE, G.I. and MOMMSEN, T.P. 2005. Carbohydrates in fish nutrition: Digestion and absorption in postlarval stages. *Aquaculture Nutrition*, 11: 103-122.
- KROGDAHL, Å., PENN, M., THORSEN, J., REFSTIE, S. and BAKKE, A.M. 2010. Important antinutrients in plant feedstuffs for aquaculture: An update on recent findings regarding responses in salmonids. *Aquaculture Research*, 41: 333-344.
- KROGDAHL, Å., GAJARDO, K., KORTNER, T.M., PENN, M., GU, M., BERGE, G.M. and Bakke, A.M. 2015. Soya saponins induce enteritis in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63: 3887-3902.
- LEE, J.H., KU, S.K., PARK, K.D. and LEE, H.S. 2004. Immunohistochemical study of the gastrointestinal endocrine cells in the Korean aucha perch. *Journal of Fish Biology*, 65 (1): 170-181.
- LI, P. and GATLIN III, D.M. 2005. Evaluation of the prebiotic grobiotic-A and brewer's yeast as dietary supplements for sub-adult hybrid striped bass (*Morone chrysops* × *M. saxatilis*) challenged in situ with *Mycobacterium marinum*. *Aquaculture*, 248: 197-205
- LI, M. and ROBINSON, E. 2007. Use of distillers dried grain with soluble in channel catfish diets. Abstracts, 31st Fish Feed and Nutrition Workshop; May 16–18, Auburn University, Auburn, Alabama, USA.
- LI, P., MAI, K., TRUSHENSKI, J. and WU, G. 2009. New developments in fish amino acid nutrition: Towards functional and environmentally oriented aquafeeds. *Amino Acids*, 37: 43-53.
- LI, M.H., ROBINSON, E.H., OBERLE, D.F. and LUCAS, P.M. 2010. Effects of various corn distillers by-products on growth, feed efficiency, and body composition of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture Nutrition*, 16: 188-193.
- LI, E., LIM, C., CAI, C. and KLESIUS, P.H. 2011a. Growth response and resistance to *Streptococcus iniae* of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fed diets containing

- different levels of wheat distiller's dried grains with solubles with or without lysine supplementation. *Animal Feed Science and Technology*, 170: 246-255.
- LI, M.H., OBERLE, D.F. and LUCAS, P.M. 2011b. Evaluation of corn distillers dried grains with solubles and brewers yeast in diets for channel catfish *Ictalurus punctatus* (Rafinesque). *Aquaculture Research*, 42: 1424-1430.
- LI, E., LIM, C., KLESIUS, P. and CAI, C. 2012. Enhancement effects of dietary wheat distiller's dried grains with solubles on growth, immunity, and resistance to *Edwardsiella ictaluri* challenge of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 43: 814-827.
- LIM, C., GARCIA, J.C., YILDIRIM-AKSOY, M., KLESIUS, P.H., SHOEMAKER, C.A. and EVANS, J.J. 2007. Growth response and resistance to *Streptococcus iniae* of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fed diets containing distiller's dried grains with solubles. *Journal of the World Aquaculture Society*, 38: 231-237.
- LIM, C. and YILDIRIM-AKSOY, M. 2008. Distillers dried grains with solubles as an alternative protein source in fish feeds. Pages 67-82 in Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Symposium on Tilapia in Aquaculture, October 12-14, Cairo, Egypt.
- LIM, C., YILDIRIM-AKSOY, M. and KLESIUS P.H. 2009. Growth response and resistance to edwardsiella ictaluri of channel catfish, *Ictalurus punctatus*, fed diets containing distiller's dried grains with solubles. *Journal of the World Aquaculture Society*, 40: 182-193.
- LIM, C., LI, E. and KLESIUS, P.H. 2011. Distiller's dried grains with solubles as an alternative protein source in diets of tilapia. *Reviews in Aquaculture*, 3: 172-178.
- LIM, S.J. and LEE, K.J. 2011. A microbial fermentation of soybean and cottonseed meal increases antioxidant activity and gossypol detoxification in diets for nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 42: 494-503.
- LIU, K. and ROSENTRATER, K.A. 2012. Distillers Grains: Production, Properties, and Utilization. CRC Press, 540 pp, Abingdon, England.
- LÓPEZ, L.M., FLORES-IBARRA, M., BAÑUELOS-VARGAS, I., GALAVIZ, M.A. and TRUE, C.D. 2015. Effect of fishmeal replacement by soy protein concentrate with taurine supplementation on growth performance, hematological and biochemical status, and liver histology of totoaba juveniles (*Totoaba macdonaldi*). *Fish Physiology and Biochemistry*, 41: 921-936.
- LOVELL, T. 1981. Laboratory Manual for Fish Feed Analysis and Fish Nutrition Studies. Department of Fisheries and Allied Aquacultures International Center for Aquaculture, Auburn University, US, 65 p.
- LOZANO, B.S., VIDAL, A.T., LLORENS, A.T., MERIDA S.N., BLANCO, J.E., LOPEZ, M.P.T. and CERDA, M.J. 2007. Growth and economic profit of



- gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.) fed sunflower meal. *Aquaculture*, 272: 528-534.
- LU, F., HAGA, Y. and SATOH, S. 2015. Effects of replacing fish meal with rendered animal protein and plant protein sources on growth response, biological indices, and amino acid availability for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Fisheries Science*, 81: 95-105.
- LUNA, L.G. 1968. Manual of Histological Staining Methods of the Armed Forces Institute of Pathology. Third ed. McGraw-Hill Book Company, New York.
- MAGALHÃES, R., COUTINHO, F., POUSÃO-FERREIRA, P., AIRES, T., OLIVATELES, A. and PERES, H. 2015. Corn distiller's dried grains with solubles: apparent digestibility and digestive enzymes activities in European seabass (*Dicentrarchus labrax*) and meagre (*Argyrosomus regius*). *Aquaculture*, 443: 90-97.
- MARCHETTI, L., CAPACCHIETTI, M., SABBieti, M.G., ACCILI, D., MATERAZZI, G. and MENGHI, G. 2006. Histology and carbohydrate histochemistry of the alimentary canal in the rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Fish Biology*, 68: 1808-1821.
- MERICİ, Ş. 2010. Mısırdan elde edilmiş DDGS'lerin bazı kalite ve risk kriterleri yönünden incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, 42 s.
- MARTINEZ-AMEZCUA, C., PARSONS, C.M., SINGH, V., SRINIVASAN, R. and MURTHY, G.S. 2007. Nutritional characteristics of corn distillers dried grains with solubles as affected by the amounts of grains versus solubles and different processing techniques. *Poultry Science*, 86: 2624-2630.
- MARTÍNEZ-LLORENS, S., MOÑINO, A.V., TOMÁS, A., PLA, M. and JOVER, M. 2007. Soybean meal as partial dietary replacement for fish meal in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) diets: Effects on growth, nutritive efficiency and body composition. *Aquaculture Research*, 38: 82-90.
- MARTÍNEZ-LLORENS, S., TOMÁS VIDAL, A., JAURALDE GARCIA, I., PLA TORRES, M. and JOVER CERDÁ, M. 2009. Optimum dietary soybean meal level for maximizing growth and nutrient utilization of on-growing gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture Nutrition*, 15: 320-328.
- MARTÍNEZ-LLORENS, S., BAEZA-ARIÑO, R., NOGALES-MÉRIDA, S., CERDÁ, M.J. and TOMÁS-VIDAL, A., 2012. Carob seed germ meal as a partial substitute in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) diets: Amino acid retention, digestibility, gut and liver histology. *Aquaculture*, 338-341: 124-133.
- MATSUNARI, H., IWASHITA, Y., SUZUKI, N., SAITO, T., AKIMOTO, A., OKAMATSU, K., SUGITA, T. and YAMAMOTO, T. 2010. Influence of fermented soybean meal-based diet on the biliary bile status and intestinal morphology in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture Science*, 58: 243-252.

- MERRIFIELD, D.L., DIMITROUGLOU, A., BRADLEY, G., BAKER, R.T. and DAVIES, S.J. 2009. Soybean meal alters autochthonous microbial populations, microvilli morphology and compromises intestinal enterocyte integrity of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Journal of Fish Diseases*, 32: 755-766.
- METTS, L.S., RAWLES, S.D., BRADY, Y.J., THOMPSON, K.R., GANNAM, A.L., TWIBELL, R.G. and WEBSTER, C.D. 2011. Amino acid availability from selected animal and plant derived feedstuffs for market-size sunshine bass (*Morone chrysops* x *Morone saxatilis*). *Aquaculture Nutrition*, 17: 123-131.
- MOLONY, B. 2001. Environmental requirements and tolerances of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and brown trout (*Salmo trutta*) with special reference to Western Australia: A review. Fisheries Research Report No: 130, 1-28.
- MONGE-ORTIZ, R., MARTÍNEZ-LLORENS, S., MÁRQUEZ, L., MOYANO, F.J., JOVER-CERDÁ, M. and TOMÁS-VIDAL, A. 2016. Potential use of high levels of vegetal proteins in diets for market-sized gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Archives of Animal Nutrition*, 70 (2): 155-172.
- MONTERO, D., ROBAINA, L.E., SOCORRO, J., VERGARA, J.M., TORT, L. and IZQUIERDO, M.S. 2001. Alteration of liver and muscle fatty acid composition in gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles held at high stocking density and fed an essential fatty acid deficient diet. *Fish Physiology and Biochemistry*, 24: 63-72.
- MORALES, A.E., CARDENETE, G., DE LA HIGUERA, M. and SANZ, A. 1994. Effects of dietary protein source on growth, feed conversion and energy utilization in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 124: 117-126.
- MORRIS, P.C., GALLIMORE, P., HANDLEY, J., HIDE, G., HAUGHTON, P. and BLACK, A. 2005. Full-fat soya for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in freshwater: Effects on performance, composition and flesh fatty acid profile in absence of hind-gut enteritis. *Aquaculture*, 248: 147-161.
- NAVARRETE, P., MAGNE, F., ARANEDA, C., FUENTES, P., BARROS, L., OPAZO, R., ESPEJO, R. and ROMERO, J. 2012. PCR-TTGE analysis of 16S rRNA from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) gut microbiota reveals host-specific communities of active bacteria. *PLoS One*, 7 (2): 31335.
- NAVARRETE, P., FUENTES, P., D.L., FUENTE L, BARROS, L. MAGNE, F. OPAZO, R. IBACACHE, C. ESPEJO, R. and ROMERO, J. 2013. Short-term effects of dietary soybean meal and lactic acid bacteria on the intestinal morphology and microbiota of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture Nutrition*, 19: 827-836.
- NAYLOR, R.L., HARDY, R.W., BUREAU, D.P., CHIU, A., ELLIOTT, M., FARRELL, A.P., FORSTER, I., GATLIN, D.M., GOLDBURG, R.J., HUA, K. and NICHOLS, P.D. 2009. Feeding aquaculture in an era of finite resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106: 15103-15110.

- NOGALES MÉRIDA, S., TOMÁS-VIDAL, A., MARTÍNEZ-LLORENS, S. and JOVER CERDÁ, M. 2010. Sunflower meal as a partial substitute in juvenile sharpsnout sea bream (*Diplodus puntazzo*) diets: Amino acid retention, gut and liver histology. *Aquaculture*, 298: 275-281.
- NOGALES MÉRIDA, S., JOVER CERDÁ, M., MARTÍNEZ LLORENS, S. and TOMÁS VIDAL, A. 2011. A study of partial replacement of fish meal with sunflower meal on growth, amino acid retention, and body composition of sharpsnout seabream, *Diplodus puntazzo* (Actinopterygii: Perciformes: Sparidae). *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 41: 47-54.
- NG, W.K., LIM, H.A., LIM, S.L. and IBRAHIM, C.O. 2002. Nutritive value of palm kernel meal pretreated with enzyme or fermented with *Trichoderma koningii* (Oudemans) as a dietary ingredient for red hybrid tilapia (*Oreochromis sp.*). *Aquaculture Research*, 33: 1199-1207.
- NRC, 1993. Nutritional Requirements of Fish. National Academy Press, Washington, DC, USA.
- NRC, 1994. Nutrient Requirements of Poultry. 9<sup>th</sup> Review Edition, The National Academies Press, Washington, DC, USA.
- NRC, 2011. Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. The National Academies Press, Washington, DC, USA.
- OLENTINE, C. 1986. Ingredient profile: Distillers feed. Proceeding of the distillers feed conference, Cincinnati, OH. 41: 13-24.
- OLIVA-TELES, A. and GONÇALVES, P. 2001. Partial replacement of fishmeal by brewers yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) in diets for sea bass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. *Aquaculture*, 202: 269-278.
- OLIVA-TELES, A. 2012. Nutrition and health of aquaculture fish. *Journal of Fish Diseases*, 35: 83-108.
- OLSEN, R.E., HANSEN, A.C., ROSENLUND, G., HEMRE, G.I., MAYHEW, T.M., KNUDSEN, D.L., EROLDUĞAN, O.T., MYKLEBUST, R. and KARLSEN, Ø. 2007. Total replacement of fish meal with plant proteins in diets for Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) II Health aspects. *Aquaculture*, 272 (1-4): 612-624.
- OSTASZEWSKA, T., DABROWSKI, K., PALACIOS, M.E, OLEJNICZAK, M. and WIECZOREK, M. 2005. Growth and morphological changes in the digestive tract of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and pacu (*Piaractus mesopotamicus*) due to casein replacement with soybean proteins. *Aquaculture*, 245: 273-286.
- OURAJI, H., ZARETABAR, A. and RAHMANI, H. 2013. Performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fingerlings fed diets containing different levels of faba bean (*Vicia faba*) meal. *Aquaculture*, 416-417: 161-165.

- ØVERLAND, M., SØRENSEN, M., STOREBAKKEN, T., PENN, M., KROGDAHL, Å. and SKREDE, A. 2009. Pea protein concentrate substituting fish meal or soybean meal in diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*) - Effect on growth performance, nutrient digestibility, carcass composition, gut health, and physical feed quality. *Aquaculture*, 288: 305-311.
- ØVERLAND, M., KROGDAHL, Å., SHURSON, G., SKREDE, A. and DENSTADLI, V. 2013. Evaluation of distiller's dried grains with solubles (DDGS) and high protein distiller's dried grains (HPDDG) in diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 416-417: 201-208.
- PECHSIRI, J. and YAKUPITIYAGE, A. 2005. A comparative study of growth and feed utilization efficiency of sex reversed diploid and triploid Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. *Aquaculture Research*, 36: 45-51.
- PENN, M.H., BENDIKSEN, E.Å., CAMPBELL, P. and KROGDAHL, Å., 2011. High level of dietary pea protein concentrate induces enteropathy in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 310: 267-273.
- POORAMINI, M., KAMALI, A., HAJIMORADLOO, A., ALIZADEH, M. and GHORBANI, R. 2009. Effect of using yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) as probiotic on growth parameters, survival and carcass quality in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* fry. *International Aquatic Research*, 1 (1): 39-44.
- PRACHOM, N., HAGA, Y. and SATOH, S. 2013. Impact of dietary high protein distillers dried grains on amino acid utilization, growth response, nutritional health status and waste output in juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*, 19: 62-71.
- PRATOOMYOT, J., BENDIKSEN, E.Å., BELL, J.G. and TOCHER, D.R. 2010 Effects of increasing replacement of dietary fishmeal with plant protein sources on growth performance and body lipid composition of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture*, 305: 124-132.
- RAHMAN, M.M, CHOI, J. and LEE, S.M. 2013. Use of distillers dried grain as partial replacement of wheat flour and corn gluten meal in the diet of juvenile black seabream (*Acanthopagrus schlegeli*). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13: 699-706.
- RAHMAN, M.M, CHOI, J., LEE, S.M. 2015. Influences of dietary distillers dried grain level on growth performance, body composition and biochemical parameters of juvenile olive flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Aquaculture Research*, 46: 39-48.
- RAMACHANDRAN, S., BAIRAGI, A. and RAY, A.K. 2005. Improvement of nutritive value of grass pea (*Lathyrus sativus*) seed meal in the formulated diets for rohu, *Labeo rohita* (Hamilton) fingerlings after fermentation with a fish gut bacterium. *Bioresource Technology*, 96: 1465-1472.
- RAMOS, M.A., GONÇALVES, J.F.M., BATISTA, S., COSTAS, B. PIRES, M.A., REMA, P. and OZÓRIO, R.O.A. 2015. Growth, immune responses and

- intestinal morphology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) supplemented with commercial probiotics. *Fish and Shellfish Immunology*, 45: 19-26.
- RANDALL, K.M. and DREW, M.D. 2010. Fractionation of wheat distiller's dried grains and solubles using sieving increases digestible nutrient content in rainbow trout. *Animal Feed Science and Technology*, 159: 138-142.
- RAUSCH, K.D. and BELYEA, R.L. 2006. The future of coproducts from corn processing. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 128 (1): 47-86.
- REFSTIE, S., SVIHUS, B., SHEARER, K.D. and STOREBAKKEN, T. 1999. Nutrient digestibility in Atlantic salmon and broiler chickens related to viscosity and non-starch polysaccharide content in different soyabean products. *Animal Feed Science and Technology*, 79: 331-345.
- REFSTIE, S., KORSØEN, J., STOREBAKKEN, T., BAEVERFJORD, G., LEIN, I. and ROEM, A.J. 2000. Differing nutritional responses to dietary soybean meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 190: 49-63.
- REFSTIE, S., SAHLSTRÖM, S., BRÅTHEN, E., BAEVERFJORD, G. and KROGEDAL, P. 2005. Lactic acid fermentation eliminates indigestible carbohydrates and antinutritional factors in soybean meal for Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 246: 331-345.
- REVECO, F.E. and DREW, M.D. 2012. Fractionation of wheat distiller's dried grains and solubles by particle size and density improves its digestible nutrient content for rainbow trout. *Canadian Journal of Animal Science*, 92: 197-205.
- REVECO, F.E., COLLINS, S.A., RANDALL, K.M. and DREW, M.D. 2012. Aqueous fractionation improves the nutritional value of wheat distillers grains for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*, 18: 202-210.
- RFA, 2005. Homegrown for the Homeland: Ethanol Industry Outlook. Renewable Fuels Association. [http://www.ethanolrfa.org/objects/pdf/outlook/outlook\\_2005.pdf](http://www.ethanolrfa.org/objects/pdf/outlook/outlook_2005.pdf)
- RFA, 2011. Ethanol Industry Outlook. Renewable Fuels Association. Washington DC. <http://www.ethanolrfa.org/pages/annual-industry-outlook>.
- RFA, 2013. U.S. Fuel Ethanol Industry Biorefineries and Production Capacity. Renewable Fuels Association. Washington DC. <http://www.ethanolrfa.org/industry/locations/>
- RIBEIRO, L., MOURA, J., SANTOS, M., COLEN, R., RODRIGUES, V., BANDARRA, N., SOARES, F., RAMALHO, P., BARATA, M., MOURA, P., POUSÃO-FERREIRA, P. and DIAS, J. 2015. Effect of vegetable based diets on growth, intestinal morphology, activity of intestinal enzymes and haematological stress indicators in meagre (*Argyrosomus regius*). *Aquaculture*, 447: 116-128.
- ROBERSON, K.D., KALBFLEISCH, J.L., PAN, W. and CHARBENEAU, R.A. 2005. Effect of corn distiller's grains with solubles at various levels on performance of

- laying hens and egg yolk color. *International Journal of Poultry Science*, 4: 44-51.
- ROBINSON E.H. and LI, M.H. 2008. Replacement of soybean meal in channel catfish, *Ictalurus punctatus*, diets with cottonseed meal and distiller's dried grains with solubles. *Journal of the World Aquaculture Society*, 39: 521-527.
- ROLA, W.R. and HASAN, M.R. 2007. Economics of Aquaculture Feeding Practices: A Synthesis of Case Studies Undertaken in Six Asian Countries. In Hasan MR (ed.). Economics of aquaculture feeding practices in selected Asian countries. FAO Fisheries Technical Paper. No 505. Rome, Italy, 1-31 p.
- ROMARHEIM, O.H., SKREDE, A., GAO, Y., KROGDAHL, Å., DENSTADLI, V., LILLEENG, E. and STOREBAKKEN, T. 2006. Comparison of white flakes and toasted soybean meal partly replacing fish meal as protein source in extruded feed for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 256: 354-364.
- ROMARHEIM, O.H., SKREDE, A., PENN, M., MYDLAND, L.T., KROGDAHL, Å. and STOREBAKKEN, T. 2008a. Lipid digestibility, bile drainage and development of morphological intestinal changes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed diets containing defatted soybean meal. *Aquaculture*, 274: 329-338.
- ROMARHEIM, O.H., ZHANG, C., PENN, C.Z., LIU, Y.J., TIAN, L.X., SKREDE, A., KROGDAHL, Å. and STOREBAKKEN, T. 2008b. Growth and intestinal morphology in cobia (*Rachycentron canadum*) fed extruded diets with two types of soybean meal partly replacing fish meal. *Aquaculture Nutrition*, 14: 174-180.
- ROMARHEIM, O.H., ØVERLAND, M., MYDLAND, L.T., SKREDE, A. and LANDSVERK, T. 2011. Bacteria grown on natural gas prevent soybean meal-induced enteritis in Atlantic salmon. *Journal of Nutrition*, 141: 124-130.
- ROSENTRATER, K.A. 2005. Expanding the role of systems modeling: Considering byproduct generation from biofuel production. *Ecol. Soc.*, 11 (1): r2. <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/resp2/>
- ROSENTRATER, K.A. and MUTHUKUMARAPPAN, K. 2006. Corn ethanol co-products: generation, properties, and future prospects. *International Sugar Journal*, 108: 648-657.
- SALAMA, F.A., ALI, M.N., MAHMOUD, S.H., TONSY, H.D. and HASSOUNA, M.M.E. 2011. Effects of radish root extract on improving the utilization of corn dried distillers grains with solubles in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry diets. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 10: 938-946.
- SALES, J. 2009. The effect of fish meal replacement by soyabean products on fish growth: A meta-analysis. *British Journal of Nutrition*, 102: 1709-1722.

- SALIM, H.M., KRUK, Z.A. and LEE, B.D. 2010. Nutritive value of corn distillers dried grains with solubles as an ingredient of poultry diets: A review. *World's Poultry Science Journal*, 66: 411-432.
- SAMADDAR, A., KAVIRAJ, A. and SAHA, S. 2015. Utilization of fermented animal by-product blend as fishmeal replacer in the diet of *Labeo rohita*. *Aquaculture Reports*, 1: 28-36.
- SANCHEZ-LOZANO, N.B., TOMÁS, A., MARTÍNEZ-LLORENS, S., NOGALES, S., BLANCO, J., MONINO, A., PLA, M. and JOVER, M. 2007. Growth and economic profit of gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.) fed sunflower meal. *Aquaculture*, 272: 528-534.
- SANDEN, M., BERNTSSEN, M.H.G., KROGDAHL, A., HEMRE, G.I. and BAKKE-MCKELLEP, A.M. 2005. An examination of the intestinal tract of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., parr fed different varieties of soy and maize. *Journal of Fish Diseases*, 28: 317-330.
- SARAIVA, A., COSTA, J., SERRÃO, J., CRISTINA, C. and JORGE, C.E. 2015. A histology-based fish health assessment of farmed seabass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture*, 448: 375-381.
- SCHAEFFER, T.W., BROWN, M.L. and ROSENTRATER, K.A. 2009. Performance characteristics of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed diets containing graded levels of fuel-based distillers dried grains with solubles. *Journal of Aquaculture Feed Science and Nutrition*, 1: 78-83.
- SCHAEFFER, T.W., BROWN, M.L., ROSENTRATER, K.A. and MUTHUKUMARAPPAN, K. 2010. Utilization of diets containing graded levels of ethanol production co-products by Nile tilapia. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 94: 348-354.
- SCHAEFFER, T.W., BROWN, M.L. and ROSENTRATER, K. L. 2011. Effects of dietary distillers dried grains with solubles and soybean meal on extruded pellet characteristics and growth responses of juvenile yellow perch. *North American Journal of Aquaculture*, 73: 270-278.
- SCHAEFFER, T.W., BROWN, M.L. and ROSENTRATER, K.A. 2012. Growth and stress resistance of advanced sized Nile tilapia fed diets containing fuel-based DDGS and yeast growth and stress resistance of advanced sized Nile tilapia fed diets containing. *Journal of Applied Aquaculture*, 24: 210-220.
- SEALEY, W.M., BARROWS, F.T., SMITH, C.E., OVERTURF, K. and LAPATRA, S.E. 2009. Soybean level and probiotics in first feeding fry diets alter the ability of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to utilize high levels of soybean meal during grow-out. *Aquaculture*, 293: 195-203.
- SEO, J.Y., SHIN, I.S. and LEE, S.M. 2011. Effect of dietary inclusion of various plant ingredients as an alternative for *Sargassum thunbergii* on growth and body composition of juvenile sea cucumber *Apostichopus japonicus*. *Aquaculture Nutrition*, 17: 549-556.

- SERRANO, E., STOREBAKKEN, T., BORQUEZ, A., PENN, M., SHEARER, K.D., DANTAGNAN, P. and MYDLAND, L.T. 2012. Histology and growth performance in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in response to increasing dietary concentration of sparteine, a common alkaloid in lupins. *Aquaculture Nutrition*, 18: 313-320.
- SEVGILI, H., EMRE, Y., MAHIR, K. and UYSAL, R. 2009. Effects of replacement of fishmeal with hazelnut meal on growth performance, body composition, and nutrient digestibility coefficients in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *The Israeli Journal of Aquaculture–Bamidgeh*, 61: 103-113.
- SEVGILI, H., KURTOĞLU, A., OIKAWA, M., AKSOY, A., KOCAKAYA, S., ÖZTÜRK, E. and UYSAL, R. 2015. A combination of corn gluten and soybean meal as a substitute for fishmeal in diets of turbot (*Scophthalmus maximus* Linnaeus, 1758) in brackish water. *Journal of Applied Ichthyology*, 31: 355-361.
- SHAFAEIPOUR, A., YAVARI, V., FALAHATKAR, B., MAREMMAZI, J.G.H. and GORJIPOUR, E. 2008. Effects of canola meal on physiological and biochemical parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*, 14: 110-119.
- SHAPOURI, H., DUFFIELD, J.A. and WANG, M. 2002. The energy balance of corn ethanol: An update. Agriculture Economy Report 813. USDA/OCE, Washington, DC.
- SHELBY, R.A., LIM, C., YILDIRIM-AKSOY, M. and KLESIUS, P.H. 2008. Effect of distillers dried grains with solubles incorporated diets on growth, immune function and disease resistance in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture Research*, 39: 1351-1353.
- SINGH, V., MOREAU, R.A., HICKS, K.B., BELYEA, R.L. and STAFF, C.H. 2001. Recovery of phytosterols from fiber removed from distiller dried grains with solubles (DDGS). Paper No. 016012. Paper presented at the Annual Meeting of the American Society of Agricultural Engineers.
- SITJA-BOBADILLA, A., PENA-LLOPIS, S., GOMEZ-REQUENI, S., MEDALE, F., KAUSHIK, S. and PEREZ-SANCHEZ, J. 2005. Effect of fishmeal replacement by plant protein sources on non-specific defence mechanisms and oxidative stress in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 249: 387-400.
- SLATER, M.J., LASSUDRIE, M. and JEFFS, G. 2011. Method for determining apparent digestibility of carbohydrate and protein sources for artificial diets for juvenile sea cucumber, *Australostichopus mollis*. *Journal of World Aquaculture Society*, 42: 714-725.
- SLAWSKI, H., ADEM, H., TRESSEL, R.P., WYSUJACK, K., KOOPS, U., KOTZAMANIS, Y., WUERTZ, S. and SCHULZ, C. 2012. Total fish meal replacement with rapeseed protein concentrate in diets fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). *Aquaculture International*, 20: 443-453.



- SOLTANZADEH, S., FERREIDOUNI, A.E., OURAJI, H. and KHALILI, K.J. 2016. Growth performance, body composition, hematological, and serum biochemical responses of beluga (*Huso huso*) juveniles to different dietary inclusion levels of faba bean (*Vicia faba*) meal. *Aquaculture International*, 24: 395-413.
- SPIEHS, M.J., WHITNEY, M.H. and SHURSON, G.C. 2002. Nutrient database for distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *Journal of Animal Science*, 80 (10): 2639-2645.
- STEPHERD, J. and BROMAGE, N. 2001. Intensive Fish Farming. Wiley-Blackwell Science. UK, 416s.
- STONE, D.A.J., HARDY, R.W., BARROWS, F.T. and CHENG, Z.J. 2005. Effects of extrusion on nutritional value of diets containing corn gluten meal and corn distiller's dried grain for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Applied Aquaculture*, 17: 1-20.
- STOREBAKKEN, T., BAEVERFJORD, G., LEIN, I., ROEM, A.J. 2000. Differing nutritional responses to dietary soybean meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 190: 49-63.
- SUÁREZ, M.D., GARCIA-GALLEGO, M., TRENZADO, C.E., GUIL-GUERRERO, J.L., FURNÉ, M., DOMEZAIN, A., ALBA, I. and SANZ, A. 2014. Influence of dietary lipids and culture density on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) flesh composition and quality parameter. *Aquaculture Engineering*, 63: 16-24.
- SUPRAYUDI, M.A., YANIHARTO, D., PRIYOUTOMO, N., KURNIANTO, A., EKASARI, J., JUSADI, D. and YUTAKA, H. 2015. Evaluation of practical diets containing high levels of corn distillers dried grains with soluble on red tilapia floating net cage production performance. *Pakistan Journal of Nutrition*, 14 (10): 708-711.
- SÜMBÜLOĞLU, K. ve SÜMBÜLOĞLU, V. 2000. Biyoistatistik. Hatiboğlu Yayınları: 53, 9. Baskı, Ankara, 269 s.
- TACON, A.G.J. and METIAN, M. 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture*, 285: 146-158.
- TANÖR, A. 2008. Alternatif yem kaynaklarına yeni yaklaşımlar. 9. Uluslararası yem kongresi ve sergisi. *Yem magazin*, 51: 95-101.
- TAOKA, Y., MAEDA, H., JO, J.Y., JEON, M.J., BAI, S.C., LEE, W.J., YUGE, K. and KOSHIO, S. 2006. Growth, stress tolerance and non-specific immune response of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* to probiotics in a closed recirculating system. *Fisheries Science*, 72: 310-321.
- TEKELIOĞLU, N. 2000. İç Su Balıkları Yetiştiriciliği (Soğuk ve Sıcak İklim Balıkları). Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Atölyesi, Adana, 367 s.

- THIESSEN, D.L., CAMPBELL, G.L. and ADELIZI, P.D. 2003a. Digestibility and growth performance of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with pea and canola products. *Aquaculture Nutrition*, 9: 67-75.
- THIESSEN, D.L., CAMPBELL, G.L. and TYLER, R.T. 2003b. Utilization of thin distillers' solubles as a palatability enhancer in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets containing canola meal or air-classified pea protein. *Aquaculture Nutrition*, 9: 1-10.
- THOMPSON, K.R., RAWLES, S.D., METTS, L.S., SMITH, R., WIMSATT, A., GANNAM, A.L., TWIBELL, R.G., JOHNSON, R.B., BRADY, Y.J. and WEBSTER, C.D. 2008. Digestibility of dry matter, protein, lipid, and organic matter of two fish meals, two poultry by-product meals, soybean meal, and distiller's dried grains with solubles in practical diets for sunshine bass, *Morone chrysops* x *M. Saxatilis*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 39: 352-363.
- TIDWELL, J.H., WEBSTER, C.D. and YANCEY, D.H. 1990. Evaluation of distillers grains with solubles in prepared channel catfish diets. *Transactions of the Kentucky Academy of Science*, 51: 135-138.
- TIDWELL, J.H., COYLE, S.D., BRIGHT, L.A. and YASHARIAN, D. 2005. Evaluation of plant and animal source proteins for replacement of fish meal in practical diets for the largemouth bass *micropterus salmoides*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 36: 454-463.
- TUSCHE, K., ARNING, S., WÜRTZ, S., SUSENBETH, A. and SCHULZ, C., 2012. Wheat gluten and potato protein concentrate promising protein sources for organic farming of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 344-349: 120-125.
- TUSCHE, K., WUERTZ, S., SUSENBETH, A. and SCHULZ, C. 2011. Feeding fish according to organic aquaculture guidelines EC 710/2009: Influence of potato protein concentrates containing various glycoalkaloid levels on health status and growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 319: 122-131.
- URAN, P.A., SCHRAMA, J.W., ROMBOUT, J.H.W.M., OBACH, A., JENSEN, L., KOPPE, W. and VERRETH, J.A.J. 2008. Soybean meal-induced enteritis in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) at different temperatures. *Aquaculture Nutrition*, 14: 324-330.
- URÁN, P.A., SCHRAMA, J.W., ROMBOUT, J.H.W.M., TAVERNE-THIELE, J.J., OBACH, A., KOPPE, W. and VERRETH, J.A.J. 2009. Time-related changes of the intestinal morphology of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., at two different soybean meal inclusion levels. *Journal of Fish Diseases*, 32: 733-744.
- UYAN, O., KOSHIO, S., TESHIMA, S., ISHIKAWA, M., THU, M., ALAM, M.S. and MICHAEL, F.R. 2006. Growth and phosphorus loading by partially replacing fishmeal with tuna muscle by-product powder in the diet of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture*, 257: 437-445.

- UYSAL, N. and BEKCAN, S. 2006. Tilapya balığı (*Oreochromis niloticus* L.) yavrularının balık unu yerine farklı oranlarda soya unu ilave edilen yemlerle beslenmesinin büyüme parametrelerine etkisi. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 12 (1): 93-100.
- VENOLD, F.F., PENN, M.H., KROGDAHL, Å. and OVERTURF, K. 2012. Severity of soybean meal induced distal intestinal inflammation, enterocyte proliferation rate, and fatty acid binding protein (Fabp2) level differ between strains of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 364-365: 281-292.
- WANG, X.F., LI, X.Q., LENG, X.J., SHAN, L.L., ZHAO, J.X. and WANG, Y.T. 2014. Effects of dietary cottonseed meal level on the growth, hematological indices, liver and gonad histology of juvenile common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture*, 428-429: 79-87.
- WASSEF, E.A., WAHBY, O.M. and SAKR, E.M. 2007. Effect of dietary vegetable oils on health and liver histology of gilthead seabream (*Sparus aurata*) growers. *Aquaculture Research*, 38: 852-861.
- WATANABE, T., VERAKUNPIRIYA, V., WATANABE, K., VISWANATH, K. and SATOH, S. 1998. Feeding of rainbow trout with non-fish meal diets. *Fisheries Science*, 63: 258-266.
- WATANABE, T. 2002. Strategies for further development of aquatic feeds. *Fisheries Science*, 68: 242-252.
- WATSON, R.A., NOWARA, G.B., HARTMANN, K., GREEN, B.S., TRACEY, S.R. and CARTER, C.G. 2015. Marine foods sourced from farther as their use of global ocean primary production increases. *Nature Communications*, 6: 7365.
- WEBSTER, C.D., TIDWELL, J.H. and YANCEY, D.H. 1991. Evaluation of distillers grains with solubles as a protein source in diets for channel catfish. *Aquaculture*, 96: 179-190.
- WEBSTER, C.D., TIDWELL, J.H., GOODGAME, L.S., YANCEY, D.H. and MACKEY, L. 1992. Use of soybean meal and distillers grains with solubles as partial or total replacement of fish meal in diets for channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture*, 106: 301-309.
- WEBSTER, C.D., TIDWELL, J.H., GOODGAME, L.S. and JOHNSON, P.B. 1993. Growth, body composition, and organoleptic evaluation of channel catfish fed diets containing different percentages of distillers grains with solubles. *Progressive Fish-Culturist*, 55: 95-100.
- WEBSTER, C.D., RAWLES, S.D., KOCH, J.F., THOMPSON, K.R. KOBAYASHI, Y. GANNAM, A.L. TWIBELL, R.G. and HYDE, N.M. 2016. Bio-Ag reutilization of distiller's dried grains with solubles (DDGS) as a substrate for black soldier fly larvae, *Hermetia illucens*, along with poultry by-product meal and soybean meal, as total replacement of fish meal in diets for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture Nutrition*, 22 (5): 976-988.

- WEDEMEYER, G.A. 1996. Physiology of Fish in Intensive Culture Systems. Chapman and Hall Publishing, New York, 232 p.
- WELKER, T.L., LIM, C., KLESIUS, P. and LIU, K. 2014. Evaluation of Distiller's Dried Grains with Solubles from Different Grain Sources as Dietary Protein for Hybrid Tilapia, *Oreochromis niloticus* (♀) × *Oreochromis aureus* (♂). *Journal of the World Aquaculture Society*, 45: 625-637.
- WOYNAROVICH, A., HOITSY, G. and MOTH-POULSEN, T. 2011. Small-scale rainbow trout farming. Fisheries and aquaculture technical paper. Volume 561, Rome, 31 "181 p.
- WU, Y.V., ROSATI, R., SESSA, D.J., BROWN, P. 1994. Utilization of protein-rich ethanol co-products from corn in tilapia feed. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 71: 1041-1043.
- WU, Y.V., ROSATI, R. and BROWN, P. 1996. Effect of diets containing various levels of protein and ethanol coproducts from corn on growth of tilapia fry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 8561: 1491-1493.
- WU, Y.V., ROSATI, R.R. and BROWN, P.B. 1997. Use of corn-derived ethanol coproducts and synthetic lysine and tryptophan for growth of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45: 2174-2177.
- YAMAMOTO, T., SUZUKI, N., FURUITA, H., SUGITA, T., TANAKA, N. and GOTO, T. 2007. Supplemental effect of bile salts to soybean meal-based diet on growth and feed utilization of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Fisheries Science*, 73: 123-131.
- YAMAMOTO, T., IWASHITA, Y., MATSUNARI, H., SUGITA, T. FURUITA, H. AKIMOTO, A. OKAMATSU, K. and SUZUKI, N. 2010. Influence of fermentation conditions for soybean meal in a non-fish meal diet on the growth performance and physiological condition of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 309: 173-180.
- YE, C.L., ANDERSON, D.M. and LALL, S.P. 2016. The effects of camelina oil and solvent extracted camelina meal on the growth, carcass composition and hindgut histology of Atlantic salmon (*Salmo salar*) parr in freshwater. *Aquaculture*, 450: 397-404.
- YIĞIT, N.Ö., KOCA, S.B., BAYRAK, H., DULLUÇ, A. and DİLER, İ. 2012. Effects of canola meal on growth and digestion of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 36: 533-538.
- YILDIRIM-AKSOY, M., SHELBY, R., LIM, C. and KLESIUS, P.H. 2007. Growth performance and proximate and fatty acid compositions of channel catfish, *Ictalurus punctatus*, fed for different duration with a commercial diet supplemented with various levels of menhaden fish oil. *Journal of the World Aquaculture Society*, 38: 461-474.

- YILDIZ, M. 2004. The study of fillet quality and the growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed with diets containing different amounts of vitamins. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 4: 81-86.
- YILMAZ, E., GENÇ, M.A. and GENÇ, E. 2007. Effects of dietary mannan oligosaccharides on growth, body composition, and intestine and liver histology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 59: 182-188.
- YOUNG, M. 2008. Using dried distillers grains with solubles (DDGS) in swine diets. In: London Swine Conference-Facing the New Reality: 1-2 April.
- YOSHITOMI, B., AOKI, M., OSHIMA, S. and HATA, K. 2006. Evaluation of krill (*Euphausia superba*) meal as a partial replacement for fish meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets. *Aquaculture*, 261: 440-446.
- YUN, B., XUE, M., WANG, J., SHENG, H., ZHENG, Y., WU, X. and LI, J. 2013. Fishmeal can be totally replaced by plant protein blend at two protein levels in diets of juvenile Siberian sturgeon, *Acipenser baerii* Brandt. *Aquaculture Nutrition*, 20: 69-78.
- ZHANG, Y., ØVERLAND, M., SHEARER, K.D., SØRENSEN, M., MYDLAND, L.T. and STOREBAKKEN, T. 2012. Optimizing plant protein combinations in fish meal-free diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by a mixture model. *Aquaculture*, 360-361: 25-36.
- ZHOU, Q.C., TAN, B.P., MAI, K.S. and LIU, Y.H. 2004. Apparent digestibility of selected feed ingredients for juvenile cobia *Rachycentron canadum*. *Aquaculture*, 241: 441-451.
- ZHOU, Q.C., MAI, K.S., TAN, B.P. and LIU, Y.J. 2005. Partial replacement of fishmeal by soybean meal in diets for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). *Aquaculture Nutrition*, 11: 175-182.
- ZHOU, Q.C. and YUE, Y.R. 2010. Effect of replacing soybean meal with canola meal on growth, feed utilization and haematological indices of juvenile hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* × *Oreochromis aureus*. *Aquaculture Research*, 41 (7): 982-990.
- ZHOU, P., ZHANG, W., DAVIS, D.A. and LIM, C. 2010. Growth response and feed utilization of juvenile hybrid catfish fed diets containing distillers grains with soluble to replace a combination of soybean meal and corn meal. *North American Journal of Aquaculture*, 72: 298-303.
- ZHOU, F., SONG, W., SHAO, Q., PENG, X., XIAO, J., HUA, Y., OWARI, B.N., ZHANG, T. and NG, W.K. 2011. Partial replacement of fish meal by fermented soybean meal in diets for black sea bream, *Acanthopagrus schlegelii*, juveniles. *Journal of the World Aquaculture Society*, 42: 184-197.

## ÖZGEÇMİŞ



Baki AYDIN, 1986 yılında Sarıveliler/Karaman'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Antalya'da tamamladı. 2003 yılında Antalya Lisesi'nden mezun olduktan sonra girdiği Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nden 2007 yılında Su Ürünleri Mühendisi olarak mezun oldu. Yine Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı'ndan 2010 yılında Su Ürünleri Yüksek Mühendisi olarak mezun oldu. Eylül 2010'dan itibaren Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora öğrenimine, Eylül 2011'den itibaren ise Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya devam etmektedir.