

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DOKTORA TEZİ

**LEVREK (*Dicentrarchus labrax* L. 1758) BALIKLARI
YEMLERİNE KANOLA UNU VE FİTAZ ENZİMİ
İLAVESİNİN; BÜYÜME VE YEM DEĞERLENDİRME
PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Nazan ÇEVİK

Su Ürünleri Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: 14/02/2011

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Ahmet Adem TEKİNAY

ÇANAKKALE

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

NAZAN ÇEVİK tarafından PROF. DR. AHMET ADEM TEKİNAY yönetiminde hazırlanan “LEVREK (*Dicentrarchus labrax* L. 1758) BALIKLARI YEMLERİNE KANOLA UNU VE FİTAZ ENZİMİ İLAVESİNİN; BÜYÜME VE YEM DEĞERLENDİRME PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİ” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Ahmet Adem TEKİNAY

Danışman

Prof. Dr. Semra CİRİK

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Mustafa ALPARSLAN

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Murat YİĞİT

Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Musa BULUT

Jüri Üyesi

Sıra No:

Tez Savunma Tarihi: 14/02/2011

Prof. Dr. İsmail TARHAN

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Hazırlanan bu Doktora tezi Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Komisyonu tarafından 2009/81 no’lu projeden desteklenmiştir.

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Nazan ÇEVİK

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasını bana öneren ve araőtırmanın tüm aőamalarında destek olan danıőmanım Prof. Dr. Ahmet Adem TEKİNAY'a teőekkürlerimi iletmek istiyorum. Ayrıca, denemeler sırasında yardımcı olan Yrd. Doç. Dr. İhsan ÇELİK, Yrd. Doç. Dr. Musa BULUT, Uzm. Bayram KIZILKAYA, Arő. Gör. Sevdan YILMAZ ve Arő. Gör. Hasan Basri ORMANCI'ya teşekkür ederim. Son olarak da eőim Yrd. Doç. Dr. Adnan ÇEVİK ve aileme tüm çalışma boyunca bana verdikleri sonsuz destek için minnettar olduğumu açıklamak isterim.

Nazan ÇEVİK

SİMGELER VE KISALTMALAR

°C	Santigrat derece
gr	Gram
Hb	Hemoglobin
Hct	Hematokrit
HSİ	Hepatosomatik indeks
K	Kontrol deneme yemi
K10	% 10 kanola küspesi içeren deneme yemi
K20	% 19 kanola küspesi içeren deneme yemi
K30	% 29 kanola küspesi içeren deneme yemi
K40	% 38 kanola küspesi içeren deneme yemi
K+F	Fitaz içeren kontrol deneme yemi
K10+F	% 10 kanola küspesi ve fitaz içeren deneme yemi
K20+F	% 19 kanola küspesi ve fitaz içeren deneme yemi
K30+F	% 29 kanola küspesi ve fitaz içeren deneme yemi
K40+F	% 38 kanola küspesi ve fitaz içeren deneme yemi
KF	Kondüsyon faktörü
kg	Kilogram
KM	Kuru madde
kPa	Kilo Pascal
l	Litre
m	Metre
MCH	Eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin miktarı
MCHC	Eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin konsantrasyonu
MCV	Ortalama eritrosit hacmi
mg	Miligram
µg	Mikrogram (10^{-6} gram)
µl	Mikrolitre (10^{-6} litre)
mm	Milimetre
NBT	Nitroblue tetrazolium
nm	Nanometre (10^{-9} gram)

NPKO	Net protein kullanım oranı
PVO	Protein verimlilik oranı
rpm	Dakikada devir
SBO	Spesifik büyüme oranı
SH	Standart hata
VSİ	Viserosomatik indeks
YDO	Yem dönüşüm oranı
‰	Binde oranı
%	Yüzde oranı
<	Küçük
>	Büyük

ÖZET

LEVREK (*Dicentrarchus labrax* L. 1758) BALIKLARI YEMLERİNE KANOLA UNU VE FITAZ ENZİMİ İLAVESİNİN; BÜYÜME VE YEM DEĞERLENDİRME PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Nazan ÇEVİK

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Su Ürünleri Anabilim Dalı Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Ahmet Adem TEKİNAY

14 / 02 / 2011, 108

Bu tez çalışmasında, levrek balığı (*Dicentrarchus labrax*) yemlerinde farklı oranlarda kanola küspesi ve fitaz enzimi kullanılmasına yönelik iki farklı besleme denemesi yapılmıştır. Deneme I'de, farklı oranlarda kanola küspesi içeren yemler yavru levreklerine (1,88 gr) yedirilerek balıkların büyüme performansı ve besin sindirilebilirliği belirlenmiştir. Bu doğrultuda, temel protein kaynağı olarak balık unu içeren kontrol yemi (K) ve balık unundan gelen proteinin % 10'u (K10), % 20'si (K20), % 30'u (K30) ve % 40'ı (K40) yerine yem rasyonuna kanola küspesi ilave edilerek 5 deneme yemi hazırlanmıştır. 8 haftalık besleme denemesi sonunda K30 yemiyle beslenen balıklar en yüksek son ağırlığa ulaşırlarken (9,68 gr), kanola küspesi içeren yemler, temel protein kaynağı olarak balık unu içeren kontrol yemi kadar balıklarda ağırlık kazanımı sağlamıştır. Deneme yemleriyle beslenen levreklerin yem dönüşüm oranı (YDO), protein verimlilik oranı (PVO), net protein kullanım oranı (NPKO), kondüsyon faktörü (KF), hepatosomatik indeksi (HSİ) ve vücut kompozisyonu arasında farklılık belirlenmemiştir. K40 yemiyle beslenen balıkların viserosomatik indeksi (VSI) diğer gruplara göre daha yüksek bulunmuş ve aynı grupta en düşük protein sindirilebilirliği saptanmıştır.

Deneme II'de, yavru levreklerin (9,70 gr) kanola küspesi içeren yemlerine 1500 U/kg yem oranında fitaz enzimi ilave edilerek deneme yemlerinin balıkların büyüme performansı ve mineral sindirilebilirliği üzerine etkileri araştırılmıştır. K20 (27,45 gr) ve K20+F (26,41 gr) yemleriyle beslenen balıklar diğer gruplara göre daha yüksek ağırlığa ulaşmış ve bu yemlerle beslenen balıkların YDO değeri daha düşük bulunmuştur. Fitaz

ilavesinin balıkların ağırlık kazanımı, YDO, PVO, HSI ve VSI parametrelerine bir etkisi olmamıştır. Kanola küspesi oranının artmasıyla birlikte fosfor sindirilebilirliğinde azalma saptanmış, ancak kalsiyum, magnezyum, demir, bakır ve çinkonun sindirilebilirliğinde fark gözlenmemiştir. Fitaz enzimi ilave edilmesiyle mineral sindirilebilirliği önemli ölçüde artmıştır. Sonuç olarak, yavru levrek yemlerinde balık unu proteinin % 30'u yerine kanola küspesi kullanılabilmesi ve yeme fitaz enzimi ilavesiyle mineral sindirilebilirliği artırılabilmesi önerilmiştir.

Anahtar sözcükler: kanola küspesi, fitaz, levrek, *Dicentrarchus labrax*, büyüme performansı, besin sindirilebilirliği, hematolojik parametreler, immünolojik parametreler

ABSTRACT

THE EFFECT OF DIETARY CANOLA MEAL AND PHYTASE INCORPORATION ON GROWTH AND FEED UTILIZATION PARAMETERS IN EUROPEAN SEA BASS (*Dicentrarchus labrax* L. 1758)

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School

Fisheries Dissertation, Ph.D.

Advisor: Prof. Dr. Ahmet Adem TEKİNAY

14 / 02 / 2011, 108

In this thesis, two experiments were carried out in order to determine the effects of canola meal and phytase incorporation into sea bass (*Dicentrarchus labrax*) diets. In Trial I, it was aimed to investigate the effects of addition of different ratios of canola meal into the diets of juvenile sea bass (1,88 g) on their growth performance and nutrient digestibility. Therefore, 5 different experimental feeds were designed. The control diet contained fish meal as basal protein source, while in the other diets the protein from the fish meal in the diets was substituted by 10% (K10), 20% (K20), 30% (K30) or 40% (K40), respectively. At the end of the 8-week feeding trial, fish fed K30 diet reached the highest final weight (9,68 g), while diets containing canola meal yielded weight gain as good as the control diet. The addition of canola meal into sea bass diets had no effect on the feed conversion ratio (FCR), protein efficiency ratio (PER), net protein utilization ratio (NPUR), condition factor (CF), hepatosomatic index (HSI), and body composition. The highest viscerosomatic index (VSI) and the lowest protein digestibility was determined in fish fed diet K40.

In trial II, diets containing canola meal and phytase (1500 U/kg feed) were prepared for juvenile sea bass (9,70 g). The effects of the diets on the growth performance and mineral digestibility of fish were investigated. Fish fed diets K20 (27,45 g) and K20+F (26,41 g) reached the highest final weight and had lower FCR. The addition of phytase had no effect on the weight gain, FCR, PER, HSI and VSI. With the increase of canola meal incorporation, a decrease in phosphorus digestibility was observed, but there was no effect on calcium, magnesium, iron, copper and zinc digestibility. The mineral digestibility

increased with phytase supplementation. It was suggested that 30 % of the fish meal protein in juvenile sea bass diets can be replaced with canola meal and phytase supplementation can increase the mineral digestibility.

Keywords: canola meal, phytase, sea bass, *Dicentrarchus labrax*, growth performance, nutrient digestibility, hematological parameters, immunological parameters

İÇERİK	Sayfa
TEZ SINAVI SONUÇ FORMU	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	v
ÖZET	vii
ABSTRACT.....	ix
BÖLÜM 1 - GİRİŞ.....	1
1.1. Tezin Amacı	6
BÖLÜM 2 – ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	7
2.1. Kanola Küspesi.....	7
2.1.1. Dünyada ve Türkiye’de Kanola Üretimi	7
2.1.2. Kanola Küspesinin Besin İçeriği	9
2.1.3. Kanola Küspesinde Bulunan Anti-Besinsel Maddeler	13
2.2. Balık Yemlerinde Kanola Küspesi Kullanımı	18
2.3. Balık Yemlerinde Enzim Kullanımı	24
2.4. Balık Yemlerinde Fitaz Enzimi Kullanımı	26
BÖLÜM 3 – MATERYAL VE YÖNTEM	32
3.1. Deneme Yeri	32
3.1.1. Yarı-Kapalı Devre Deniz Suyu Sistemi	32
3.2. Deneme Balıkları	34
3.3. Denemelerin Planlanması	34
3.4. Deneme Yemleri	35
3.6. Hammadde, Yem ve Balıkların Kimyasal Analizleri.....	45
3.6.1. Nem Tayini	45
3.6.2. Ham Protein Tayini	46
3.6.3. Ham Yağ Tayini.....	46
3.6.4. Kül Tayini.....	46
3.6.5. Ham Lif Tayini	47
3.6.6. Mineral Tayini	47
3.6.7. Fitata Bağlı Fosfor Tayini.....	48
3.6.8. Amino Asit Tayini.....	49
3.6.9. Asitte Çözünmeyen Kül Tayini	49

3.6.10. Nitrojensiz Öz Madde Miktarının Belirlenmesi	50
3.6.11. Enerji Değerinin Belirlenmesi	50
3.7. Su Analizleri	50
3.8. Hematolojik ve İmmünolojik Parametreleri Analizleri	51
3.8.1. Balıklardan Kan Örneği Alımı	51
3.8.2. Eritrosit Sayımı	51
3.8.3. Hematokrit Seviyesinin Tespiti	51
3.8.4. Hemoglobın Miktarının Tayini	51
3.8.5. Eritrosit İndeksleri	52
3.8.6 İmmünolojik Analizler	52
3.9. Büyüme Parametrelerinin Hesaplanması	53
3.9.1.Ortalama Bireysel Ağırlık	54
3.9.2. Canlı Ağırlık Artışı	54
3.9.3.Spesifik Büyüme Oranı	54
3.9.4. Yem Tüketimi	54
3.9.5. Yem Dönüşüm Oranı	55
3.9.6. Protein Verimlilik Oranı	55
3.9.7. Net Protein Kullanım Oranı	55
3.9.8. Kondüsyon Faktörü	55
3.9.9. Viserosomatik İndeks	56
3.9.10. Hepatosomatik İndeks	56
3.10. Sindirilebilirlik Denemeleri	56
3.10.1. Balıklardan Dışkı Örneklerinin Toplanması	56
3.10.2. Sindirilebilirlik Oranının Hesaplanması	56
3.11. Yemlerin Hammadde Maliyetinin Hesaplanması	57
3.12. İstatistik Analizleri	57
BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	59
4.1. Besleme Denemesi I	59
4.1.1. Büyüme, Yem Tüketimi ve Besin Kullanımı	59
4.1.2. Balıkların Kondüsyon Parametreleri	63
4.1.3. Balıkların Vücut Kompozisyonu	65
4.1.4. Balıkların Amino Asit Kompozisyonu	67
4.1.5. Sindirilebilirlik	69

4.1.6. Yemlerin Hammadde Maliyeti.....	71
4.1.7. Yarı-Kapalı Devre Deniz Suyu Sisteminin Su Kalitesi Parametreleri .	72
4.2. Besleme Denemesi II	74
4.2.1. Büyüme, Yem Tüketimi ve Besin Kullanımı.....	74
4.2.2. Balıkların Kondüsyon Parametreleri	78
4.2.3. Balıkların Vücut Kompozisyonu.....	80
4.2.4. Sindirilebilirlik.....	82
4.2.5. Balıkların Hematolojik Parametreleri	84
4.2.6. Balıkların İmmünolojik Parametreleri	88
4.2.7. Yarı-Kapalı Devre Deniz Suyu Sisteminin Su Kalitesi Parametreleri .	90
BÖLÜM 5 – SONUÇ VE ÖNERİLER	92
KAYNAKLAR	95
Ekler.....	I
Çizelgeler	IV
Şekiller	VI
Özgeçmiş	VII

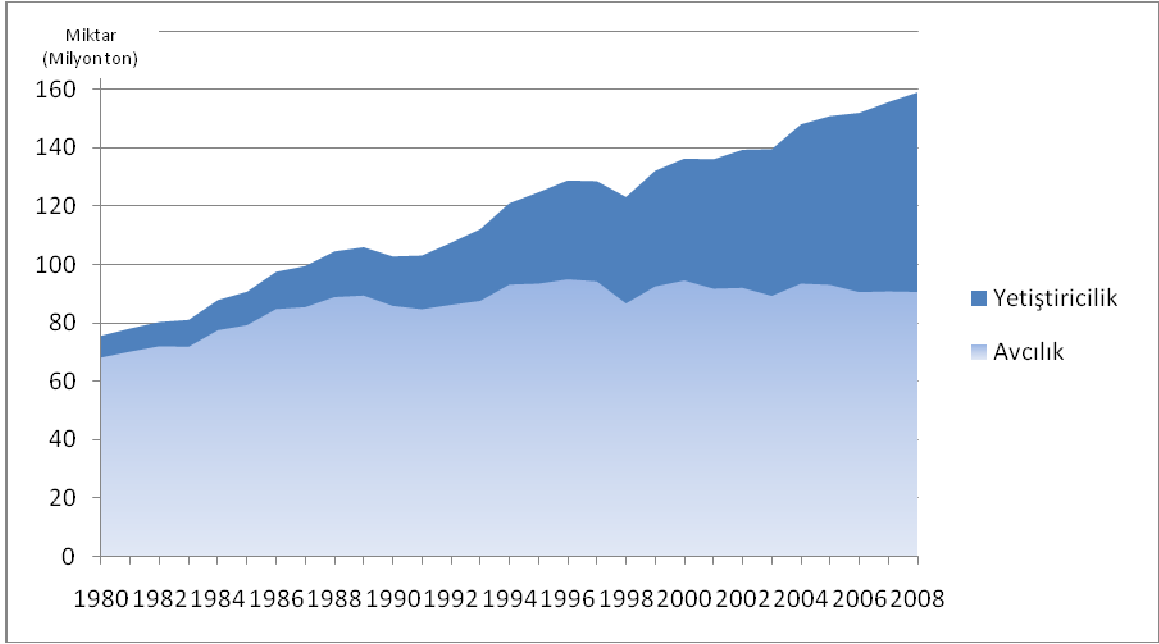
BÖLÜM 1**GİRİŞ**

Dünyada artan nüfusla ve refah seviyesiyle birlikte kaliteli gıdaya olan talep de artmaktadır. Besleyici özellikleri ve ekonomik yapısı itibariyle su ürünleri, tercih edilen gıdaların başında gelmektedir. Ancak gerek azalan balık stokları gerekse de hatalı avcılık politikalarından dolayı, avcılık yoluyla sağlanan su ürünleri son 20 yılda neredeyse maksimum limitlere ulaşmış olup, artan talep su ürünleri yetiştiriciliği yoluyla üretilen balıklarla karşılanmaya çalışılmaktadır (FAO, 2009; Bostock ve ark., 2010).

1900'lü yılların başından XX. asrın sonlarına kadar dünya insan nüfusu 1,6 milyardan 6,8 milyara artarak dört katına çıkmıştır. Günümüzde dünya nüfusunun 2050'li yıllara doğru 9 milyara ulaşılacağı tahmin edilmektedir (UN, 2009). Artan nüfusun sağlıklı beslenmesini sağlamak için avcılık yoluyla avlanan maksimum su ürünleri miktarı neredeyse limitlere ulaşmış olup, balık proteinine olan ihtiyacın karşılanabilmesi için su ürünleri yetiştiriciliği gittikçe önem kazanmaya başlamıştır.

1990'lı yıllarından itibaren avcılık yoluyla sağlanan su ürünleri miktarı 85 ile 95 milyon ton arasında değişmiş olup, maksimum değere ulaştığı tahmin edilmektedir. Bu miktarın yaklaşık 60 milyon tonu insan gıdası olarak değerlendirilmektedir. Günümüzde insan gıdası olarak yaklaşık 110 milyon ton su ürünleri kullanılmakta olup, bu miktarın yaklaşık 50 tonu yetiştiricilik yoluyla üretilen balıklardan sağlanmaktadır (FAO, 2007; FAO, 2009). Dünya nüfusunun aynı hızda artmasıyla su ürünleri talebi 2030 yılında 160 milyon tona ulaşacağı tahmin edilmektedir (Welch ve ark., 2010). Bu ihtiyacın karşılanabilmesi için su ürünleri yetiştiricilik sektörünün daha da gelişmesi beklenmektedir (Gatlin III ve ark., 2007; FAO, 2009; Bostock ve ark., 2010; Hardy, 2010).

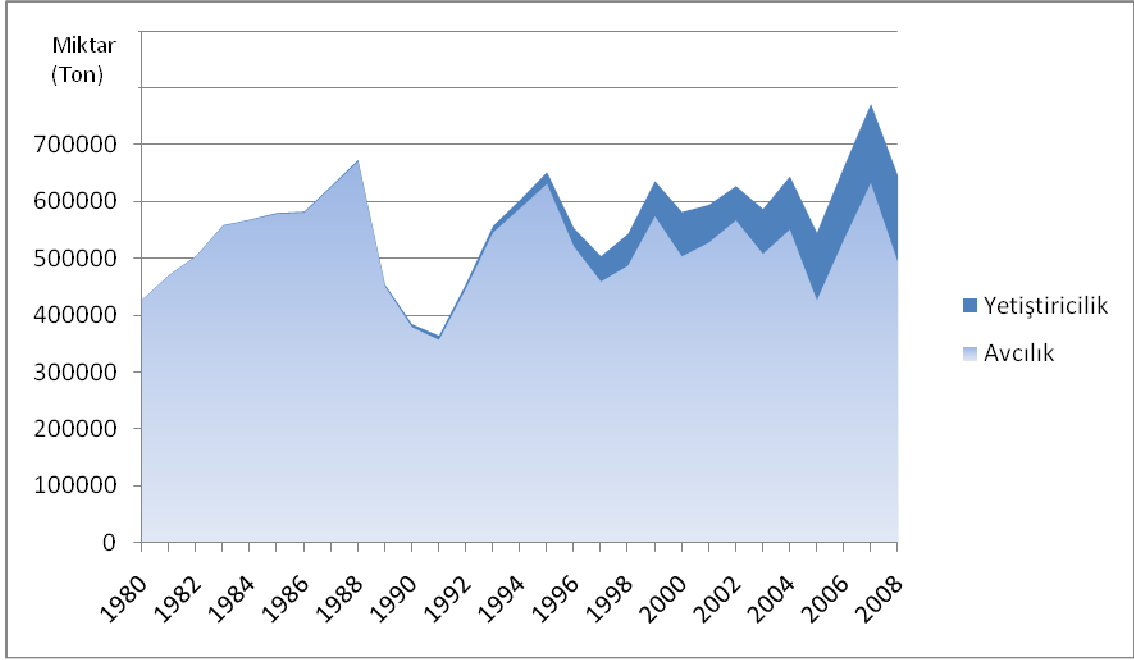
Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütüne göre, su ürünleri yetiştiriciliği sektörü hayvansal gıda üreten sektörlerin arasında en hızlı büyüyen sektör olarak değerlendirilmektedir (FAO, 2007). 1980'de dünyada yetiştiricilik yoluyla üretilen su ürünleri miktarı 7,4 milyon ton iken bu miktar 2008 yılında 68,4 milyon tona ulaşmıştır (Şekil 1).



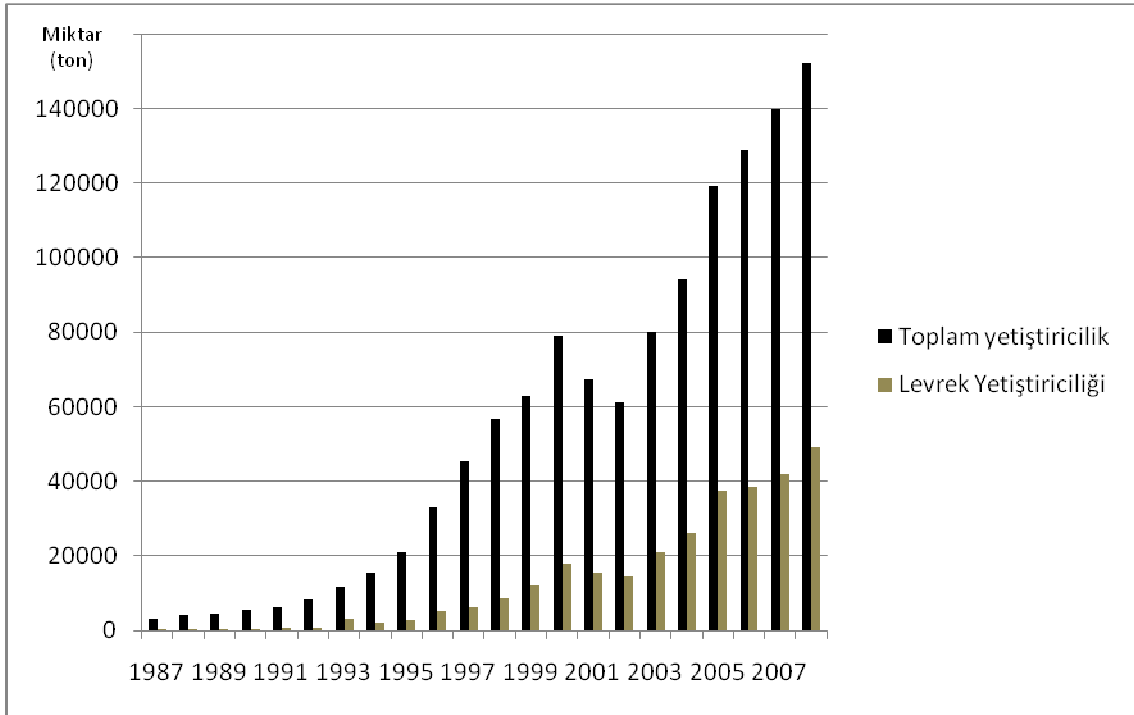
Şekil 1. 1980 – 2008 yılları arası dünya su ürünleri üretimi (FAO, 2010a)

Dünyada su ürünleri yetiştiricilik sektörünün gelişimine paralel olarak Türkiye’de de üretim ivmesi izlenebilmektedir. Avcılık yoluyla sağlanan balık miktarları yıldan yıla değişim gösterse de 1990’lı yıllarından itibaren 447 bin ton (1992) ile 630 bin ton (2007) arasında değişmektedir. Su ürünleri yetiştiricilik miktarında ise sürekli bir artış olmuş olup, su ürünleri yetiştiriciliğinin toplam su ürünleri miktarındaki oranı 1980’de: % 0,3; 2008’de: % 23,6 gittikçe artmaktadır (Şekil 2).

Alabalık, çipura ve levrek balıkları Türkiye’de yetiştiriciliği en fazla yapılan balık türleri olup, beğenilen lezzeti ve yüksek kalitesiyle Avrupa Birliği ülkelerine ihraç potansiyeliyle ülke ekonomisine katkı sağlamaktadırlar. Levrek yetiştiriciliği hızla artmış olup 2008 yılında toplam yetiştiriciliğin % 32,38’ini oluşturmaktadır (Şekil 3).



Şekil 2. 1980 – 2008 yılları arası Türkiye’de su ürünleri üretimi (FAO, 2010a)



Şekil 3. 1980 – 2008 yılları arası Türkiye’de su ürünleri yetiştiriciliği üretimi (FAO, 2010a)

Dünyada olduğu gibi Türkiye’de de artan su ürünleri talebinin karşılanabilmesi için su ürünleri miktarının avcılık yoluyla değil de yetiştiricilik yoluyla sağlanması gerektiği aşikâr olduğundan su ürünleri sektörünün üretim miktarının artması bu sektörün temel girdisi olan balık yemi üretim miktarının artmasıyla sağlanmalıdır. Balık yemi üretiminde temel hammadde olarak balık unu ve balık yağına ihtiyaç duyulmaktadır. Balık unu, yetiştiriciliği yapılan su ürünlerinin, özellikle de karnivor olan türlerin, yemlerinde en temel protein kaynağıdır (Peron ve ark.; 2010; Welch ve ark., 2010). Balık unu, yüksek protein miktarı, dengeli amino asit ve yağ asidi içeriği, düşük karbonhidrat miktarı ve düşük anti-besinsel içeriği ile balık beslenmesinde önemli rol oynamaktadır (Naylor ve ark., 2009; Hardy, 2010). Balık yeminin bu önemli hammaddesi, avcılık yoluyla sağlanan ve insan tüketimi için tercih edilmeyen hamsi (*Engraulis encrasicolus*) gibi küçük pelajik balıklar kullanılarak üretilmektedir (Peron ve ark., 2010). Balık unu üretimi avcılık yoluyla sağlanan balık miktarına bağlı olarak son yıllarda ortalama olarak yıllık 6,3 milyon ton civarında (2001-2006 ortalaması) sabit kalmıştır (Peron ve ark., 2010). Son 20 yılda balık unu üretim miktarı neredeyse sabit kalmasına rağmen balık yemi üretiminde kullanımı % 15’ten % 65’e kadar yükselmiştir (Tacon ve Metian, 2008). Bu artış özellikle karnivor balık üretiminin artışıyla paralel olarak gözlenmiştir, çünkü karnivor balıkların yemlerinde daha yüksek miktarda balık unu ve yağına ihtiyaç duyulmaktadır. 2006 yılında, su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan balık ununun % 45’i karnivor balık yemi üretimi için kullanılmıştır (Naylor ve ark., 2009).

Aynı zamanda, artan taleple birlikte balık unu fiyatları dünyada ciddi ölçüde artmıştır. 2005 yılına kadar balık unu balık yemi üretiminde fiyat bakımından kullanılabilir en uygun hammadde olmuştur. Son 30 yılda balık unu fiyatları avcılık miktarları ve arz ve talebe bağlı olarak ton başına 400 ile 900 ABD Doları arasında değişmiş olup, 2006 yılında hızla 1500 ABD Dolarına yükselmiş ve izleyen yıllarda ortalama 1100 ABD Doların altına düşmemiştir. Balık ununa artan talep de göz önüne alındığında, bu fiyatların azalması öngörülmemektedir (Hardy, 2010; Welch ve ark., 2010).

Dünya balık unu üretiminde artış kaydedilmesi günümüzdeki avcılık miktarlarına bağlı olduğundan artması beklenmemekte ancak su ürünleri işlemeden ortaya çıkan artıkların değerlendirilmesiyle % 15-20 civarında bir artış sağlanabileceği öne sürülmektedir. Yine de, karnivor balıkların yeminde balık unu ve yağı temel hammadde olarak kullanılmaya devam edilmesi, su ürünleri yetiştiriciliğinin sürdürülebilir gelişimini imkânsız hale getirebilir.

Balık ununa alternatif protein kaynakları tüm dünyada araştırılmakta ve son yıllarda balık yemlerine balık unu ilave edilme oranlarının düşürülmesinde dikkate değer gelişmeler sağlanmıştır. Alternatif protein kaynakları gerek gökkuşuğu alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), Atlantik salmon (*Salmon salar*), çipura (*Sparus aurata*), levrek (*Dicentrarchus labrax*) gibi karnivor balıklar, gerekse de sazan (*Cyprinus carpio*), yayın balığı (*Ictalurus punctatus*), tilapia (*Oreochromis niloticus*) gibi omnivor balıklar için araştırmalar yapılmaktadır (Naylor ve ark., 2009). Nitekim 1995-2007 yılları arasında yeme ilave edilen balık unu miktarları salmon için: % 45'ten % 24'e, deniz balıkları için % 50'den % 30'a ve tilapia için % 14'ten % 5'e kadar düşürülmüştür (Tacon ve Metian, 2008).

Balık yemlerinde balık ununa alternatif olabilecek protein kaynakları kullanılabilir olması için belirli kriterleri sağlamalıdır: Yeterli miktarda üretilmeli, rekabetçi maliyet bakımından uygun olmalı, kolay taşınabilmeli, uzun süre depolanabilmeli ve kolay işlenebilmelidir. Besinsel açıdan da taşınması gereken kriterler ise; düşük miktarda lif, nişasta, özellikle çözünebilir olmayan karbonhidrat ve anti-besinsel bileşenler içermemeli ve yüksek miktarda protein, dengeli amino asit profili ve yüksek besin sindirilebilirliği ve kayda değer lezzetliliğe (palatabiliteye) sahip olmalıdır (Cho ve Bureau, 2001; Tekinay ve ark., 2006; Gatlin III ve ark., 2007). Ayrıca, son yıllarda çevre duyarlılığının artmasıyla birlikte, su ürünlerinden ortaya çıkabilecek artıkların miktarı kısıtlanması amaçlandığından, alternatif protein kaynakları çevreye en az azot (N) ve fosfor (P) sağlayan hammaddeler tercih edilmelidir (Tacon ve Forster, 2003).

Balık ununa alternatif olarak gerek hububat, yağlı tohumlar ve ürünleri gibi bitkisel kaynaklar, gerekse de tavuk unu, et-kemik unu gibi hayvansal üretimden ortaya çıkan hayvansal ürünler değerlendirilmektedir. Ancak Avrupa Birliği ülkelerinde, deli dana gibi hastalıkların önlenmesi ve balık sağlığı ve refahı da göz önünde bulundurulduğundan bu ülkelerde balık unu dışında hayvansal kaynaklı proteinlerin kullanılması kısıtlanmıştır.

Hububat, baklagil, yağlı tohumlar ve ürünlerinin su ürünleri yemlerinde balık ununa alternatif protein kaynağı olarak değerlendirilmektedir (Gatlin III ve ark., 2007; Naylor ve ark., 2009; Hardy, 2010; Kaushik ve Seiliez, 2010). Yapılan araştırmaların sonucunda balık ununun artan fiyatı nedeniyle salmon, alabalık, çipura ve levrek gibi karnivor türlerin yetiştiriciliğinde balık unu kullanım miktarları, balık türü ve gelişme evresine bağlı olarak % 25 ile 50 arasında düşürülmesi sağlanmıştır. Ancak balık ununun yem formülasyonlarından tamamen kaldırılması günümüzde özellikle yavru balıklar için

tamamen sağlanamamıştır (Hardy, 2010). Bitkisel kaynaklı protein kaynaklarının genellikle yetersiz temel amino asit ve yağ asidi, protein miktarı bakımından yetersiz kalması ve balıkların büyümesini ve besin sindirilebilirliğini düşüren bazı anti-besinsel bileşikler içermesinden dolayı bu kaynakların tür bazında kullanılabilirliği ve kullanım oranları araştırılmalıdır. Bunun sonucunda bu tür bitkisel kaynakların kullanılabilirliğinin artırılması için yemlere gerekli takviyeler yapılarak kullanım olanaklarının artırılması da araştırılmalıdır.

1.1. Tezin Amacı

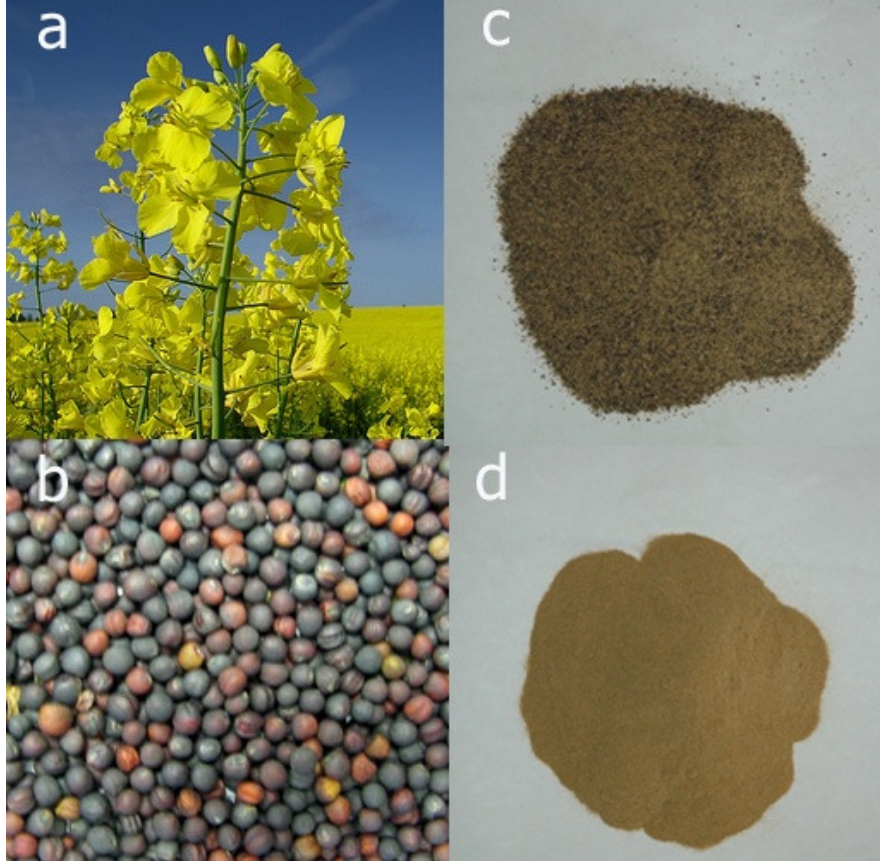
Bu tez çalışmasında, kanola küspesi gibi bir bitkisel kaynağın levrek (*Dicentrarchus labrax*) yeminde kullanılabilirliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, balık unu proteini yerine farklı oranda kanola küspesi proteini içeren yemlerin (% 10, % 20 % 30 ve % 40), yavru levreklerin (1-20 gram) büyüme performansı, yem tüketimi, besin kullanımı, vücut kompozisyonu, amino asit profili ve yem sindirilebilirliği üzerine olan etkileri araştırılmıştır.

Tez çalışmasının ikinci aşamasında ise kanola küspesi içeren yemler fitaz enzimi ile muamele edilmiş ve bu işlemin bitkisel protein kaynağının kullanılabilirliği artırılması amaçlanmıştır. Birinci denemeden sonra kanola küspesi içeren yemlere ve kontrol yemine fitaz enzimi (0, 1500 U/kg yem) ilavesi yapılarak levreklerin büyüme performansı ve yem sindirilebilirliği araştırılmıştır.

BÖLÜM 2**ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR****2.1. Kanola Küspesi****2.1.1. Dünyada ve Türkiye’de Kanola Üretimi**

Kanola bitkisi üretimi, son yıllarda artan gıda hammadde ihtiyacını ve biyoyakıt sanayinin ihtiyacının karşılanması için dünyada ve Türkiye’de özellikle son yıllarda gittikçe artmıştır. Kanola, lahanagiller (*Brassicaceae*) familyasından olup, kolza bitkisinin Polonya kolzası (*Brassica rapa*) ve Arjantin kolzası (*Brassica napus*) cinslerinin Kanadalı bilim adamları tarafından yürütülen ıslah çalışmaları sonunda elde edilen cinstir (Kanola bitkisini ismi de İngilizcede Canola – **CAN**adian **Oil** **L**ow **A**cid’ den gelmektedir.) (Şekil 4). Geliştirilen kanola tohumlarında, kolzada erüsik asit ve glukosinolat gibi anti-besinsel bileşiklerin içeriğinin düşürülmesi ve böylelikle bu bileşiklerin gerek insanda gerekse de hayvanlarda tiroit bezine olan yan etkilerinin azaltılması sağlanmıştır (Francis ve ark., 2001; Klein-Hessling, 2007). Günümüzde kanola çeşitlerinden elde edilen yağlarda % 2’den az erüsik asit ve küspede ise 30 µmol/g glukosinolattan az içerecek şekilde geliştirilen tohumlar yetiştirilmesine izin verilmektedir (Enami, 2011).

Kanola dünyanın birçok ülkesinde bitkisel yağ ihtiyacının karşılanması için yetiştiriciliği yapılan bitkilerden biridir. Dünyada başlıca kanola üreten ülkelerin arasında Avrupa Birliği Ülkeleri, Çin ve Kanada gelmektedir. Çizelge 1’de 2008 yılı dünyada en fazla kanola bitkisi üreten ülkelerin üretimi verilmiştir (FAO, 2010b). Kanola tohumlarından yağ elde edilmesi sonucu yaklaşık % 40-60’a varan oranlarda küspe ortaya çıkmaktadır. Artan kanola yağı üretimiyle birlikte üretilen küspe miktarı da arttığından, Gıda ve Tarım Örgütünün istatistiklerine göre 2004/05 rekolte yılında 27,2 milyon ton kanola küspesi üretilirken, 2009/2010 rekolte yılında 37 milyon ton küspe üretimi kaydedilmiştir (FAO, 2010b; Enami, 2011). Balık yemi üretimi açısından, balık unu üretim miktarı (6-7 milyon ton /yıl) ile karşılaştırma yapıldığında gerek fiyat gerekse de üretimi miktarı bakımından kanola küspesi alternatif bir bitkisel hammadde olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 4. Kanola çiçeği (a), Kanola tohumu (b), kanola küspesi (c) ve ince öğütülmüş kanola küspesi (d).

Kolza bitkisi, Türkiye'ye Balkanlar'dan gelen göçmenler tarafından II. Dünya savaşı sırasında getirilmiş ve özellikle Trakya bölgesinde yağlık tohum olarak yetiştirilmeye başlanmıştır. Ancak yüksek erüsik asit ve glukosinolat içeriğinden dolayı 1980'li yılların başında kolza ekimi ülkemizde yasaklanmıştır. İlerleyen yıllarda artan bitkisel yağ ihtiyacının karşılanması için düşük erüsik asit ve glukosinolat içeren kanola bitkisinin yetiştiriciliği Trakya bölgesinde denenmiştir (Ölmez ve Aybal, 2006). Kanola üretimi 2001 yılında Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı'nın Trakya bölgesinde kanola yetiştiriciliğinin desteklemesiyle başlamış ve 2009 yılında kanola üretim miktarı 113.886 tona ulaşmıştır (FAO, 2010b).

Çizelge 1. Dünyada önemli kanola üreticisi ülkelerin 2008 yılı kanola üretim miktarı (milyon ton) (FAO, 2010b)

Ülkeler	2008
Kanada	12,64
Çin	12,10
Hindistan	5,83
Almanya	5,15
Fransa	4,72
Dünya Üretimi	57,86

Kanola bitkisinin tohumları yaklaşık olarak % 38-50 yağ ve % 16-24 protein içeriği ile günümüzde sadece iyi bir bitkisel yağ kaynağı olarak değil aynı zamanda biyodizel üretimi ve yağ üretiminden meydana gelen küspe gibi artıkların hayvan yemi üretimi için de değerlendirilmektedir (Shahidi, 1991).

2.1.2. Kanola Küspesinin Besin İçeriği

Yağ ekstraksiyonu sonucunda ortaya çıkan yağsız küspenin besin içeriği oldukça değişmektedir. Kanola küspesi % 38-40 protein ve % 2-5 yağ içeriği, zengin mineral ve vitamin içeriği ile yem hammaddesi olarak kullanım için oldukça uygun nitelikler taşımaktadır. Ayrıca, fiyat bakımından da soya küspesi gibi hammaddelere oranla daha uygun fiyata satılmaktadır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü verilerine göre Mart 2010 ortalama dünya piyasasında 1 ton kanola küspesinin fiyatı 200 ABD Doları iken, aynı dönemde soya küspesinin fiyatı 381 ABD Dolarıdır (FAO, 2010b). Kanola küspesinin besini içeriği balık yeminde kullanılan bazı hammaddelerle karşılaştırmalı olarak Çizelge 2'de verilmiştir. Genellikle, kanola bitkisinin besin içeriği, yetiştirme koşulları ve yağ üretim teknolojisinde uygulanan işlemlere göre değişim gösterebilmektedir (Newkirk ve ark., 2003).

Çizelge 2. Kanola küspesi, soya küspesi ve balık ununun kimyasal içeriği (Glencross ve ark., 2007)

	Kanola Küspesi	Soya Küspesi	Balık Unu
Ham protein (%)	43,1	50,3	70,3
Ham yağ (%)	2,2	1,2	7,9
Ham kül (%)	8,6	8,8	21,6
NÖM* (%)	46,1	39,7	0,2
Gros enerji (MJ/kg kuru madde)	19,6	19,2	19,6

*NÖM: Nitrojensiz Öz Madde

2.1.2.1. Protein ve Amino Asit İçeriği

Kanola küspesinin protein içeriği yetiştirme koşulları ve yağ üretim teknolojisinde uygulanan işlemlere göre değişim göstermekle birlikte, solvent ekstraksiyonuyla elde edilen kanola küspelerindeki protein oranı % 35-38, ekspeller ekstraksiyonuyla elde edilen kanola küspelerindeki protein miktarı % 38-44 arasındadır. Amino asit içeriği bakımından ise soya küspesi kadar dengeli bir profile sahip olup temel amino asitler bakımından diğer bitkisel kaynaklara göre daha üstündür (Klein-Hessling, 2007). Çizelge 3'te, kanola küspesi, soya küspesi ve balık ununun amino asit içeriği verilmiştir (Glencross, 2003).

Çizelge 3. Kanola küspesi, soya küspesi ve balık ununun amino asit kompozisyonu (gr/kg kuru madde) (Glencross, 2003)

	Kanola Küspesi	Soya Küspesi	Balık Unu
Lizin	31,9	33,9	57,4
Treonin	26,2	22,7	34,3
Metionin	3,1	8,4	20,5
İzolösin	25,1	24,9	31,5
Lösin	41,5	42,1	55,6
Valin	29,5	26,9	39,2
Fenilalanin	27,2	28,1	29,8
Histidin	16,4	15,5	31,1
Arjinin	78,2	39,8	43

2.1.2.2. Mineral İçeriği

Diğer bitkisel kaynaklara oranla kanola küspesinin mineral kompozisyonu daha zengindir. Bunun başlıca nedeni bitkinin büyüme esnasında topraktan birçok minerali tohumlarda depolamasıdır. Kanola küspesi, soya küspesi ve balık ununun mineral kompozisyonu Çizelge 4’te verilmiştir (Ölmez ve Aybal, 2006). Kanola küspesi diğer yağlı tohum küspelerine göre daha yüksek mineral içeriği, balık ununa kıyasla ise daha düşük mineral içeriğiyle, bitkisel içerikli kaynaklı balık rasyonlarının hazırlanmasında yemlere mineral katkısı yapılmasını azalttığından hem yem maliyetini olumlu etkilemekte hem de balık unu esaslı yemlerden farklı olarak fazla oranda ortama nutrient atımının düşürülmesinde destek olmaktadır. Ayrıca bitkisel kaynaklı hammaddeler balık ununa nazaran daha az miktarda mineral içermesi ve özellikle bu tip hammaddelerle hazırlanan yemlerden daha az atık çıktığından çevreye daha az zarar verecek yemlerin hazırlanması için zemin hazırlamaktadır (Cho ve Bureau, 2001; Tekinay ve ark., 2006; Bureau ve Hua, 2010).

Çizelge 4. Kanola küspesi, soya küspesi ve balık ununun mineral kompozisyonu (Ölmez ve Aybal, 2006)

	Kanola Küspesi	Soya Küspesi	Balık Unu
Kalsiyum (%)	0,63	0,30	7,31
Fosfor (%)	1,08	0,65	3,81
Sodyum (%)	0,1	0,04	0,78
Klor (%)	0,1	0,04	0,50
Potasyum (%)	1,22	2,11	0,83
Kükürt (%)	0,84	0,42	0,48
Magnezyum (%)	0,54	0,29	0,18
Bakır (mg/kg)	5,80	23,00	5,90
Demir (mg/kg)	166,00	140,00	181,00
Mangan (mg/kg)	52,00	30,60	12,40
Çinko (mg/kg)	58,00	52,00	90,00
Selenyum (mg/kg)	1,10	0,10	1,62

2.1.2.3. Vitamin İçeriği

Tüm canlılarda olduğu gibi balık beslenmesinde de vitaminler önemli rol oynamaktadır. Bu bileşenler, yem rasyonlarında çoğunlukla yeterli miktarda bulunmayıp premiks yoluyla takviye edilmektedir. Vitaminler doğal olarak bitkilerde bulunduğundan, balık yemlerine ilave edilecek bitkisel kaynaklı hammaddeler aynı zamanda iyi bir vitamin kaynağı olabilir. Kanola küspesi soya küspesiyle karşılaştırıldığında daha yüksek oranda biotin, kolin, folik asit, niasin, pridoksin, riboflavin ve tokoferol içermektedir. Çizelge 5'te, kanola küspesi, soya küspesi ve balık ununun vitamin kompozisyonu verilmiştir.

Çizelge 5. Kanola küspesi, soya küspesi ve balık ununun vitamin kompozisyonu (IU/kg) (Ölmez ve Aybal, 2006)

	Kanola Küspesi	Soya Küspesi	Balık Unu
Biotin	0,98	0,32	0,08
Kolin	6700	2609	3099
Folik asit	0,8	0,60	0,35
Niasin	160	28	59
Pantotenik asit	9,5	16,3	9,9
Pridoksin	7,2	6	5,92
Riboflavin	5,8	2,9	9,1
Tiamin	5,2	6	1,7
Tokoferol	13	2,4	8,9

2.1.3. Kanola Küspesinde Bulunan Anti-Besinsel Maddeler

Bitkisel protein kaynaklarının balık yeminde kullanımı, başlıca içerdikleri anti-besinsel maddelerden dolayı sınırlıdır. Kanola küspesinin uygun amino asit profili, mineral ve vitamin içeriğinin yanı sıra balıkların sağlığını ve büyümesini olumsuz yönde etkileyebilecek bazı anti-besinsel bileşenler de içermektedir (Francis ve ark., 2001; Gatlin III ve ark., 2007).

2.1.3.1. Erüsik Asit

Kolzada yüksek oranda bulunan erüsik asit 22 karbon içeren ve yapısında bir çift bağ bulunan bir yağ asidi çeşididir. Kobaylar üzerinde yapılan çalışmalarda erüsik asidin yüksek oranda tüketilmesiyle birlikte kalp-damar bozuklukları gözlenmiştir. Ancak balıklarda bu asidin etkileriyle ilgili yeterli bilgi mevcut değildir (Halver, 1996). Kolza

çeşitlerinin ıslah edilmesi sonucu geliştirilen kanola çeşitlerinde insanlar ve hayvanlardaki olumsuz etkilerin azaltılması için erüsik asit ve glukosinolat miktarı düşürülmüştür.

2.1.3.2. Glukosinolatlar

Glukosinolatlar, lahanagiller familyasına ait kolza gibi birçok bitkide buluna kükürt içeren bileşiklerdir. Kolza bitkisinde glukosinolatlardan başlıca progoitrin, glukonapin ve glukobrasikanapin bulunmaktadır. Bu bileşiklerin bitkilerde ve küspedeki miktarları bitkilerin varyeteleri, yetiştirildikleri koşullar ve uygulanan yağ ekstraksiyonu yöntemlerine bağlıdır. Bitkide bu maddelerin negatif etkisi bulunmayıp, tohumların işlenmeye alınmasıyla birlikte bitki hücreleri hasara uğrattır ve bu esnada salgılanan mirosinaz enziminin sayesinde glukosinolatlar parçalanarak isotiyosiyanatlar, nitriller, tiyosiyanatlar ve goitrin gibi bileşikler meydana gelir. Kolza tohumunda bulunan glukosinolatlardan çoğunlukla goitrin ve tiyosiyanat iyonları oluşur. Canlılarda, tiyosiyanatlar tiroid bezinin çalışmasını engeller ayrıca böbrek ve karaciğer bozukluklarına da neden olabilir. Goitrin ise acı bir lezzete sahip olduğundan, özellikle hayvanlarda yemin tüketilmemesine neden olur (Tripathi ve Mishra, 2007). Kolza bitkisinde 25-200 µmol/g oranında bulunan glukosinolatlar genetik manipulasyonlar sayesinde 10 µmol/g'a kadar azaltılarak kanola bitkisi geliştirilmiştir (Mailer ve ark., 2008). Yağ ekstraksiyonu esnasında yüksek ısı uygulanıp mirosinaz enzimi etkisiz hale getirildiğinde glukosinolatların olumsuz etkileri azaltılabilir (Drew ve ark., 2007; Tripathi ve Mishra, 2007).

Glukosinolatların balıklara olan etkileriyle ilgili çalışmalarda büyüme performansının düştüğü ve tiroid bezinde bozuklukların meydana geldiği tespit edilmiştir. Burel ve ark. (2000a) gökkuşuğu alabalığın 1,4-19,3 mol glukosinolat / kg yem ile yemlendiğinde büyümenin azaldığı ve T₃ hormon düzeyinin düştüğünü saptamışlardır. Mercanda (*Pagrus auratus*) ise 0,22-2,18 mol glukosinolat / kg yem, balığın yem alımını, büyüme performansını ve tiroid hormon düzeyini olumsuz etkilemediği saptanmıştır (Glencross ve ark., 2004).

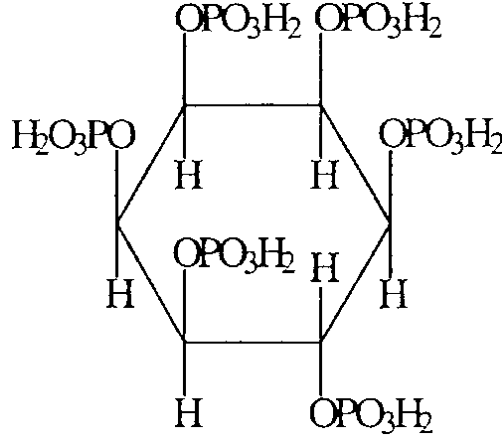
2.1.3.3. Fenolik Bileşikler

Bitkilerde yüksek miktarda bulunan fenolik asitler, polifenoller, flavonoidler, isoflavonoidler ve tanenler fenolik bileşikler grubunu oluşturmaktadır. Bu bileşikler böcek ve hayvan zararlarına karşı bitkileri doğal olarak korumaktadır. Fenolik bileşiklerden özellikle tanenler hayvan yetiştiriciliğinde önemli anti-besinsel bileşen olarak değerlendirilmektedir. Kanolada en yüksek miktarda bulunan fenolik bileşikler tanenlerdir. Tanenler acı tat ve burukluk vererek yem alımını azaltabilir. Ayrıca, tanenler bazı temel amino grup asitler, protein, karbonhidrat ve enzimlerle kompleksler oluşturup bu maddelerin sindirim ve emilimini azaltarak sindirilebilirliğinin düşürülmesine neden olabilir. Bunun yanı sıra, demir ve bakır gibi mineralleri ve B₁₂ vitaminini bağlayarak bu vitamin ve minerallerin de emilimini azaltabilir (Shahidi ve Naczk, 1992; Francis ve ark., 2001; Balasundram ve ark., 2006). Sinapik asidin kolin esteri olan sinapin de kanola küspesinde önemli oranda mevcuttur. Sinapin acı bir lezzete sahip olduğundan yemlerin lezzetini azaltarak kanatlılarda yem alımını azaltığı belirlenmiştir (Naczk ve ark., 1998; Mailer ve ark., 2008). Kanola küspesinde total fenolik bileşik miktarı % 1 ile 1,8 arasında değişebilmektedir (Shahidi ve Naczk, 1992). Büyüme ve yem alımına olan olumsuz etkilerin yanı sıra fenolik bileşiklerin antioksidan etkisiyle insan beslenmesinde kalp-damar hastalıkları önlenmesinde önemi gittikçe artmaktadır.

2.1.3.4. Fitik Asit

Fitik asit (fitat, fitin veya myo-inositol hekzafosfat olarak da isimlendirilmektedir) hububat, baklagil ve yağlı tohumlarda bulunur ve genellikle bitkilerin topraktan aldığı fazla fosforu (P) tohumlarında depoladıkları moleküldür (Şekil 5). Hububat, baklagil ve yağlı tohumlarda toplam fosfor miktarı % 0,2-1,4 arasında değişirken bu miktarın % 90'a kadar fitata bağlı formda (inositol mono-, di-, tri-, terta-, penta-, hekzafosfat) bulunmaktadır. Yağlı tohumlarda bulunan fitik asit miktarı ise % 0,4 ile 5 arasında değişmektedir (Ravindran ve ark., 1994; Kasim ve Edwards, 1998; Godoy ve ark., 2005; Pontoppidan ve ark., 2007). Pontoppidan ve ark. (2007) kanola küspesinde bulunan total fosfor miktarı ve fitata bağlı bulunan fosfor oranının sırasıyla 10,94 gr/kg kuru madde ve % 69 olduğunu

bulmuşlardır. Viveros ve ark. (2000) ise kanola küspesinde total fosfor ve fitata bağlı bulunan fosfor yüzdesinin sırasıyla % 0,76 ve % 72 olduğunu tespit etmişlerdir.



Şekil 5. Fitik asitin kimyasal yapısı (Oatway ve ark., 2001).

Myo-inositol hekzafosfatın hidrolizi sonucu penta-, tetra-, tri-, di-, monofosfatlar oluşur. Genellikle, fosfor kullanılabilirliğini negatif yönde etkileyen myo-inositol tri-, tetra-, penta- ve hekzafosfattır. Myo-inositol mono ve difosfat önemli ölçüde çözünebilir halde olduğundan mineral absorpsiyonunu negatif etkilemediği düşünülmektedir (Harland ve Narula, 1999; Pontoppidan ve ark., 2007). Fitat molekülü Ca, Mg, Zn, Cu ve Fe gibi mineralleri ile de şelat oluşturarak bu minerallerin kullanılabilirliğini düşürebilmektedir. Ayrıca, fitat molekülü protein molekülleriyle de etkileşime girerek protein sindirilebilirliği üzerinde negatif etki yaratacağı tespit edilmiştir (Oatway ve ark., 2001; Hidvegi ve Lasztity, 2002; Cao ve ark., 2007; Deak ve Johnson, 2007).

Balık yeminde bitkisel kaynakların kullanımıyla birlikte yemde fitat miktarı arttığında mineral ve protein sindirilebilirliği azaldığı farklı araştırmalarda tespit edilmiştir. Spinelli ve ark. (1983) alabalık yemine ilave edilen fitatın alabalıkta protein biyoyararlılığını düşürerek ve büyüme performansını olumsuz yönde etkilediğini tespit etmişlerdir. Laining ve ark. (2010) yavru Japon dil balığı (*Paralichthys olivaceus*) yemlerine 0 ile 20,6 gr fitik asit / kg yem ilave etmiş ve balıkların büyüme, yem alımı, besin sindirilebilirliği, vücut kompozisyonu ve plazma mineral konsantrasyonunu incelemiştir. Sonuç olarak 13 gr fitik asit / kg yem konsantrasyonunun üzerine çıktığında balıkların büyüme performansı, vücut kompozisyonu ve besin değerlendirmesi negatif olarak etkilendiği bulunmuştur. Denstadli ve ark. (2006) ise Atlantik salmonların

(*Salmo salar* L.) sağlık ve büyüme performansının olumsuz etkilenmemesi için maksimum fitik asit miktarının 4,7 gr fitik asit / kg yem olabileceğini tespit etmişlerdir.

Bitkisel kaynaklarda bulunan fitik asidin balıklarda protein ve mineral sindirilebilirliği üzerindeki negatif etkisinin azaltılması için yemlere fitaz ilave edilmesi gündeme gelmiştir (Cao ve ark., 2007). Hayvan yemleri genellikle peletleme ve ekstrüzyon gibi ısısal işlemler uygulanarak üretilmektedir. Bitkisel hammaddeler içeren yemlerin fitat kompozisyonu uygulanan sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Yüksek ısı uygulamasıyla myo-inositol hekzafosfat hidrolizlenerek penta-, tetra-, tri-, di-, monofosfatlara dönüşebilir ve böylece inorganik fosfat grupları balıklar için kullanılabilir hale gelebilir. Pontoppidan ve ark., (2007) mısır, buğday, arpa, soya küspesi, kolza küspesi ve ayçiçeği küspesi gibi hayvan yeminde kullanılan bitkisel kaynaklı hammaddeleri peletleme ve ekstrüzyona tabi tutmuşlar ve fitat miktarı ve kompozisyonundaki değişimi incelemişlerdir. Bu araştırmada bu bitkisel hammaddelerinde peletleme ve ekstrüzyon işlemlerinin hekzafosfat moleküllerini parçalayarak pentafosfatlara dönüştürdüğünden, ısısal işlemlerin sonucunda kısmi de olsa fitat hidrolizi gerçekleştiği gözlenmiştir. Soya küspesine uygulanan ekstrüzyon işlemi (150 °C) küspede bulunan fitat miktarını yaklaşık olarak % 35 azaltmış ve alabalıkta fosfor absorpsiyonunu önemli ölçüde artırmıştır (Satoh ve ark., 2002).

2.1.3.5. Selüloz

Kanola küspesinde selüloz miktarı diğer yağlı tohumlara nazaran oldukça yüksek miktarlardadır. % 12 civarında selülozun yanı sıra kanola küspesinde % 8 şeker, % 5,2 nişasta ve oligosakkaritler de vardır (Thiessen, 2004). Kanola, bitkinin yetiştirilme koşulları, varyete ve yağ işleme sırasında küspede kalan kabuk oranına bağlı olarak % 9,9 ile % 13 ham lif miktarı içerebilir (Mailer ve ark., 2008). Balıklar, özellikle de karnivor türler sindirim sistemlerinde selülozu parçalayacak enzimleri olmadığından selüloz değerlendiremez. Selüloz ve nişasta olmayan diğer polisakkaritler genellikle bitkilerin kabuk kısmında daha yüksek miktarda bulunmaktadır. Yağ işleme sırasında kabuk kısımlarının etkili bir şekilde ayrılması sonucu küspedeki ham lif oranı düşürülebilir.

2.1.3.6. Proteaz İnhibitörleri

Proteaz inhibitörleri ısıya dayanıklı veya dayanıksız formda olabilir. En çok çalışma soyada bulunan proteaz inhibitörleri üzerinde yapılmakla birlikte kanolada da bulunan proteaz inhibitörleri balıklarda büyüme performansını ve protein değerlendirme oranını olumsuz yönde etkileyebilir (Francis ve ark., 2001). Japon levreği (*Lateolabrax japonicus*) yemine % 40 ve % 50 oranında ilave edilen kanola küspesi karaciğerdeki proteaz, amilaz ve lipaz enzim aktivitesini düşürdüğü tespit edilmiştir Cheng ve ark. (2010). Enzim inhibitörleri, yemlerin ve/veya hammaddelerin yüksek derecede ısıya tabii tutularak etkisiz hale getirilebilir ancak bu durumda ise lizin gibi bazı ısıya hassasiyet gösteren amino asitlerin kullanılabilirliği olumsuz etkilenebilir (Francis ve ark., 2001).

2.2. Balık Yemlerinde Kanola Küspesi Kullanımı

Su ürünleri yetiştiriciliğinde balık yemi bir işletmenin maliyetinin % 50-60'ını oluşturmaktadır. Artan balık unu fiyatları ve çevre duyarlılığıyla birlikte, su ürünleri yetiştiriciliğinde önemli girdi sayılan yemlerde bitkisel kaynaklar kullanımı araştırmaları son 30 yılda hızla artmıştır. Balık yemlerinde kanola kullanımı araştırılması son yıllarda gittikçe artsa da özellikle anti-besinsel özelliğe sahip olan maddeler içerdiğinden kullanım oranları sınırlı olduğu tespit edilmiştir (Francis ve ark., 2001).

Hardy ve Sullivan (1983), gökkuşağı alabalıklarının yemlerine % 10, % 15 ve % 20 oranında kanola küspesi ilave etmiş ve deneme sonunda canlı ağırlık kazancı ve yem değerlendirme oranının deneme grupları arasında farklılık göstermediğini bulmuştur. % 20 oranında kanola küspesi içeren yem ile kanola küspesi içermeyen yemin maliyeti karşılaştırıldığında ise kanola ilavesinin % 18'lik bir kâr sağladığı saptanmıştır.

Li ve Robinson (1994), kanal yayını balıklarının (*Ictalurus punctatus*) yemlerinde % 25 oranında kanola küspesi kullanıldığında balıkların büyüme performansına herhangi bir olumsuz etki olmadığını tespit etmişlerdir.

Webster ve ark. (1997) kanal yayını (*Ictalurus punctatus*) yavrularının yemine soya küspesi yerine % 12, % 24, % 36 ve % 48 oranında kanola küspesi kullanarak 12 haftalık büyüme performanslarını incelemiştir. Bu araştırmada, en iyi büyüme kanola küspesi içermeyen kontrol grubunda, en az büyüme % 48 oranında kanola küspesi içeren yemle

beslenen balıklarda görülmüş, kanal yayınlarında büyüme üzerine herhangi bir negatif etkisi olmaksızın % 36 oranında kanola küspesinin kullanılabilceği belirlenmiştir.

Riche ve Brown (1999) gökkuşuğu alabalıklarında % 20 oranında farklı bitkisel kaynaklı hammaddelerinin (soya küspesi, kanıla küspesi ve yer fıstığı küspesi) ilave edilmesinin fosfor kullanılabilirliğini incelemişlerdir. Kontrol yemi olarak balık unu esaslı yem kullanılmıştır. Sindirilebilirlik denemesinin sonunda bitkisel kaynaklı hammadde içeren yemlerin fosfor sindirilebilirliği balık unu yemi içeren yeme göre önemli ölçüde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bunun başlıca nedeni bitkisel kaynaklı yemlerde fosfor miktarının azalması ve böylelikle yemdeki kalsiyum/fosfor dengesinin balık sindirimi için daha uygun duruma gelmesi öne sürülmüştür. Yemdeki fosfor kullanılabilirliğinin artırılmasıyla balık çiftliklerinden çıkan atık suların fosfor miktarının düşürülmesi ve çevre dostu yetiştiriciliğinin gelişmesini sağlayacağı ve yemlerde balık unu yerine bitkisel kaynaklı hammadde kullanılması yemlerin maliyeti düşürülebileceği savunulmuştur.

Mwachireya ve ark. (1999), farklı işlemlere tabii tutulmuş kanola küspesi ürünlerinin gökkuşuğu alabalıklarında *Oncorhynchus mykiss* besin sindirilebilirliğini nasıl etkilediğini incelemişlerdir. Referans yeme % 30 oranında kanola ürünleri ilave edilmiş ve sindirilebilirlik denemesinin sonunda en yüksek protein sindirilebilirlik değeri kanola protein konsantresi (% 97,6) için, en düşük değer ise enzimle muamele edilen kanola küspesinde (% 77,4) olduğu bulunmuştur. Hiçbir işleme tabii tutulmayıp yeme ilave edilen kanola küspesinin protein sindirilebilirliği ise % 88,1 olmuştur. Sonuç olarak kanola küspesinden elde edilen protein konsantresi düşük anti-besleyici madde içeriği ile salmonid yemlerinde balık unu yerine kullanılabilceği önerilmiştir.

Burel ve ark. (2000a) gökkuşuğu alabalığı yemlerine % 30 ve 50 oranlarında kg başına 5 ve 41 µmol glukosinolat içeren 2 farklı tür kolza küspesi ilave etmiş ve balıkların besin değerlendirmesi ve tiroid fonksiyonlarını incelemişlerdir. Kolza küspesinin alabalık yemlerine ilave edilmesi yem sindirilebilirliği, büyüme performansı ve tiroid fonksiyonlarını önemli ölçüde olumsuz etkilediği tespit edilmiştir.

Burel ve ark. (2000b) ısısal ön-işleme tabii tutulmuş ve tutulmamış düşük miktarda glukosinolat içeren kolza küspesini farklı oranlarda kullanarak kalkan balıklarının (*Psetta maxima*) yemlerine ilave etmişlerdir. 9 haftalık besleme denemesinin sonunda % 30'un üzerinde kolza küspesi içeren yemle beslenen balıklarda yem alımında azalma ve buna bağlı olarak da büyüme performansının düştüğü tespit edilmiştir. Ayrıca, kan plazmasındaki T₃ ve T₄ tiroid hormonlarının konsantrasyonu önemli derecede düştüğü

saptanmıştır. Isısal ön-işleme tabii tutulmuş düşük miktarda glukosinolat içeren kolza küspesi kalkan yemlerinde % 30'a kadar ilave edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Burel ve ark. (2000c) ekstrude edilmiş bezelye ve bakla ve ısısal ön işleme tabii tutulmuş ve tutulmamış kolza küspesinin gökkuşacağı alabalığı ve kalkan yemlerine ilave etmişler ve bu hammaddelerin balıklardaki sindirilebilirliğini araştırmışlardır. Kalkan balıklarıyla yapılan denemede, ısısal ön-işleme tabii tutulmuş kolzanın protein, enerji ve fosfor sindirilebilirliği hiçbir işleme tabii tutulmamış kolzaya göre önemli ölçüde daha yüksek olduğu bulunmuştur. Alabalık denemesinde ise, ısısal ön-işleme tabii tutulmuş kolzanın sadece fosfor sindirilebilirliği hiçbir işleme tabii tutulmamış kolzaya göre önemli ölçüde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kolza küspesinin amino asit ve protein içeriği bakımından diğer bitkisel hammaddelere göre daha iyi olmasına rağmen, denenen bitkisel hammaddeleri arasında sindirilebilirliği en düşük kolza ürünleri olmuştur. Bunun nedeni yüksek lif miktarı, fitik asit veya glukosinolatlar veya bu anti-besinsel bileşenlerin ortak etkisi olabileceği savunulmuş, farklı oranda uygulanan ısısal işlemlerle (ekstrüzyon) kolza ürünlerinin sindirilebilirliği artırabileceği önerilmiştir.

Burel ve ark. (2001), gökkuşacağı alabalık yemlerine balık unu yerine % 10, % 20, % 30 ve % 50 oranında düşük oranda glukosinolat içeren kolza küspesi ilave etmişlerdir. Tiroid fonksiyonlarının olumsuz etkilenmemesi için tüm deneme yemlerine kg yem (kuru madde üzerinden) başına 0,2 mg potasyum iyodür (KI) ilave edilmiştir. 58 günlük besleme denemesinin sonucunda % 10, % 20 ve % 30 oranında balık unu yerine kolza küspesi ikamelerinin alabalıkların yem alımı, büyüme performansı ve yem değerlendirilmesinin kontrol yemle beslenen balıklarla aynı olduğu tespit edilmiş ve % 30'a kadar kolza küspesinin alabalık yemlerine ilave edilebileceği sonucuna varılmıştır.

Thiessen ve ark. (2003a) bezelye ve kanola küspesi ürünlerinin soya küspesi yerine % 20 oranında ilave edilen yemlerle juvenil gökkuşacağı alabalıklarını 12 hafta boyunca beslemişlerdir. Denemede kullanılan kanola küspesi ince öğütme ve elemeye (60 mesh) tabii tutulduktan sonra yeme ilave edilmiştir. Böylece lif miktarı düşürülerek, protein oranının artması sağlanmıştır. Denemenin sonunda kontrol yeminde soya küspesi yerine kanola küspesinin ilave edilmesi (toplam % 20) balıkların yem alımı, büyüme performansı, spesifik büyüme oranı, yem dönüşüm oranı, protein verimlilik oranı, hepatosomatik indeks gibi parametrelerin hiçbirine olumsuz etki etmediği saptanmıştır. Alabalık yemlerine % 20 oranında ince öğütülmüş kanola küspesinin ilave edilmesi uygun olduğu bulunmuştur.

Bitkisel kaynaklı hammaddeler yemlere ilave edildiğinde özellikle karnivor balıklarda palatabilité sorunları yaşanabilmektedir. Kanola küspesinde yüksek miktarda bulunan fenolik bileşikler acı lezzet de verebileceğinden bu olumsuz durumu bertaraf edebilmek için yemlerin lezzetini arttıracak katkılar ilave edilebilir. Biyoetanol üretimi sonucunda ortaya çıkan artıklarda buğday ve fermantasyonda görev alan maya mevcut olup özellikle balıkların duyuşal organlarını etkileyen glutamik asit ve prolin yüksek miktarlarda mevcuttur. Thiessen ve ark. (2003b) gökkuşuğı alabalıklarının yemlerine ilave edilen kanola küspesinin olası yem alımında azalmayı önlemek için biyoetanol üretimi sonucunda ortaya çıkan (thin distillers' solubles) ve fermente edilmiş buğday ve maya içeren artığı ilave ederek palatabilité denemesi gerçekleştirmişlerdir. Bu denemede % 15 kanola küspesi ve % 3,9 biyoetanol artığı içeren yemlerde kontrol grubuna göre yem alımı arttığı gözlenmiştir. Bunun yanı sıra, % 20 kanola küspesi ve % 4 biyoetanol artığı içeren yemlerle alabalıklar 12 hafta boyunca beslenmiştir. Ancak lezzet arttırıcı olarak ilave edilen biyoetanol artığının alabalıkların yem alımı ve büyüme performansına önemli etkisi olmadığı bulunmuştur.

Glencross ve ark. (2004) farklı yağ ekstraksiyonu yöntemleriyle (solvent ekstraksiyonu ve expeller ekstraksiyonu) elde edilen Avustralya'da yetiştirilen kanoladan elde edilen küspeleri 30'ar dakika farklı ısısal işleme (120 ve 150°C) tabi tutulmuştur. Bu küspeler, kanola protein konsantresi ve kontrol hammadde olarak soya küspesinin mercan balıklarının (*Pagrus auratus*, Paulin) besin sindirilebilirliği ve tiroit bezi hormonlarına olan etkileri incelenmiştir. Sindirilebilirlik denemesi için protein kaynağı olarak balı unu ve mısır gluteni içeren yeme deneme hammaddeleri % 30 oranında ilave edilmiştir. En düşük günlük yem alımı referans yemde, en yüksek yem alımı ise kanola protein konsantresi içeren yemde gözlenmiştir. Balıkların kanından alınan örneklere tiroit bezi hormonlarından T₃ ve T₄ hiçbir farklılık gözlenmemiştir. Isısal işlemin besin ve enerji sindirilebilirliğini düşürdüğü tespit edilmiştir. Kanıla protein konsantresinin enerji sindirilebilirliğini olumlu yönde etkilerken, protein sindirilebilirliğini de oldukça düşürmüştür. Kanola protein konsantresinin ve expeller yağ ekstraksiyonuyla elde edilen kanola küspesinin protein sindirilebilirlik değerleri sırasıyla % 52,6 ve 93,6 olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak, mercan balıklarında kanola küspesinin % 30'a kadar ilave edilmesine sağlık açısından sakınca olmadığı ve anti-besinsel maddelerin bertaraf edilmesi için uygulanan ısısal işlemlerin kanola küspesinde olumlu bir etki yaratmadığı belirlenmiştir.

Lanari ve D'Agaro (2005), Avrupa levrek yemlerine soya küspesi, kolza küspesi, patates protein konsantresi ve bu bitkisel kaynakların karışımını balık unu içeren kontrol yemin balık unundan gelen proteinin % 25 ve % 50'sini ikame edecek şekilde hazırlamışlar ancak kolza küspesinin maksimum ilave miktarı % 50'den % 35'e düşürmüşlerdir. 97 günlük besleme denemesinin sonunda kolza küspesi içeren yemle beslenen balıkların büyüme performansı ve yem dönüşüm oranı kontrol gruba göre önemli ölçüde negatif etkilendiği tespit edilmiştir. Sindirilebilirlik denemesinde de kolza küspesiyle beslenen levreklerin enerji ve protein sindirilebilirlik katsayılarının kontrol gruba göre istatistiksel olarak daha düşük olduğu belirlenmiş, ancak % 25 soya küspesi için bu veriler kontrol yemle aynı olduğu bulunmuştur. Bu çalışmada, soya küspesi yem proteinin % 25'ine kadar levrek balıklarında olumsuz etki görülmeden ikame edilebileceği önerilmiştir.

Tibbetts ve ark. (2006) Atlantik morinalarda (*Gadus morhua*) yemlerin protein ve enerji sindirilebildiğini basal diyete % 30 oranında 2 farklı balık unu (ringa ve hamsi), 3 farklı krutasea unu, 2 farklı hayvansal kaynaklı hammadde (tavuk unu ve hidrolize kanatlı tüyü), 6 farklı yağlı tohum küspesi ve ürünleri (soya küspesi, soya protein konsantresi, soya protein izolatu, kanola küspesi, kanola protein konsantresi ve keten tohumu küspesi), 2 farklı baklagil unu (beyaz acı bakla ve bezelye protein konsantresi) ve 2 hububat unu (mısır gluteni ve buğday gluteni) ilave ederek tespit etmişlerdir. Sonuç olarak buğday gluteni, soya küspesi, balık unun ve kanola protein konsantresinin protein sindirilebilirliği % 88,8 ile 99,9 arasında olup, bu bileşiklerin morinalar için yüksek sindirilebilirlik katsayılı olarak tanımlanırken, kanola küspesinin ise % 76 protein sindirilebilirliği ile orta derecede sindirilebilirlik katsayısına sahip olduğu belirlenmiştir.

Shafaeipour ve ark. (2008) yavru alabalıkları % 0, % 5, % 10, % 15, % 20, % 25 ve % 30 oranında kanola içeren yemlerle 16 hafta boyunca beslemişlerdir. Büyüme denemesinin sonunda vücut kompozisyonu analizlerine ilave olarak kandaki tri-iodothyronin (T₃) ve tiroksin (T₄) tiroit bezi hormonları, kolesterol ve karaciğer yağ asidi kompozisyonu belirlenmiştir. 16 haftalık besleme denemesinin sonunda T₃ hormon düzeyinde farklı yemle beslenen gruplar arasında hiçbir fark bulunmazken, plazma T₄ hormon düzeyi ise kanola küspesi içeren yemlerle beslenen balıklarda daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. En düşük kolesterol düzeyi % 5 kanola küspesi içeren yemle beslenen balıklarda bulunmuştur. Büyüme performansında gruplar arasında fark gözlenmemiş, ancak diğer yemlere göre önemli ölçüde yüksek olan yem dönüşüm oranı % 25 kanola

içeren yemle (% 1,5) beslenen balıklarda bulunmuştur. Balıkların karaciğerdeki yağ asidi kompozisyonu yeme ilave edilen kanola küspesinden etkilenmiştir. Kanola ilave edilmiş yemle beslenen alabalıkların karaciğerdeki yağ asidi kompozisyonu kontrol gruba (kanola içermeyen yemle beslenen balıklar) göre daha yüksek çoklu doymamış yağ (n-6) ve n-3/n-6 yağ asidi oranının da daha yüksek olduğu bulunmuştur. Aynı durum yemlerin yağ asidi kompozisyonu için de geçerlidir. Sonuç olarak bitkisel kaynaklı hammaddeler ilave edildiğinde balıkların yağ asidi kompozisyonunun etkilendiği genel olarak gözlenen bir durum olmakla birlikte yavru alabalık yemleri % 22 balık unu ve % 30 kanola küspesi içerecek şekilde formüle edilebileceği önerilmiştir.

Yiğit ve Ölmez (2009) yavru tilapia balıkları (*Oreochromis niloticus*) için balık unundan gelen proteinin % 0, % 10, % 20, % 30, % 40 ve % 50'sinin kanola küspesinden sağlanacak şekilde yem rasyonları hazırlamışlardır. Besleme denemesinin sonunda, yavru tilapia yemlerinde balık unundan gelen proteinin % 10'u kadar kanola küspesinden karşılanabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Zhou ve Yue (2010) yavru hibrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*) yemlerine soya küspesinden gelen proteinin % 0, % 15, % 30, % 45, % 60 ve % 100 oranında karşılayacak şekilde kanola küspesi ilave etmiş ve balıkların büyüme, yem değerlendirmesi, vücut kompozisyonu ve hematolojik parametrelerini incelemişlerdir. 8 haftalık besleme denemesinin sonunda yeme ilave edilen kanola küspesinin artışıyla birlikte büyüme performansının düştüğü; yem dönüşüm oranı, hepatosomatik indeks ve viserosomatik indeks ise önemli ölçüde arttığı belirlenmiştir. En düşük kuru madde, protein ve fosfor sindirilebilirliği soya küspesinin tamamen kanola küspesiyle ikame edilen yemlerle beslenen balıklarda bulunmuştur. Farklı deneme yemleriyle beslenen yavru tilapiada kırmızı kan hücre sayısında önemli farkın olmadığı bulunmuştur. Ancak soya küspesinden gelen proteini % 45 ikame edecek şekilde hazırlanan yemle beslenen balıklarda beyaz kan hücre sayısı, hemoglobin ve hematokrit değerleri kontrol grubuna göre istatistiksel olarak daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bu çalışmada soya küspesinin proteinin % 30'u yerine yemlere % 19,2 kanola küspesi ilave edilmesi yavru tilapiada olumsuz etki yaratmadığı ancak yemlere % 38,0 oranında kanola küspesi ilave edilmesi balıkların büyüme performansını olumsuz etkilediği bulunmuştur.

Cheng ve ark. (2010) Japon levreği (*Lateolabrax japonicus*) yemlerine balık unundan gelen proteinin % 0, % 10, % 20, % 30, % 40 ve % 50 oranında karşılayacak düzeyde kanola küspesi ilave etmiş ve 10 haftalık besleme denemesini yüzer kafeslerde

gerçekleştirmiştir. Besleme denemesinin sonunda yemdeki kanola küspesinin artmasıyla birlikte önemli ölçüde yaşama oranı, spesifik büyüme oranı ve yem verimliliği düştüğü tespit edilmiştir. Balıkların sindirim sisteminden alınan örneklerdeki lipaz, amilaz ve proteaz gibi sindirim enzimlerinin aktivitesi, ayrıca kuru madde, protein, yağ ve fosfor sindirilebilirliği yemdeki kanola küspesi oranının artmasıyla önemli ölçüde düşmüştür. Aynı şekilde balıkların immünolojik parametreleri incelendiğinde ise lizozim aktivitesinde yemlerin kanola küspesi oranının artışıyla azalmadığı bulunmuştur. Kanola küspesinin karnivor olan Japon levreğinin yemlerine balık unundan gelen proteinin en fazla % 20'si oranında ikame edilebileceği önerilmiştir. Bu oran üzerinde kanola küspesinin ilave edilmesi balıkların yaşama oranı, büyüme performansı ve serum lizozim aktivitesi gibi önemli immünolojik parametrelerin üzerinde olumsuz etkiye neden olduğu sonucuna varılmıştır.

2.3. Balık Yemlerinde Enzim Kullanımı

Balık yemlerine ilave edilen bitkisel kaynaklı hammaddelerde bulunan anti-besinsel bileşenlerin olumsuz etkilerini en aza indirmek için, ya hammaddeler yeme işlenmeden önce çeşitli ön-işlemlere tabii tutulurlar ya da bu bileşenleri hidrolizleyerek etkisiz hale getirecek çeşitli katkıları yemlere ilave edilir. Ayrıca toplumlarda artan çevre duyarlılığı sonucunda günümüzde gittikçe çevre kirliliği konuları gündeme gelmektedir. Su ürünleri yetiştiriciliğinde ortaya çıkan atıklar da daha yemlerin formülasyonu sırasında göz önünde bulundurulmalıdır. Bitkisel hammaddelerin kullanımı gündeme gelmesiyle birlikte bu hammaddelerin kullanılabilirliğinin artırılması ve çevreye en az atık sağlanması için yemlere enzim kullanımı kanatlı ve büyük baş hayvanların yemlerine yıllardan beri ticari olarak enzim ilavesi yapılmaktadır. Son 30 yılda balık yemlerine de enzim ilave edilmesi araştırılmaya başlanmış olup birçok çalışmada başarılı sonuçlar elde etmelere birlikte bu konu üzerinde çalışmaların devam etmesi gerek yem endüstrisi ve balık işletmeleri gerekse de çevre sorunlarına da çözümler bulunabilecektir (Spring ve ark., 1997; Kirk ve ark., 2002; Cavero, 2004; Cao ve ark., 2007; Classen ve Cooper, 2006).

Enzimler biyolojik sistemlerde kimyasal reaksiyonların gerçekleşmesinde görevli katalizörlerde. Oldukça kompleks moleküler yapıya sahip amino asit zincirlerinden oluşan enzimler sindirim sürecinde anahtar rol oynar. Endojen enzimler (canlıların kendileri

tarafından salgılanan enzimler), sindirim sisteminde canlılar ve/veya mikroorganizmalar tarafından üretilmesine rağmen, yemlerin bazı hammaddelerinde bulunan ve sindirilebilirliği zor veya sindirilebilirliği olmayan bileşikleri parçalamakta yetersiz kalır. Bu durum, özellikle yetiştiriciliği yapılan hayvanların verimliliğinde sorunlara neden olur. Bu nedenle, eksojen enzimler (canlıların kendileri tarafından salgılanmayan enzimler) yemlerin kullanılabilirliğinin arttırmak için yemlere ilave edilir. Yem katkısı olarak kullanılan enzimler büyük çaplı fermantasyon sürecinin sonucunda elde edilir (Kirk ve ark, 2002; Haefner ve ark, 2005).

Enzimler, protein yapılı olduğu için, aktivitesini etkileyen faktörler başlıca: sıcaklık, pH, substrat konsantrasyonu, ortamda bulunan iyonların konsantrasyonu ve inhibitörlerdir. Enzimler substrata göre etkinlik gösterirler ve her enzim sadece belirli reaksiyonda etkilidir (Palmer, 1991). Hayvan yemlerinde enzim kullanıldığında, enzimlerin etkinliğinde sadece yukarıda verilen faktörler değil aynı zamanda yemin kompozisyonu, hayvan türü ve yaşı gibi faktörler de enzimlerin etkinliğini değiştirebilmektedir (Classen ve Cooper, 2006).

Genel olarak, balık yeminde kullanılan enzimlerin başlıca kullanım amaçları: sindirilebilirliği arttırmak, anti-besinsel faktörleri parçalamak veya etkisiz hale getirmek, nişasta ve diğer polisakkaritleri kullanılabilir duruma getirmek, balıkların endojen enzim aktivitesini düzenlemek, dışkı atıklarından meydana gelebilecek çevresel etkileri azaltmaktır (Kirk ve ark., 2002; Cavero, 2004; Woodgate, 2004; Ogunkoya ve ark., 2006). Bu amaçlar doğrultusunda balık yemlerinde enzim ilavesi araştırmalarında başlıca hidrolaz grubunda bulunan fitaz, karbohidraz, proteaz ve lipaz enzimleri kullanılmıştır. Ogunkoya ve ark. (2006) gökkuşağı alabalıklarının soya bazlı yemlerine ksilanaz, amilaz, selülaz, proteaz ve β -glukanaz enzim karışımı ilave etmişler ve enzim karışımı ilavesiyle balıkların büyüme performansı etkilenmediğini ancak dışkı yapısı değiştiğinden yemlerin çevresel etkileri azaltılabileceğini önermişlerdir. Samuelsen ve ark. (2001) alabalık yemlerine lipaz enzimi ilavesinin sadece filetoada bulunan tekli doymamış yağ asidi miktarının artmasına neden olduğunu bulmuşlardır. Ancak fitaz enzimi ilavesinin bitkisel kaynaklı hammadde içeren balık yemlerinde birçok çalışmada önemli ölçüde besin sindirilebilirliğinin ve çevreye atılan fosfor miktarının daha az olduğu tespit edilmiştir. Günümüzde, özellikle yavru büyütme sırasında kullanılan balık yemlerine fitaz enzimi ilavesi yapılmaktadır.

2.4. Balık Yemlerinde Fitaz Enzimi Kullanımı

Fitaz enzimi doğal olarak birçok bitki, hayvan ve mikroorganizmalar tarafından salgılanmaktadır. Hayvanlarda fitaz enzimi salgılanması oldukça düşük seviyede ve hayvanlar bitkisel kaynaklı yemle beslendiğinde yetersiz kalmaktadır. Hububat ve baklagiller gibi bitkilerde bulunan fitaz enzimi 4,0-7,5 pH aralığında aktif ve genellikle 70°C üzerinde inaktif hale gelmektedir. Ticari öneme sahip fitaz enzimleri mikrobiyal fermantasyonla üretilmektedir. Fungal ve bakteriyel fitazlar daha geniş pH aralığında aktiftir ve fungal fitazların bazıları termostabildir. Fitazların ticari değeri firmadan firmaya ve konsantrasyonuna bağlı olarak kg başına 12,5-15 ABD Doları civarındadır (Cao ve ark., 2007).

Birçok çalışmada, bitkisel protein kaynağı olarak soya, kanola, buğday, bezelye, mısır ürünleri içeren yemlere fitaz ilavesiyle alabalık, somon, kanal yayın balığı, sazan ve tilapiada yemlerin mineral ve protein sindirilebilirliği arttığı gözlemlenmiştir (Vielma ve ark., 1998; Forster ve ark., 1999; Vielma ve ark., 2000; Liebert ve Portz, 2005). Ancak fitaz enzimleri balık yemi ekstrüzyonu sırasında uygulanan yüksek sıcaklıklara dayanıklı değil ve önemli ölçüde inaktif hale geldiğinden dolayı bitkisel kaynaklı hammaddelerin ekstrüzyon öncesi fitazla muamele edilmesi veya enzim ilavesi yem ekstrüzyonundan sonra uygulanması daha uygun olacağı önerilmiştir. Fitazla ön-işleme tabi tutulmuş soya bazlı yem veya ekstrüzyon sonrası fitazla spreylenecek yem, alabalık ve sazanda fosfor ve protein sindirilebilirliğini arttırdığı tespit edilmiştir (Vielma ve ark., 2002; Vielma ve ark., 2004; Nwanna ve ark., 2007). Yüksek oranda bitkisel kaynaklı hammaddeler içeren balık yemlerinde fitaz enzimi ilavesi, yemdeki P kullanılabilirliği, balık büyüme performansı, protein kullanılabilirliği ve Ca, Mg, Fe, Mn, Zn ve Cu gibi minerallerin de kullanılabilirliği üzerinde olumlu etkiler olduğu çeşitli çalışmalarda tespit edilmiştir.

Cain ve Garling (1995) yemde kullanılacak soya küspesini önceden fitazla muamele etmişler ve bu hammaddeyi gökkuşağı alabalıklarının yemlerine ilave etmişler ve yemde fosfor ilavesini kademeli olarak (% 0, % 25 ve % 100) düşürmüşlerdir. 20 haftalık besleme denemesinin sonunda fitaz uygulaması balıkların büyüme performansını etkilemediği, ancak yem dönüşüm oranının enzim ilavesiyle önemli oranda düştüğü bulunmuştur. Ayrıca fitazla muamele edilmiş soya küspesi yemlerinde fosfor takviyesinin düşürülmesiyle birlikte atıksudaki fosfor miktarının da önemli ölçüde düştüğü saptanmıştır. Sonuç olarak fitaz enzimi uygulaması özellikle yavru yetiştiren balık tesislerinde ortaya çıkan fosfor atık

miktarını azaltabileceği ve çevreye en az etki eden üretim teknikleri geliştirilmesinde katkı sağlayacağı savunulmuştur.

Storebakken ve ark. (1998) Atlantik somonunu (*Salmo salar*) fitazla muamele edilmiş soya protein konsantresi içeren yemlerle 12 hafta boyunca beslemişlerdir. Kontrol grubu olarak ise protein kaynağı olarak sadece balık unu içeren yem ve hiçbir önışleme tabii tutulmamış soya küspesi içeren yem hazırlanmıştır. Deneme sonunda hiçbir önışleme tabii tutulmamış soya küspesi içeren yemlerin balıklarda protein sindirilebilirliği ve yem dönüşüm oranı diğer yemlere göre negatif şekilde etkilendiği tespit edilmiştir. Ayrıca total vücutta bulunan Ca, Mg ve Zn düzeyi ve bu minerallerin sindirilebilirlik katsayısı işleme tabii tutulmayan yemlerle beslenen grupta diğer gruplara göre daha düşük olduğu saptanmıştır. Fitazla muamele edilen soya protein küspesinin protein oranı balık ununa eşdeğer olmasından dolayı avantajlı, ancak fitik asit gibi anti-besinsel maddeler içermesi karnivor balık beslenmesinde kullanımı sınırlı olmasının aşılması fitaz enzimiyle çözülebileceği önerilmiştir.

Oliva-Teles ve ark. (1998) farklı oranlarda fitaz içeren soya bazlı yemlerin levrek yavrularında büyüme performansı, vücut kompozisyonu ve sindirilebilirliğini araştırmışlardır. Soya içeren yemlere 1000 ve 2000 IU/kg fitaz ilavesiyle levrek yavrularında fosfor kullanılabilirliği sırasıyla % 71,5 ve 79,8 olduğu tespit edilmiştir.

Forster ve ark. (1999) yemsel proteinin % 59'unu kanola protein konsantresinden sağlanacak şekilde formüle edilmiş yemlere farklı oranlarda fitaz (0, 500, 1500 ve 4500 U/kg yem) ilave etmişlerdir. 12 haftalık besleme denesinin sonunda kanola protein konsantresinin ve fitaz enzimi ilavesinin alabalıkların spesifik büyüme oranının kontrol yemden farklı olmadığı bulunmuştur. Ancak en yüksek dozda fitaz ilave edilen yemlerin fosfor sindirilebilirliği diğer yemlere göre önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir. Bu bulgu, yemlere fitaz ilavesiyle balık yetiştiricilik işletmelerinin çevreye bıraktıkları fosfor oranını düşürülmesinde yararlı olacağını göstermiştir.

Papatryphon ve ark. (1999), çizgili levrekte, Riche ve ark. (2001) tilapiada fitaz enzimi ilavesi protein sindirilebilirliğine önemli etkisi olmadığını bildirmişlerdir.

Yan ve Reigh (2002) sadece bitiksel kaynaklı hammadde içeren yeme (soya küspesi, mısır ve buğday) farklı oranlarda fitaz ilave etmişler ancak mineral premiksinde fosfor ve çinko katmamış ve bu yemlerle kanal yayın balığını (*Ictalurus punctatus*) 14 hafta boyunca beslemişlerdir. Denemenin sonunda balık grupları arasında büyüme performansında hiçbir fark kaydedilmemiştir. Sindirilebilirlik denemesinde de fitaz enzimi ilave edilmesi

yemlerin protein sindirilebilirliğini etkilememiştir. Ancak 500 U / kg yem ve üstü oranında fitaz ilave edilmiş yemle beslenen balıkların kemiklerinde daha yüksek oranda kül, kalsiyum, fosfor ve mangan olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada fitaz enziminin ilave edilmesi bitkisel hammaddelerde bulunan minerallerin kullanılabilirliğini arttırdığından yeme bu minerallerin ilave edilmeyerek yem maliyetini düşürebileceği ve aynı zamanda bu minerallerin dışkıyla birlikte suya daha az oranda atılacağından balık çiftliklerinin de çevresel sorunların çözülmesine katkıda bulunacağı önerilmiştir.

Cheng ve Hardy (2002) arpa, kanola küspesi ve buğday içeren yemlere 500 U / kg yem ilave etmiş ve bu yemlerle beslenen alabalıkların besin sindirilebilirliğini araştırmışlardır. Fitaz etkinlik düzeyinin kullanılan bitkisel hammaddeye bağlı olduğu bulunmakla birlikte tüm hammaddelerde fitaz ilavesi Ca, Mg, Mn, total fosfor ve fitata bağlı olan fosfor ve gros enerji sindirilebilirliği üzerine olumlu etkisi olduğu bulunmuştur.

Sajjadi ve Carter (2004) Atlantik somon balıklarını kanola küspesi içeren ve fosfor ilaveli ve ilavesiz formüle eden yemlerle 12 hafta boyunca yemlemişlerdir. Fitaz ilavesinin balıkların yaşama oranı, yem alımı ve canlı ağırlık artışına hiçbir etkisi olmadığı bulunmuştur. Ancak fitaz ilaveli ve fosfor ilavesiz yemlerle beslenen balıklarda kemik kül miktarı, kemikteki fosfor miktarı ve fosfor sindirilebilirliği bakımından diğer gruplara göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Fitaz enzimi yemdeki fosfor kullanılabilirliğini arttırdığından balıkların fosfor ihtiyacının karşılanması için yeme fosfor ilavesinin yapılmasına gerek olmadığı ve çevreye bırakılan fosfor miktarı düşürüldüğünden balık yemlerinde bu enzimin uygulanması uygun olacağı önerilmiştir.

Vielma ve ark. (2004), alabalıkla yaptıkları araştırmada, fitaz enzimiyle spreyleneş ekstrüde yemler alabalıklarda fosfor sindirilebilirliğinin arttırdığını ancak büyüme performansına bir etkisi olmadığını tespit etmişlerdir. Aynı zamanda fitazla spreyleneş yemlerle beslenen balıkların dışkısında bulunan fitik asit miktarı fitaz oranının artmasıyla azalmıştır.

Liebert ve Portz (2005) Nil tilapia balıkları (*Oreochromis niloticus*) yemlerine farklı oranlarda iki farklı fitaz enzimi ilave edilen yemlerle 60 gün boyunca beslenmişler. Deneme sonunda bitkisel içerikli yemlere fitaz ilavesinin, büyüme, yem dönüşüm oranı, protein verimlilik oranı ve spesifik büyüme oranına önemli derecede olumlu etkisi olduğu bulunmuştur. Bunun yanı sıra fitaz ilavesi edilmesi enerji, protein ve fosfor kullanılabilirliğini önemli ölçüde arttırmıştır. Ayrıca, fitaz ilaveli yemle beslenen balıkların mineral kompozisyonu da önemli ölçüde artış göstermiştir. Sonuç olarak bitkisel içerikli

tilapia yemlerine fosfor katkısı yapılmadan fitaz ilavesi yemlerin kullanılabilirliği deneme sonunda belirlenmiştir.

Yoo ve ark. (2005) yavru Kore kaya balıkları (*Sebastes schlegeli*) için balık unu proteinin % 30 ve % 40'ının soya küspesinden sağlanacak şekilde ve farklı oranlarda fitaz enzimi (0, 1000 ve 2000 U / kg yem) içerecek şekilde yemler hazırlamışlar ve balıkları 8 hafta boyunca beslemişlerdir. Enzim uygulamasında ise iki farklı yöntem kullanılmıştır: yem yapımı esnasında enzim ilave edilmiş veya soya küspesi önceden fitazla muamele edilmiştir. Deneme sonunda fitaz uygulamasının canlı ağırlık artışına, total vücut kompozisyonuna, balık kanındaki hematokrit ve hemoglobin düzeylerini iyileştirmediği saptanmıştır. Ancak enzim ilavesi fosfor sindirilebilirliği önemli ölçüde arttırmıştır. 1000 U / kg yem konstantrasyonda fitazla muamele edilen % 30 soya küspesi içeren yemle beslenen balıkların ağırlık artışı kontrol yemle aynı olduğundan, yeme ilave edilecek bitkisel kaynaklı hammaddelerin fitazla ön-işleme tabii tutulması daha uygun olacağı önerilmiştir.

Denstadli ve ark. (2007) balık unu proteinin % 60 oranında soya protein konsantrisiyle ikame edilecek şekilde yem formüle etmişler ve bu yeme fitaz enzim ilavesini iki şekilde gerçekleştirmişlerdir: yem ekstrüzyonu sonrası yemin üzerine fitaz spreylemiş veya yemlerin üretilmeden önce bitkisel hammadde fitazla muamele edilmiştir. Hazırlanan deneme yemleri Atlantik somon balıklarının (*Salmo salar*) büyüme performansı üzerinde etkisi olmadığı bulunmuştur. Kül ve fosfor sindirilebilirliği özellikle Fitazla muamele edilen yemde diğer soya bazlı yemlere nazaran daha yüksek olduğu saptanmıştır. Balık unu içeren yemle beslenen balıkların total vücudundaki kül, P, Ca, Mg ve Zn soya protein konsantrisi içirene yemelere göre önemli derecede daha yüksek olduğu bulunmuştur. Mineral kullanılabilirliği açısından fitazla muamele edilen yem, fitazla spreylemiş yeme göre daha uygun olduğu belirlenmiştir. Bunun başlıca nedeni balıkların soğuk suda (8 °C) yetiştirilmesi olduğu düşünülmüş, çünkü mikrobiyal enzimlerin aktivitesi genellikle 25-50 °C civarındadır.

Biswas ve ark. (2007a) mercan balıkları (*Pagrus major*) için soya küspesi içeren yemlere en uygun fitaz konsantrasyonunu belirlemek için 6 adet yem hazırlamışlardır: kontrol yemi (% 60 balık unu), ve 0, 1000, 2000, 3000 ve 4000 U /kg yem fitaz ilaveli, % 40 balık unu ve % 30 soya küspesi içeren yemler. 6 haftalık besleme denemesi sonunda balıkların büyüme performansı kg yem başına 2000 U fitaz içeren yem ile kontrol yem kadar iyi olduğu bulunmuştur. 2000 U / kg yem fitaz içeren yemle beslenen balıkların dışkıyla birlikte suya bıraktıkları fosfor miktarı ise tüm grupların arasında en düşük olduğu

bulunmuştur. Sonuç olarak bu konsantrasyonun mercan balıkları için soya küspesi içeren yemlerde en uygun olduğu belirlenmiştir.

Biswas ve ark. (2007b), soya küspesi içeren yemlere lizin ve/veya fitaz ilavesinin karideslerde (*Penaeus monodon*) büyüme performansı, vücut kompozisyonu ve yağ asidi profiline olan etkilerini araştırmışlardır. Lizin ilavesinin büyüme performansı ve yem dönüşüm oranına önemli ölçüde olumlu etkisi olurken, fitaz ilavesinin büyümeye etkisi olmadığı saptanmıştır. Ancak fitaz ilaveli yemlerle beslenen karideslerde fosfor boşaltımı önemli oranda azaldığı görülmüştür. Lizin ve fitaz enzimi ilavesinin ise sadece kapalı devre sisteminde azot ve fosfor yükünü düşürmekle kalmamış aynı zamanda önemli ölçüde yağ asidi profilini de değiştirdiği tespit edilmiştir.

Sardar ve ark. (2007), soya proteini ve fitaz enzimi içeren yemlerin sazan (*Cyprinus carpio*) yavrularında büyüme performansı, nutrient kullanımı, vücut kompozisyonu ve hematolojik parametrelerini olumlu yönde etkilediğini bulmuşlardır. Bu çalışmada 500 U/kg yem düzeyinde fitaz enzimi ilavesinin kan parametrelerinden hemoglobin, hematokrit, plasma glukozu ve total protein gibi kan parametrelerinin diğer yemlerle beslenen balıklarla karşılaştırıldığında daha yüksek olmasını sağlamıştır. Ayrıca fitaz enzimi ilavesi yem alımı, ağırlık artışı ve yem dönüşüm oranı gibi parametrelerin üzerinde olumlu etki yarattığı ve yemde bulunan dikalsiyum fosfat, iz element ve lizin ve metionin ilavesinin balıklara olumsuz etkisi olmadan kaldırılabilceği bulunmuştur.

Nwanna ve ark. (2008) sazan balıkları (*Cyprinus carpio*) için balık unu, soya proteini, bezelye, buğday ve mısır içeren 5 deneme yemi hazırlamışlardır: kontrol yem (hiçbir katkı içermeyen), % 0,28 fosfor içeren yem ve 500, 750 ve 1000 U / kg yem fitaz içeren yemler. 126 günlük belseme denemesinin sonunda fitaz enzimi uygulamasının balıklarda hiçbir olumlu etki yaratmadığı belirlenmiştir. Fosfor katkılı yemle beslenen balıklarda diğer yemlerle beslenenlere göre en iyi büyüme performansı ve besin sindirilebilirliği oranı bulunmuştur.

Ayhan ve ark. (2008) çipura (*Sparus aurata*) yemlerine % 40 soya küspesi ve farklı enzimler ilave etmişlerdir: proteaz; selülaz, ksizalanaz ve endoglukanaz karışımı ve fitaz. 12 haftalık besleme denemesi sonunda gruplar arası ağırlık artışı ve spesifik büyüme oranında hiçbir fark bulunmamıştır. Ancak proteaz ve fitaz içeren yemlerle beslenen balıkların enzim içermeyen kontrol yemle beslenen balıklara göre yem değerlendirmesi daha iyi olduğu bulunmuştur. En yüksek azot sindirilebilirlik oranı ise proteaz içeren yemle beslenen balıklarda kaydedilmiştir. Sonuç olarak yemlere farklı enzimlerin ilave

edilmesi bitiksel kaynaklı yemlerin değerlendirilmesini olumlu yönde etkileyeceği önerilmiştir.

Baruah ve ark. (2009) yavru rohu balıkları (*Labeo rohita*) için suboptimal protein oranı (% 25) ve optimal protein oranı (% 35) içeren ve % 3 sitrik asit ve 500 U / kg yem fitaz içeren yemlerin hazırlamışlar ve bu yemlerin balıkların hematolojik ve immünolojik parametrelerin üzerindeki etkisini araştırmışlardır. % 25 protein, sitrik asit ve fitaz içeren yemlerle beslenen balıkların % 35 protein içeren yemlerle beslenenlere göre immünolojisi daha iyi olduğu saptanmıştır. Aynı balıkta daha önceki çalışmalarda ise sitrik asit ve fitaz enzimi ilavesinin ağırlık artışı, spesifik büyüme oranı, protein verimlilik oranı, besin sindirilebilirliği gibi parametrelere olumlu etki sağladığı tespit edilmiştir (Baruah ve ark., 2007a; Baruah ve ark., 2007b).

Wang ve ark. (2009) soya küspesi içeren farklı şekilde ve farklı konsantrasyonlarda (0-3000 U / kg yem) fitaz enzimi uygulamasının (fitazların hazır yemlerin üzerine püskürtülmesi ve yemlerin yem yapımı öncesi soya küspesine uygulanmasının) gökkuşağı alabalıkları üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Bu çalışmada soya içeren yemlere fitaz enziminin püskürtülmesi yem dönüşüm oranı, protein verimlilik oran ve protein ve mineral (Ca, P, Cu, Fe, Zn, Mn ve Mg) sindirilebilirliği üzerine pozitif etkisi olduğu ancak bulunmuştur. Ancak farklı şekillerde fitaz enzimi uygulamasının yağ sindirilebilirliğini önemli ölçüde olumsuz etkilemiştir. Yapılan araştırmada, hazır yemin üzerine püskürtülmesi için optimal fitaz enzimi miktarının 2000-3000 U / kg yem; yem yapımı öncesi soya küspesine uygulanması için ise 1000 U / kg yem yeterli olacağı sonucuna varılmıştır. Yem maliyeti söz konusu olduğunda yem üretim öncesi soya küspesinin fitazla muamele edilmesi daha uygun olacağı önerilmiştir.

Yapılan araştırmaların önemli kısmında balık yemlerine fitaz enzimi ilavesinin balıkların besin sindirilebilirliği ve büyüme parametrelerine olumlu etki ettiği hatta bazı immünolojik parametreleri de iyileştirdiği tespit edilmiştir. Fitaz enziminin etkili sonuç vermesi yemlerin kompozisyonu (protein, mineral, diğer katkıları, pH gibi), yemlere uygulanan ısıl işlemler, yeme fitaz enziminin uygulanma şekli, balık türü ve yaşı, balıkların yetiştirildiği ortam gibi parametrelere bağlıdır. Yemlere fitaz uygulanmasıyla birlikte sadece yemlere daha yüksek oranda bitiksel hammadde kullanımı sağlanmayacak aynı zamanda daha az atık ve dolayısıyla çevreye daha az oranda nutrient bırakan yem rasyonları hazırlanması sağlanacaktır (Bureau ve Hua, 2010).

BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Deneme Yeri

Bu tez kapsamında planlanan 2 besleme denemesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Dardanos Yerleşkesi Su Ürünleri Araştırma Ünitesinde kurulan kapalı devre sisteminde yürütülmüştür. Denemeler 75 litre su kapasitesi olan cam akvaryumlarda yapılmıştır.

3.1.1. Yarı-Kapalı Devre Deniz Suyu Sistemi

Cam akvaryumlardan oluşan kapalı devre sistemi ÇOMÜ Dardanos Yerleşkesi Su Ürünleri Araştırma Ünitesinde kurulmuştur (Şekil 6). Ünitenin kurulduğu oda kaloriferli ve klimalı olup, sıcaklık değişimleri en aza indirilmesi mümkün hale getirilmiştir. Yarı-kapalı devre sistemine taze deniz suyu 50 metre uzakta kurulu olan açık devre deniz sisteminden sağlanmaktadır. Levrek yavrularının yetiştirilmesi için kullanılacak tanklar 45x50x50 cam akvaryum olup 75 litre kapasitelidir.



Şekil 6. Dardanos Yerleşkesi Su Ürünleri Araştırma Ünitesi kapalı devre sistemi

Denemelerin yürütüldüğü yarı-kapalı deniz suyu devre sisteminin çalışma prensibi aşağıda özetlenmiştir:

Sisteme gelen su motor aracılığıyla sağlanmaktadır. Taze deniz suyu, ana tankta (samp) bulunan su pompası aracılığıyla akvaryumlara ulaşmaktadır. Akvaryumlardan çıkan su dışkı gibi atıklarla birlikte kendi cazibesıyla kaba filtreden geçerek tekrar sampa gelmektedir. Kaba filtrasyondan geçen atık su motor yardımıyla protein ayırıcıya (protein skimmer) gönderilmekte ve burada partikül boyutu 40 µm olan parçacıklar ayrılmaktadır. Protein ayırıcıda kirli su püskürtülerek köpük oluşması sağlanmakta ve böylelikle partikül boyutu küçük ve kaba filtreden geçen atıkların ayrıştırılması sağlanarak cihazın kirli atık haznesinde toplanmaktadır. Protein ayırıcının atık haznesi dolum oranına bağlı olarak 2-3 günde bir temizlenmektedir. Protein ayırıcıdan çıkan su mavi biyolojik süngerden süzülerek bioball olan tanka dökülmekte ve oradan da sampa tekrar geri dönmektedir. Biobalların kullanımıyla nitrifikasyonda görev alan bakterilerin gelişmesi için geniş yüzey alanı sağlanarak suda kalan ve çözünmüş halde olan amonyak, nitrit ve nitratın indirgenerek balıklar için optimal düzeye düşürülmesi sağlanmaktadır. Sampta bulunan su pompasının yardımıyla, kısmi arıtmaya tabii tutulan deniz suyu, UV lambası olan dezenfeksiyon ünitesinden geçirilip tekrar tanklara verilmektedir. Su akış hızı her akvaryumda 2 lt/dk olarak ayarlanmıştır. Böylece her tankta yaklaşık olarak saatte 1,6 defa su değişimi gerçekleşmektedir.

Kapalı devre sistemindeki biyolojik filtrasyonun sağlanması için, balıklar getirilmeden önce kapalı devre sistemi 2 ay boyunca çalıştırılmıştır. Bu süre esnasında su kalitesi parametrelerinin takibi yapılmış olup, balıklar için de uygun olan koşullar sağlanarak ve Çizelge 6'da verilen sabit koşullara ulaşılmıştır.

Çizelge 6. Kapalı devre sisteminde su kalitesi parametreleri

Parametre	Değer Aralıkları
Su sıcaklığı (°C)	19-20
Çözünmüş Oksijen (mg/l)	7,5-8,0
pH	7,6-8,2
Tuzluluk (‰)	29-31
N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,1
N-NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,1
N-NO ₃ ⁻ (mg/l)	0,1
PO ₄ ⁻³ (mg/l)	-

3.2. Deneme Balıkları

Denemelerde kullanılan levrekler (*Dicentrarchus labrax* Linneaus, 1758), Çanakkale ili Lapseki ilçesinde bulunan İda Gıda A.Ş.'den temin edilmiştir. Balıkların Lapseki'de bulunan işletmeden deneme için hazırlanan yarı-kapalı devre deniz suyu sistemine transferi, koyu renkli tankta ve oksijen tüpü aracılığıyla oksijen verilerek gerçekleştirilmiştir. Balıklar, yeni ortamdaki su sıcaklığı ve tuzluluğa dikkat edilerek kademeli olarak adapte edilmiş ve daha sonra kapalı devre sistemine aktarılmıştır. Besleme denemesi başlamadan önce, 2 haftalık adaptasyon süresi sırasında balıklar ticari yemle (BioAqua, Çamlı Yem Besicilik San. ve Tic. A.Ş., 1 mm, ham protein: % 53, ham yağ: % 13) ile günde 3 kez doyana kadar yemlenmişlerdir.

3.3. Denemelerin Planlanması

Deneme akvaryumlarının pozisyon etkisini en aza indirmek için deneme gruplarının yerleşimi rassal olarak yapılmıştır. Birinci besleme denemesinde, bir kontrol

yemi (**K**) ve balık unundan gelen proteinin % 10'u (**K10**: kanola 10), % 20'si (**K20**: kanola 20), % 30'u (**K30**: kanola 30) ve % 40'ı (**K40**: kanola 40) oranında yem rasyonuna kanola küspesi ilave edilerek hazırlanan 5 farklı yem kullanılmıştır. İkinci denemede ise, birinci denemede hazırlanan 5 yeme 1500 U fitaz / kg yem oranında fitaz enzimi ilave edilmiştir. Fitaz içeren yemler **K+F** (kontrol yem ve fitaz), **K10+F** (kanola 10 ve fitaz), **K20+F** (kanola 20 ve fitaz), **K30+F** (kanola 30 ve fitaz) ve **K40+F** (kanola 40 ve fitaz) olarak isimlendirilmiştir. Yem sindirilebilirliğinin belirlenebilmesi için besleme denemelerinin dördüncü haftasından itibaren, balık dışkıları sifonlanarak günlük olarak toplanmıştır. Birinci besleme ve sindirilebilirlik denemesi için 3 tekerrür, ikinci besleme ve sindirilebilirlik denemesi için ise 2 tekerrür yapılmıştır. Birinci denemede başlangıç ağırlığı 1,88 gram olan yavru levrekler, ikinci denemede ise başlangıç ağırlığı 9,7 gram olan balıklar kullanılmıştır. Her iki denemde de balıklar günde 3 kez (08:00, 12:00 ve 16:30) doyana kadar el ile 8 hafta boyunca yemlenmişler ve yem tüketim miktarları günlük olarak kaydedilmiştir. Her tankta 30 adet balık rastgele konulmuş olup, her deneme yemi için 3 tank kullanılmıştır. İkinci denemede ortalama balık ağırlığı 9,7 gr olan balıklar 2 tekerrürlü olarak rastgele tanklara yerleştirilmiş ve yine balıklar günde 3 kez (8:00, 12:00, 16:30) doyana kadar elle 8 hafta boyunca yemlenmiştir. İki besleme ve sindirilebilirlik denemesi için, 10 saat gün (7:00'den 17:00'ye kadar) / 14 saat gece olarak fotoperyot uygulanmıştır. Her iki denemede de balıkların başlangıç ve ara tartımları biomas olarak ölçülmüş, son tartımlarda ise balıkların ağırlığı tek tek kaydedilmiştir.

3.4. Deneme Yemleri

Deneme yemlerinde balık unu, kanola küspesi, mısır gluteni, mısır nişastası, balık yağı, vitamin ve mineral premiksleri, bağlayıcı ve fitaz enzimi kullanılmıştır. Balık unu (hamsi, menşei: Karadeniz bölgesi), balık yağı (hamsi, menşei: Karadeniz bölgesi), bağlayıcı (guar gam), vitamin ve mineral premiksleri Agromarin Yem San. ve Tic. A.Ş. (İzmir, Türkiye)'den; mısır gluteni ve nişastası Cargill Tarım ve Gıda San. Tic. A.Ş. (İstanbul, Türkiye)'den, kanola küspesi ise Altınyag Kombinaları A.Ş. (İzmir, Türkiye)'den temin edilmiştir. İkinci denemede kullanılacak fitaz enzimi (Ronozyme NP, DSM Nutritional Products Ltd.) DSM Besin Maddeleri Ltd. Şti. (İstanbul, Türkiye)'den alınmıştır. Deneme yemlerinde kullanılan hammaddelerin kimyasal kompozisyonu Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7. Deneme yemlerinde kullanılan hammaddelerin kimyasal içeriği

	Balık Unu	Kanola Küspesi	Mısır gluteni	Mısır Nişastası
Kuru madde (%)	91,65	91,19	88,97	92,05
Protein (% , KM)	67,1	41,52	64,8	0,5
Ham yağ (% , KM)	10,02	2,41	1,6	-
Ham kül (% , KM)	19,02	7,46	2,9	1,3
Ham Lif (% , KM)	-	8,56	-	-
NÖM* (% , KM)	-	40,05	-	-

*NÖM: Nitrojensiz Öz Madde = 100- (Protein + Yağ + Kül + Lif)

Deneme yemleri Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Dardanos Yerleşkesi Su Ürünleri Araştırma Ünitesinde bulunan Balık Besleme ve Yem Laboratuvarında yapılmıştır. Hammadde analiz sonuçları doğrultusunda levrek balıklarının ihtiyaçlarını karşılayacak besin değerine sahip yem formülasyonu hazırlanmıştır. Levrek yavrularının ihtiyacını karşılayacak % 50 protein ve % 15 yağ içeren azot ve kalori düzeyi aynı olan yem rasyonları tasarlanmıştır. Kontrol yeminde balık unu proteinin % 10, % 20, % 30 ve % 40'ını karşılayacak şekilde yemlere kanola küspesi ilave edilmiştir (Çizelge 8).

Çizelge 8. Besleme denemesi I için hazırlanan yemlerin içeriği

	K	K10	K20	K30	K40
Balık Unu ¹	62,0	56,0	50,0	44,0	37,2
Kanola Küspesi ²	-	10,0	19,0	29,0	38,0
Mısır Gluteni ³	13,0	13,0	12,5	12,5	12,8
Mısır Nişastası ³	14,2	10,2	7,2	3,2	0,0
Balık Yağı ⁴	8,8	8,8	9,3	9,3	10,0
Vitamin Premiksi ⁵	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Mineral Premiksi ⁶	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Bağlayıcı (guar gam) ⁷	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Yem Hammadde Maliyeti ⁸	1,427	1,325	1,230	1,128	1,030

¹Hamsi balık unu, Agromarin Yem San. ve Tic. A.Ş.

²Altınyag Kombineoları A.Ş.

³Cargill Tarım ve Gıda San. Tic. A.Ş.

⁴Hamsi balık yağı, Agromarin Yem San. ve Tic. A.Ş.

⁵Vitamin Premiksi: Vitamin A, 18000 IU/kg yem; Vitamin D₃, 2000 IU/kg yem; Vitamin E, 35 mg/kg yem; Vitamin C, 50 mg/kg yem; Tiamin, 15 mg/kg yem; Riboflavin, 25 mg/kg yem; Kalsiyum pantotenat, 50 mg/kg yem; Nikotinik asit, 200 mg/kg yem; Piridoksin, 5 mg/kg yem; Folik asit, 10 mg/kg yem, Kobalamin, 0,02 mg/kg yem; Biotin, 1,5 mg/kg yem; İnositol, 400 mg/kg yem

⁶Mineral Premiksi (gr/kg yem): kalsiyum karbonat, 1,12; sodyum klorür, 5,60; potasyum sülfat, 7,5; magnezyum sülfat, 3,75; demir sülfat, 2,60; mangan sülfat, 0,11; çinko sülfat, 0,21; bakır sülfat, 0,06; kobalt klorür, 0,01; sodyum selenit, 0,0001

⁷Agromarin Yem San. ve Tic. A.Ş.

⁸Yem hammadde maliyeti Bölüm 3.11'de verilen bilgiler doğrultusunda hesaplanmıştır.

Yem yapımına başlanmadan önce bütün hammaddeler ayrı ayrı elenmiş ve öğütülmüştür. Öğütme sonrası hammaddeler mesh No: 40 olan elekten elenmiştir (Partikül boyutu: 420 mikron). Kuru hammaddeler (balık unu, kanola unu, mısır gluteni, mısır nişastası, vitamin premiksi, mineral premiksi ve bağlayıcı) önce laboratuvar tipi karıştırıcıda homojen hale gelinceye kadar karıştırılmış, daha sonra ise balık yağı yavaş yavaş ilave edilmiş ve istenilen yapı sağlanıncaya kadar su ilave edilmiştir. Hazırlanan homojen karışım, laboratuvar tipi motorlu kıyma makinesinden geçirilerek balık ağız büyüklüğüne uygun olacak şekilde pelet yemler (yem çapı: 1,5 mm) üretilmiştir. Elde edilen peletler 40 °C'lik kurutma kabininde yemlerin nemi % 10 - % 12'ye gelinceye kadar 10-12 saat boyunca kurutulmuştur. Kurutulan yemler oda sıcaklığına kadar soğuduktan sonra elenmiştir. Elenen deneme yemleri daha sonra kilitli polietilen poşetlere konulup besleme denemeleri başlayıncaya kadar -20 °C'de saklanmıştır. Hazırlanan yem rasyonlarının kimyasal kompozisyonu Çizelge 9'da verilmiştir. Çizelge 10'da ise yemlerin amino asit kompozisyonu verilmiştir.

Çizelge 9. Besleme denemesi I'de kullanılan yemlerin kimyasal kompozisyonu

	K	K10	K20	K30	K40
Kuru madde (%)	87,77	91,52	93,46	88,17	91,85
Protein (% , KM ¹)	50,54	50,67	50,11	50,69	50,26
Ham yağ (% , KM)	15,21	14,92	15,12	15,08	14,79
Ham Kül (% , KM)	14,65	14,04	14,96	13,05	13,37
Ham Lif (% , KM)	0,09	0,81	1,48	2,06	2,51
NÖM (% , KM) ²	19,51	19,56	18,33	19,12	19,07
Toplam Fosfor (gr/kg, KM)	12,77	10,29	8,04	7,65	6,52
Fitata Bağlı Fosfor(gr/kg, KM)	0,03	0,21	0,33	0,69	2,03
Enerji (kJ/gr)	21,34	21,27	21,00	21,26	21,03
P / E ³	23,68	23,83	23,86	23,84	23,89

¹KM: Kuru madde

²Nitrojensiz Öz Madde

³P / E: Proteinin enerjiye olan oranı (mg protein / kJ enerji).

**Çizelge 10. Besleme denemesi I'de kullanılan yemlerin amino asit kompozisyonu (%
KM)**

	K	K10	K20	K30	K40
<i>Esansiyel Amino Asitler</i>					
Treonin	1,69	1,68	1,65	1,61	1,87
Metionin	1,60	1,39	1,31	1,26	1,29
İzolösin	2,82	2,54	2,33	2,41	2,60
Lösin	4,15	3,83	3,63	3,71	3,97
Lizin	2,02	1,91	1,86	1,94	1,72
Valin	3,14	2,82	3,04	2,73	3,04
Fenilalanin	2,11	1,96	1,71	1,93	1,94
Histidin	0,98	0,83	0,82	0,90	0,89
<i>Esansiyel Olmayan Amino Asitler</i>					
Alanin	3,06	2,86	2,66	2,51	2,76
Glisin	2,93	2,62	2,41	2,34	2,57
Serin	1,17	1,33	1,48	1,35	1,70
Prolin	3,02	2,75	2,70	2,72	3,23
Aspartik asit	6,88	6,00	7,11	4,91	5,41
Glutamik asit	7,11	7,26	7,32	6,56	8,53
Glutamin	5,15	3,23	4,91	1,15	1,91
Sistin	0,39	0,30	0,51	0,50	0,55
Tirozin	1,24	1,06	1,01	1,18	1,39

İkinci denemenin yemleri birinci denemedeki yemlerle aynı şekilde formüle edilmiş olup, fitaz içeren yemler de Wang ve ark. (2009)'a göre hazırlanmıştır. 5 deneme yemlerinin üzerine 1500 U / kg yem olacak şekilde fitaz spreyleneştir. Öncelikle toz halindeki fitaz 50m M sitrat tampon (pH 6,0) çözeltisinde çözündürülmüş ve yemlerin üzerine püskürtülmüştür. Daha sonra fitaz katkılı yemler 40 °C'lik kurutma kabininde kurutulmuştur. Fitaz içeren yemler besleme denemesi öncesinde hazırlanmıştır. Deneme II'de kullanılan yemlerin formülasyonu Çizelge 11'de, kimyasal kompozisyonu Çizelge 12'de ve mineral kompozisyonu ise Çizelge 13'te verilmiştir.

Çizelge 11. Besleme denemesi II için hazırlanan yemlerin içeriği

	K	K10	K20	K30	K40	K+F	K10+F	K20+F	K30+F	K40+F
Balık Unu ¹	62,0	56,0	50,0	44,0	37,2	62,0	56,0	50,0	44,0	37,2
Kanola Küspesi ²	-	10,0	19,0	29,0	38,0	-	10,0	19,0	29,0	38,0
Mısır Gluteni ³	13,0	13,0	12,5	12,5	12,8	13,0	13,0	12,5	12,5	12,8
Mısır Nişastası ³	14,2	10,2	7,2	3,2	0,0	14,2	10,2	7,2	3,2	0,0
Balık Yağı ⁴	8,8	8,8	9,3	9,3	10,0	8,8	8,8	9,3	9,3	10,0
Vitamin Premiksi ⁵	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Mineral Premiksi ⁶	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Bağlayıcı (guar gam) ⁷	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Fitaz (U/kg yem) ⁸	0	0	0	0	0	1500	1500	1500	1500	1500
Yem Hammadde Maliyeti ⁹	1,427	1,325	1,230	1,128	1,030	1,428	1,327	1,231	1,129	1,032

¹Hamsi balık unu, Agromarin Yem San. ve Tic. A.Ş.

²Altıyağ Kombinaları A.Ş.

³Cargill Tarım ve Gıda San. Tic. A.Ş.

⁴Hamsi balık yağı, Agromarin Yem San. ve Tic. A.Ş.

⁵Vitamin Premiksi: Vitamin A, 18000 IU/kg yem; Vitamin D₃, 2000 IU/kg yem; Vitamin E, 35 mg/kg yem; Vitamin C, 50 mg/kg yem; Tiamin, 15 mg/kg yem; Riboflavin, 25 mg/kg yem; Kalsiyum pantotenat, 50 mg/kg yem; Nikotinik asit, 200 mg/kg yem; Piridoksin, 5 mg/kg yem; Folik asit, 10 mg/kg yem, Kobalamin, 0,02 mg/kg yem; Biotin, 1,5 mg/kg yem; İnositol, 400 mg/kg yem

⁶Mineral Premiksi (g/kg yem): kalsiyum karbonat, 1,12; sodyum klorür, 5,60; potasyum sülfat, 7,5; magnezyum sülfat, 3,75; demir sülfat, 2,60; mangan sülfat, 0,11; çinko sülfat, 0,21; bakır sülfat, 0,06; kobalt klorür, 0,01; sodyum selenit, 0,0001

⁷Agromarin Yem San. ve Tic. A.Ş.

⁸Ronozyme NP, DSM Nutritional Products Ltd.

⁹Yem hammadde maliyeti Bölüm 3.11’de verilen bilgiler doğrultusunda hesaplanmıştır.

Çizelge 12. Besleme denemesi II’de kullanılan yemlerin kimyasal kompozisyonu

	K	K10	K20	K30	K40	K+F	K10+F	K20+F	K30+F	K40+F
Kuru madde (%)	87,77	91,52	93,46	88,17	91,85	89,23	90,76	93,21	89,21	92,18
Protein (% , KM ¹)	50,54	50,67	50,11	50,69	50,26	51,38	50,25	49,98	51,29	50,44
Ham yağ (% , KM)	15,21	14,92	15,12	15,08	14,79	15,46	14,80	15,08	15,26	14,84
Ham Kül (% , KM)	14,65	14,04	14,96	13,05	13,37	14,89	13,92	14,92	13,20	13,42
Ham Lif (% , KM)	0,09	0,81	1,48	2,06	2,51	0,09	0,80	1,48	2,08	2,52
NÖM (% , KM)	19,51	19,56	18,33	19,12	19,07	19,83	19,40	18,28	19,35	19,14
Enerji (kJ/gr) ²	21,34	21,27	21,00	21,26	21,03	21,69	21,09	20,94	21,51	21,11
P / E ³	23,68	23,83	23,86	23,84	23,89	24,07	23,63	23,80	24,12	23,98

¹KM: Kuru madde

²Enerjinin hesaplanmasında kullanılan katsayılar: Protein: 23,7 kJ/gr; Yağ: 39,5 kJ/gr; Karbonhidrat: 17,2 kJ/gr

³P / E: Proteinin enerjiye olan oranı (mg protein / kJ enerji).

Çizelge 13. Besleme denemesi II’de kullanılan yemlerin mineral kompozisyonu

	K	K10	K20	K30	K40	K+F	K10+F	K20+F	K30+F	K40+F
P (gr/kg KM)	12,51	10,08	7,88	7,50	6,39	12,72	10,00	7,86	7,59	6,41
Ca (gr/kg KM)	88,03	73,35	61,29	54,10	46,71	89,49	72,74	61,13	54,74	46,88
Mg (gr/kg KM)	15,86	16,75	16,15	16,33	16,54	16,12	16,61	16,11	16,52	16,60
Na (gr/kg KM)	29,14	39,99	50,72	55,54	60,67	29,62	39,66	50,58	56,20	60,89
K (gr/kg KM)	1,40	1,76	2,40	2,69	2,96	1,42	1,75	2,39	2,72	2,97
Fe (mg/kg KM)	1239,25	824,25	345,34	584,94	563,67	1259,86	822,39	344,42	591,84	565,70
Cu (mg/kg KM)	75,92	73,63	65,46	58,37	57,28	77,18	73,02	65,28	59,06	57,49
Zn (mg/kg KM)	38,19	33,95	32,61	34,62	29,27	38,83	33,67	32,52	35,03	29,38

3.5. Örneklem ve Analiz Yöntemleri

Deneme yemlerinde kullanılan hammaddeler, deneme yemleri, başlangıçtaki balık örnekleri ve besleme denemelerinin sonunda örneklenen balık örnekleri, kimyasal analizleri yapıncaya kadar -20 °C’de saklanmıştır. Tüm balık örneklemelerinde, balıklar 2-phenoxyethanol ile bayıltılarak hayvan çalışmaları etik kurallarına uygun olarak öldürülmüştür. Birinci denemenin başında 30 adet balık rastgele örneklenmiştir. Deneme sonunda ise her tanktan 15’er adet balık örneği alınmıştır. Balıkların total boyları balık ölçüm tahtası ile ölçülmüş ve balıklar kilitli polietilen poşetlere yerleştirilerek -20 °C’de analizleri yapıncaya kadar saklanmıştır. İkinci denemenin başında 15 adet balık örneklenmiş, sonunda ise her tanktan 5’er adet balık örneklenmiş ve kilitli polietilen poşetlere yerleştirilerek -20 °C’de saklanmıştır. Örneklenen balıkların total ağırlık, iç organ ve karaciğer ağırlıkları 4 haneli hassas terazi kullanılarak ölçülmüştür.

Yem hammaddeleri, deneme yemleri, deneme başında ve sonunda örneklenen balıkların kimyasal içeriği Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi bünyesinde kurulu Yem ve Gıda Analiz Laboratuvarında standart yöntemlere (AOAC, 2000) göre belirlenmiştir. Hematolojik parametrelerin incelenmesi için uygulanan örneklem yöntemi Bölüm 3.8.1’de açıklanmıştır.

3.6. Hammadde, Yem ve Balıkların Kimyasal Analizleri

3.6.1. Nem Tayini

Örneklerin nem miktarı AOAC (2000)’ye göre belirlenmiştir. Nemi belirlenecek madde tartılıp, önceden sabit ağırlığa getirilmiş ve darası alınmış kaba konulmuş ve etüvde sabit ağırlığa gelene kadar 105 °C de kurutulmuştur. Örneklerin nem yüzdesi aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$\text{Nem (\%)} = \left[\frac{(\text{Kuru örnek ağırlığı (gr)} - \text{Yaş Örnek Ağırlığı (gr)})}{\text{Yaş Örnek Ağırlığı (gr)}} \right] \times 100$$

3.6.2. Ham Protein Tayini

Örneklerin protein içeriği Kjeldahl metodu ile belirlenmiştir (AOAC, 2000). Sindirim tüpleri içerisine yaklaşık olarak 500 mg kuru materyal, 1 adet Kjeldahl katalizör tableti (3 g K₂SO₄, 105 mg CuSO₄.5H₂O ve 105 mg TiO₂) ve 15 ml sülfürik asit (H₂SO₄) konulmuştur. Daha sonra tüpler, sindirim ünitesine konularak ilk önce 250 °C de 30 dakika ardından da 380 °C de 75 dakika yakılmıştır. Örnekler soğuduktan sonra, Gerhardt distilasyon ünitesinde distile su ve % 40'lık sodyum hidroksit (NaOH) çözeltisi ile nötralize edilmiştir. Örneklerdeki inorganik amonyum 25 ml doymuş orthoborik asit çözeltisine (metilen kırmızısı ve brom kresol ilave edilmiş) örneklerdeki inorganik amonyum toplanmıştır. Toplanan çözelti 0,1 M hidroklorik asit (HCl) ile titre edilmiştir. Kuru örneklerdeki protein miktarı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Ham Protein} = [\text{titrasyonda harcanan miktar (ml)} - \text{kör örnek (ml)}] \times 0,1 \times 14,007 \times 6,25 / \text{örnek ağırlığı (gr)} \times 100$$

3.6.3. Ham Yağ Tayini

Yem örneklerinin toplam yağ içeriği Soxhlet ekstraksiyon yöntemiyle belirlenmiştir (AOAC, 2000). Soxhlet ekstrasyonunda, yaklaşık olarak 3 gram kuru madde tartılmış ve aletin ayrıştırıcı kısmına yerleştirilmiştir. Örnekteki ham yağ, 130 ml petrol eteri ile sifonlama işlemine tabii tutularak petrol eteri önceden sabit ağırlığa getirilmiş ve darası alınmış yağ balonunda toplanmıştır. Ham yağ tamamen yağ balonunda toplandıktan sonra ve fazla eter alındıktan sonra, yağ balonunda bulunan fazla çözücü buharlaşma yoluyla uzaklaştırılmıştır. Yağ balonunun ağırlık değişimi örneğin yağ içeriğini orantılı olarak verir. Kuru maddedeki yağ oranı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Ham Yağ} = \text{Yağ balonunda biriken yağ miktarı (gr)} / \text{Örnek ağırlığı (gr)} \times 100$$

3.6.4. Kül Tayini

Hammadde ve yem örneklerinin içerdiği kül miktarı AOCS (1998)'ye göre belirlenmiştir. Yaklaşık olarak 500 mg (sabit ağırlığa getirilmiş) kuru örnek önceden sabit ağırlığa getirilen ve darası alınmış olan porselen krozeze konulmuş ve kül fırınında 525

°C'de 8 saat boyunca yakma işlemine tabii tutulmuştur. Yakma işleminden sonra desikatöre alınan krozeler tartılacak ve miktar kaydedilmiştir. Örneklerin kül miktarı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Ham Kül Miktarı} = \text{Porselen Krozenin Ağırlık Değişimi (gr)} / \text{Örnek Ağırlığı (gr)} \times 100$$

3.6.5. Ham Lif Tayini

Hammadde ve yem örneklerinin içerdiği ham lif miktarı AOAC (2000)'ye göre belirlenmiştir. Yağı alınmış ve kurutulmuş örnek 100 ml % 1,25'lik sülfürik asit (H₂SO₄) geri soğutuculu sistemde 30 dakika boyunca kaynatılmıştır. Daha sonra 10 ml % 28'lik potasyum hidroksit (KOH) ilave edilerek 30 dakika daha kaynatılmıştır. Kaynma sonrası sıcak çözeltiler vakum pompa yardımıyla süzülükten sonra üzerine 10 ml % 1'lik H₂SO₄, sıcak disitile su, daha sonra 10 ml % 1'lik KOH, sıcak saf su, tekrar 10 ml % 1'lik H₂SO₄ ve sonra da asitliği giderilinceye kadar sıcak saf su ile yıkanmıştır. Kalan malzeme 105 °C'lik etüvde sabit ağırlığa getirilene kadar kurutulduktan sonra desikatörde soğutularak tartılmıştır (Tartım 1). Tartımdan sonra krozeeye alınan örnek 525 °C'de kül fırınında yakılmış, desikatörde soğutularak tartılmıştır (Tartım 2). Daha sonra örneklerin ham lif miktarı aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Ham Lif} = (\text{Tartım 1 (gr)} - \text{Tartım 2 (gr)}) / \text{Örnek Ağırlığı (gr)} \times 100$$

3.6.6. Mineral Tayini

Yem ve dışkıların mineral içeriği (P, Ca, Mg, Na, K, Fe, Cu ve Zn) spektroskopik olarak Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilim ve Uygulama Araştırma Merkezi bünyesinde kurulu Merkez Laboratuvarı tarafından Liberty series II AX model indüktif kupl plasma-atomik emisyon spektrometresi (ICP-AES) kullanılarak yapılmıştır. ICP-AES spektrometresinin çalışma parametreleri aşağıdaki gibidir: Plasma gaz akış hızı, 15,0 l/dk; yardımcı gaz akış hızı, 1,50 l/dk; nebulizör gaz akış hızı 0,70 l/dk; taşıyıcı faz, argon gazı; cam siklonik püskürtücü tipi nebulizör; nebulizör basıncı, 200 kPa; pompa akış hızı, 20 rpm.

Örneklerin mineral kompozisyonu belirlenmesi için öncelikle yakma işlemi uygulanmıştır. Kjeldahl tüpüne 0,5 gr örnek tartılmış, üzerine 20 ml konsantre nitrik asit (HNO_3) ilave edilmiş ve örnekler 12 saat asitte bekletilmiştir. Bekleme süresinin sonunda 5 ml konsantre perklorik asit ve 0,5 ml konsantre sülfürik asit ilave edilmiş ve Kjeldahl tüpündeki örnekler Kjeldahl yakma ünitesinde beyaz buhar çıkışı kesilinceye kadar yakılmıştır. Soğutulan örnekler % 2'lik hidroklorik asit ile çözüldükten sonra erlene alınmıştır. Daha sonra bu örnekler ICP-AES cihazının örnek tüplerine alınmış ve yukarıda belirtilen koşullar altında spektroskopik olarak ölçülmüştür. Mineral konsantrasyonları yapılan seyreltmeler dikkate alınarak gr/kg örnek veya mg/kg örnek cinsinden hesaplanmıştır.

3.6.7. Fitata Bağlı Fosfor Tayini

Yemlerde bulunan fitata bağlı fosfor miktarı Haug ve Lantzsch (1983)'ın yöntemine göre belirlenmiştir. Bu yöntemde, 0,2 N HCl ile örneklerdeki fitik asit ekstrakte edildikten sonra belirli konsantrasyondaki Fe III çözeltisiyle çöktürülür ve daha sonra serum kısmında kalan Fe konsantrasyonunun spektrofotometrik olarak ölçülerek çözeltideki fitata bağlı formda bulunan fosfor miktarı tespit edilir.

0,5 gr örnek 100 ml'lik erlene alınır ve üzerine 10 ml 0,2 N HCl konulduktan sonra 200 rpm hızında 12 saat boyunca çalkalayıcıda karıştırılarak ekstraksiyona bırakılır. Daha sonra karışım santrifüj tüplerine aktarılarak 20 dakika boyunca 4000 rpm'de santrifüjlenir. Örnek santrifüjlendikten ve gerekli seyreltmeler yapıldıktan sonra 0,5 ml alınır ve cam kapaklı tüpe aktarılır. Üzerine 1 ml ammonium demir (III) sülfat ($(\text{NH}_4)\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$) çözeltisi (0,2 gr $(\text{NH}_4)\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 100 ml 2 N HCl'de çözüldükten sonra saf su ile 1000 ml'ye tamamlanır) ilave edilir ve 30 dakika kaynar su banyosunda bekletilir. Daha sonra hızlıca oda sıcaklığına kadar soğutulur ve üzerine 2,2-bipiridin ve tiyoglikolik asit içeren çözelti ilave edildikten sonra elde edilen karışımın absorbansı UV-VIS spektrofotometrede 519 nm'de ölçülür. Örneklerdeki fitata bağlı fosfor miktarı, EK 1'de verilen kalibrasyon eğrisinden okunarak ve gerekli seyreltmeler dikkate alındıktan sonra gr/kg cinsinden hesaplanır.

3.6.8. Amino Asit Tayini

Deneme yemleri ve balıkların amino asit analizi EZ:Faast (Phenomenex Inc., ABD) amino asit analiz kiti kullanılarak gaz kromatografi kullanılarak yapılmıştır. Örnekler önce AOAC (2000)'ye göre hidrolize tabi tutulmuştur. Etüvde sabit ağırlığa getirilmiş ve kurutulmuş örnek desikatörde soğutulmuştur. Bu örnekten 30 mg protein içerecek şekilde tartım yapılmış ve hidroliz tüplerine alınarak üzerine 10 ml 6 HCl ilave edilmiştir. Üzerine helyum (He) gazı konulduktan sonra hızlıca kapatılan hidroliz tüpleri 110 °C'de 24 saat hidrolize bırakılmış ve bu sürenin sonunda örnekler süzümüştür. Bu örneklerden 5 ml alınarak 50 ml'lik balonlara aktarılmış ve asit saf su ile yıkanarak rotary evaporatörde vakum altında 65 °C'de uçurulmuştur. Asit tamamen uçurulduktan sonra örneklerin üzerine 20 ml seyreltme çözeltisi ilave edilmiş ve örneklerin amino asit kompozisyonu Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilim ve Uygulama Araştırma Merkezi bünyesinde kurulu Merkez Laboratuvarında belirlenmiştir.

Seyreltilmiş örneklerin amino asit miktarının gaz kromatografi ile belirlenmesi aşağıdaki koşullar altında gerçekleştirilmiştir: GC Kolon ZB-AAA (10 cm x 0,25 mm); fırın sıcaklığı: 110 °C'den 30 °C artışlarla 320 °C'de 1 dakika bekleme; detektör: FID 320 °C; enjektör: 250 °C; hava: 300ml/dk; taşıma gazı: 1,5 ml/dk He gazı; örnekleme enjeksiyonu 2 µl; kit: Phenomenex EZ:Faast GC-FID Hidrolize amino asit kiti. Elde edilen veriler öncelikle standart amino asit çözeltisinden elde edilen veriler kullanılarak değerlendirilmiştir (Ek 2). Örneklerdeki amino asit miktarı, elde edilen pikler ve x-ekseni arasında kalan alan hesaplanarak ve yapılan seyreltmeler dikkate alınarak gr/kg örnek cinsinden hesaplanmıştır.

3.6.9. Asitte Çözünmeyen Kül Tayini

Yem ve dışkı örneklerinin asitte çözünmeyen kül miktarı AOCS (1998)'ye göre yapılmıştır. Örnekler 525 °C'de Bölüm 3.6.4'te anlatıldığı gibi yakıldıktan ve kül miktarı kaydedildikten sonra (m) 400 ml'lik behere aktarılmış ve üzerine 75 ml 3 N HCl çözeltisi ilave edilmiştir. Saat camıyla kapatıldıktan sonra kaynar su banyosunda 10 dakika bekletilmiş ve çözelti külsüz filtre kâğıdından vakum pompası yardımı ile süzümüştür. Beher ve filtre kâğıdı bol sıcak saf suyla asit tamamen temizleninceye kadar yıkanmıştır. Külsüz filtre kâğıdı ve üzerindeki örnek, önceden sabit ağırlığa getirilmiş ve tartılmış

krozeye (m_1) alınmış ve 105 °C'deki etüvde 1 saat bekletilmiştir. Daha sonra kroze kül fırınında 525 °C'de tamamen yanıncaya kadar yakılmış ve desikatörde oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra ise tartılmıştır (m_2). Aşağıdaki formül kullanılarak örnekte bulunan asitte kül miktarı % cinsinden belirlenmiştir.

$$\text{Asitte Çözünmeyen Kül (\%)} = [(m_2 - m_1) / m] \times 100$$

3.6.10. Nitrojensiz Öz Madde Miktarının Belirlenmesi

Deneme yemlerinin nitrojensiz öz madde (NÖM) miktarı, kuru madde üzerinden yemlerin ham protein, ham yağ, ham kül ve ham lif yüzdelerinin 100'den çıkartılarak hesaplanmıştır. NÖM, yem veya hammaddelerde bulunan ve selüloz ve hemiselüloz dışındaki karbonhidrat miktarının ifadesidir.

$$\text{NÖM} = 100 - (\text{Protein} + \text{Yağ} + \text{Kül} + \text{Lif})$$

3.6.11. Enerji Değerinin Belirlenmesi

Deneme yemlerinin enerji değeri, yemlerin kimyasal kompozisyonuna göre hesaplanmıştır. Kuru madde üzerinden yemlerin protein, yağ ve NÖM (karbonhidrat miktarı) sırasıyla 39,5 kJ/gr, 17,2 kJ/gr ve 23,7 kJ/gr katsayılarıyla çarpılarak yemlerin kJ/gr cinsinden hesaplanmıştır.

3.7. Su Analizleri

Her iki denemede de sudaki çözülmüş oksijen, Hanna DO meter HI9142; tuzluluk, el refraktometresi ve sıcaklık, Lutron Oxygen meter DO-5510 HA cihazları kullanılarak günlük olarak ölçülmüştür. Sistemdeki suyun N-NH_4^+ , N-NO_2^- , N-NO_3^- ve P-PO_4^{-3} ve pH Hanna fotometre HI83000 ile haftalık olarak ölçülmüştür. Su örnekleri deşarj borusundan alınarak bekletilmeden örneklemeden 30 dakika içinde ölçülmüştür.

3.8. Hematolojik ve İmmünolojik Parametreleri Analizleri

3.8.1. Balıklardan Kan Örneği Alımı

İkinci denemenin sonunda, son balık tartımından sonraki günlerde balıklardan kan örnekleri alınmıştır. Kan örnekleme, 2 ml'lik PP (polipropilen) enjektörle balıkların anüs yüzgecinin arkasından kaudal venaya girilerek yapılmıştır (Girgin-Başusta, 2005). Kan örnekleme yapılan balıklar 2-phenoxyethanol ile bayılarak hayvan çalışmaları etik kurallarına uygun olarak öldürülmüştür. Alınan kan örnekleri aynı gün içinde işleme alınmış ve serum ayrılarak daha sonraki analizler için dondurulmuştur. Hematokrit, hemoglobin, pozitif hücre aktivasyonu (NBT), mieloperoksidaz, ve lizozim aktivitesi analizleri örnekleme günü yapılmıştır.

3.8.2. Eritrosit Sayımı

Kan örneği eritrosit pipetine alınarak 1/200 oranında modifiye Dacie çözeltisiyle seyreltilmiştir. Toplam eritrosit sayısı mikroskop altında Thoma lamı kullanılarak sayılmış ve yapılan seyreltmeler dikkate alınarak 1 ml kanda eritrosit sayısı cinsinden hesaplanmıştır (Blaxhall ve Daisley, 1973).

3.8.3. Hematokrit Seviyesinin Tespiti

Hematokrit değeri (Hct), kandaki eritrosit hacminin toplam hacme oranını ifade eder. Balık kanındaki hematokrit değeri, mikrohematokrit yöntemi ile ölçülmüştür. Hematokrit tüpleri kan ile doldurulmuş ve uçları macun ile kapatıldıktan sonra hematokrit santrifüjinde 4000 rpm'de santrifüj edilmiştir. Daha sonra hematokrit skalası kullanılarak % hematokrit değeri tespit edilmiştir (Blaxhall ve Daisley, 1973).

3.8.4. Hemoglobin Miktarının Tayini

Balık kanındaki hemoglobin (Hb) miktarı cyanomethemoglobin yöntemine göre yapılmıştır (Blaxhall ve Daisley, 1973). 20 µl kan örneği tüpe alınmış ve üzerine 4 ml Drabkin çözeltisi konulmuş ve 10 dakika bekletildikten sonra hazırlanan çözeltinin

absorbansı UV-VIS spektrofotometrede 540 nm dalga boyunda belirlenmiştir. Daha sonra kandaki hemoglobin konsantrasyonu önceden hazırlanan kalibrasyon eğrisi kullanılarak g/dl cinsinden belirlenmiştir.

3.8.5. Eritrosit İndeksleri

3.8.5.1. Ortalama Eritrosit Hacmi

Ortalama eritrosit hacmi (MCV: Mean Corpuscular Volume) aşağıdaki formülden yararlanılarak hesaplanmıştır (Lewis ve ark., 2006).

$$\text{MCV (fl)} = \text{Hct} / \text{RBC}(10^6 \mu\text{L}^{-1})$$

RBC (Red Blood Cells): Kırmızı kan hücreleri

3.8.5.2. Eritrosit Başına Düşen Ortalama Hemoglobin

Eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin (MCH) miktarını ifade eden değer aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır (Lewis ve ark., 2006).

$$\text{MCH (pg)} = [\text{Hb (gr/dl)} \times 10] / \text{RBC}(10^6 / \text{mm}^{-1})$$

3.8.5.3. Eritrosit Başına Düşen Ortalama Hemoglobin Konsantrasyonu

Eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin konsantrasyonu (MCHC) aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır (Lewis ve ark., 2006).

$$\text{MCHC (gr}^{-1}) = [\text{Hb (gr/dl)} \times 10] / \text{Hct}$$

3.8.6 İmmünolojik Analizler

3.8.6.1. Nitroblue Tetrazolium Pozitif Hücre Aktivasyonu

Nitroblue Tetrazolium (NBT) analizi için 100 µl kan örneği 100 µl NBT solüsyonu ile plastik tüplere konulmuş ve 30 dakika boyunca oda sıcaklığında inkübasyona bırakılmıştır. Daha sonra N,N-dimetil formamid ilave edilmiş ve 5 dakika boyunca 3000 rpm'de santrifüj edilmiştir. Santrifüjleme işleminden sonra çözeltilinin absorbansı

mikroküvet kullanılarak UV-VIS spektrofotometrede 540 nm dalga boyunda ölçülmüştür. NBT pozitif hücre aktivasyonun tespiti için sonuçlar kalibrasyon eğrisinin eğiminden yararlanılarak mg NBT formazan/1 ml kan örneği şeklinde belirlenmiştir (Siwicki ve Anderson, 1993).

3.8.6.2. Lizozim Aktivitesi

Balıkların kanında bulunan ve balık immünolojik durumunun göstergesi olarak değerlendirilen lizozim aktivitesi balık kan serumundan ölçülmüştür. Lizozim aktivitesi turbidimetrik yöntem kullanılarak tespit edilmiştir (Ellis, 1990). 100 µl 0,2 mg/ml *Micrococcus lysodeikticus* içeresine 100 µl serum ilave edilmiş ve UV-VIS spektrofotometrede 530 nm de 30. Saniyede ve 270. saniyede örneklerin absorbansı kaydedilmiş ve lizozim aktivitesi U/ml kan serumu cinsiden belirlenmiştir.

3.8.6.3. Mieloperoksidaz Aktivitesi

Mieloperoksidaz aktivitesi Quade ve Roth (1997) tarafından geliştirilen yöntemine göre yapılmıştır. 60 µl serum örneği 540 µl HBSS çözeltisi ile vorteks kullanılarak karıştırılmıştır. Daha sonra üzerine 3,3',5,5'-tetrametilbenzidin dihidroklorür ve hidrojen peroksit içeren çözelti ilave edilmiş ve 2 dakika boyunca oda sıcaklığında inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresinin sonunda, reaksiyon 4 M sülfirik asit kullanılarak durdurulmuştur. Reaksiyon durdurulduktan sonra örneğin absorbansı UV-VIS spektrofotometrede 470 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Elde edilen absorbans değerlerinden kalibrasyon eğrisi yardımıyla ve yapılan seyreltmeler dikkate alınarak 1 ml serumdaki mileoperoksidaz aktivitesi belirlenmiştir.

3.9. Büyüme Parametrelerinin Hesaplanması

Denemeler sırasında ve sonunda yapılan biyometrik ve kimyasal analizlerde elde edilen veriler doğrultusunda balıkların büyüme ve yem değerlendirilmesi hakkında bilgi veren parametrelerin belirlenmesi gerekmektedir. Besleme denemeleri sonucunda elde

edilen veriler, büyüme ve yem değerlendirilmesiyle ilişkili parametrelerin hesaplanması aşağıda verilmiştir.

3.9.1.Ortalama Bireysel Ağırlık

Deneme balıklarının denemeler süresince yapılan tartımlarda ortalama balık ağırlığının belirlenmesi için aşağıdaki formül kullanılmıştır.

Ortalama Bireysel Ağırlık (gr) = Tartılan Balıkların Toplam Ağırlığı (gr) / Tartılan Balıkların Sayısı (gr)

3.9.2. Canlı Ağırlık Artışı

Canlı balıkların deneme başı ve sonunda tartıldıklarında belirlenen ortalama ağırlıkları dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Canlı Ağırlık Artışı (%) = (Son ağırlık (gr) –Başlangıç ağırlığı (gr)) / Başlangıç ağırlığı (gr) x 100

3.9.3.Spesifik Büyüme Oranı

Anlık büyüme olarak da bilinen spesifik büyüme oranı (SBO), belirli zaman diliminde günlük canlı ağırlık artışının yüzdelik olarak büyümenin belirlenmesi için aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır (Çetinkaya ve ark., 2005).

SBO (% gün⁻¹) = [Ln (Son ortalama ağırlık (gr)) – Ln (Başlangıçtaki ortalama ağırlık (gr))] / Deneme gün sayısı x 100

3.9.4. Yem Tüketimi

Yem tüketimi deneme balıklarının vücut ağırlıklarına bağlı tükettikleri yem miktarı dikkate alınarak hesaplanmıştır (Tekinay ve Davies, 2001).

Yem Tüketimi = 100 x [Toplam tüketilen yem (gr) / ((Başlangıç ağırlığı (gr)+Son ağırlık(gr))/2) x Deneme gün sayısı]

3.9.5. Yem Dönüşüm Oranı

Yem dönüşüm oranı (YDO), yemin balık ağırlığı artışına etkisini gösteren bir parametredir. Bu değerin hesaplanmasında besleme denemesi boyunca tüketilen ve günlük olarak takip edilen yem miktarının balıkların canlı ağırlık artışının oranı kullanılır (Cowey, 1992).

$$YDO = \text{Tüketilen yem (gr)} / \text{Ağırlık artışı (gr)}$$

3.9.6. Protein Verimlilik Oranı

Protein verimlilik oranı (PVO), deneme balıklarının canlı ağırlık artışının deneme boyunca tüketilen protein miktarına oranı olarak ifade edilir. PVO, balıkların yemden aldıkları proteinin ne kadarını ağırlık kazanımı için kullandıklarını gösteren bir parametredir (Tekinay, 1999).

$$PVO = \text{Canlık ağırlık artışı (gr)} / \text{Protein tüketimi (gr)}$$

3.9.7. Net Protein Kullanım Oranı

Net protein kullanım oranı (NPKO) da balıkların yemeden aldıkları proteinin ne kadarını vücutlarında depoladıklarını gösteren bir parametredir. NPKO, balığı vücudunda depolanan proteinin deneme boyunca tüketilen protein miktarına olan oranı olarak ifade edilir (Tekinay, 1999).

$$NPKO = [\text{Balığın son vücut proteini (gr)} - \text{Balığın ilk vücut proteini (gr)} / \text{Protein tüketimi (gr)}] \times 100$$

3.9.8. Kondüsyon Faktörü

Kondüsyon faktörü (KF), besleme denemesinde balıkların ağırlık ve boyları arasındaki ilişkiyi gösteren bir parametredir. İyi yem alan balıkları genellikle daha yüksek bir KF değerine sahip olur (Tekinay, 1999; Çetinkaya ve ark., 2005).

$$KF = [\text{Vücut ağırlığı (gr)} / (\text{Total boy (cm)})^3] \times 100$$

3.9.9. Viserosomatik İndeks

Viserosomatik indeks (VSİ), balığın iç organlarının ağırlığının vücut ağırlığına oranını gösteren bir parametredir (Tekinay, 1999).

$$VSİ (\%) = [\text{İç organların ağırlığı (gr)} / \text{Boş balık ağırlığı (gr)}] \times 100$$

3.9.10. Hepatosomatik İndeks

Hepatosomatik indeks (HSİ), karaciğer indeksi olarak da adlandırılır. HSİ, deneme balıklarının karaciğer ağırlığının balık ağırlığına olan oranını yüzde olarak ifadesidir. Yüksek HSİ değerleri, balıkların karaciğerde glikojen veya yağ depoladıklarını gösterir (Tekinay, 1999).

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

3.10. Sindirilebilirlik Denemeleri

3.10.1. Balıklardan Dışkı Örneklerinin Toplanması

Her iki besleme denemesinde kullanılan yemelerin besin sindirilebilirliğini belirlemek için besleme denemelerinin 4. haftalarından itibaren balıklardan dışkı örnekleri toplanmaya başlanmıştır. Sabah yemlemeden 1 saat önce akvaryumlarda biriken dışkılar sifonlama yoluyla toplanmış ve hemen kurutma dolabında kurutulmuştur. Kurutulan dışkı örnekleri polipropilen poşetlere konularak analize alınıncaya kadar – 20°C’de derin dondurucuda saklanmıştır. Dışkı örneklerine artık yemlerin karışmaması için akşam yeminden 1 saat sonra akvaryumların tabanı sifonlanarak temizlenmiştir.

3.10.2. Sindirilebilirlik Oranının Hesaplanması

Deneme yemlerinde bulunan besin maddelerinin sindirilebilirlik oranının hesaplanması için besin maddesinin deneme yemindeki ve dışkıdaki oranı belirlenmiştir (Hillestad ve ark., 1999). Ayrıca sindirilebilirlik belirteci olarak deneme yemindeki ve dışkıdaki asitte çözünmeyen kül miktarı % cinsinden Bölüm 3.6.9’a göre belirlenmiştir.

Aşağıdaki formüle göre de besin sindirilebilirlik oranı (SO) hesaplanmıştır (Wang ve ark., 2009).

$$SO (\%) = 100 \times \left[1 - \frac{\text{Yemdeki belirteç (\%)} \times \text{Dışkıdaki besin maddesi (\%)}}{\text{Dışkıdaki belirteç (\%)} \times \text{Yemdeki besin maddesi (\%)}} \right]$$

3.11. Yemlerin Hammadde Maliyetinin Hesaplanması

Yemlerin hammadde maliyeti, kg başına ABD Doları olarak Çizelge 14'te verilen değerler doğrultusunda belirlenmiş ve Çizelge 11'de verilmiştir.

Çizelge 14. Deneme yemlerinde kullanılan hammaddelerin fiyatları

	Fiyat	Kaynak
Balık Unu	1600 ABD Doları / ton	Gençtürk, 2010
Kanola Küspesi	200 ABD Doları / ton	FAO, 2010b
Mısır Gluteni	1130 ABD Doları / ton	Demir, 2010
Mısır Nişastası	645 ABD Doları / ton	Demir, 2010
Balık Yağı	1500 ABD Doları / ton	Gençtürk, 2010
Vitamin Premiksi	6750 ABD Doları / ton	Gençtürk, 2010
Mineral Premiksi	1500 ABD Doları / ton	Gençtürk, 2010
Bağlayıcı (guar gam)	550 ABD Doları / ton	Gençtürk, 2010
Ronozyme –NP (Fitaz)	8,6 ABD Doları / kg	Kaya, 2010

3.12. İstatistik Analizleri

Besleme denemesi I ve II'de kullanılan farklı yemlerin balık büyüme performansına ve balıkların kimyasal kompozisyonuna etkileri Statgraphics Centurion XVI istatistik programı kullanılarak yapılmıştır. Veriler önce tek yönlü varyans analizine (ANOVA),

daha sonra da Duncan'ın çoklu karşılaştırma testi ile gruplar arası farklılıklar olup olmadığı belirlenmiştir (Zar, 2001). Yapılan analizlerde önem düzeyi, biyolojik araştırmalarda genellikle kullanılan $p<0,05$ olarak alınmıştır. Her iki denemede de su kalitesi parametrelerinin haftalık 3 tekerrürlü değerlerinin güvenilirlik aralıkları belirlenmiştir.

BÖLÜM 4**ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA****4.1. Besleme Denemesi I****4.1.1. Büyüme, Yem Tüketimi ve Besin Kullanımı**

Farklı oranlarda kanola küspesi içeren yemlerle beslenen yavru levreklerin ($\leq 1,88$ gr) yaşama oranı, canlı ağırlık artışı, spesifik büyüme oranı (SBO), yem dönüşüm oranı (YDO), yem tüketimi, protein verimlilik oranı (PVO) ve net protein kullanım oranı (NPKO) göz önünde bulundurularak hazırlanan büyüme performansı ve besin kullanımı ile ilgili veriler Çizelge 15'te verilmiştir.

Besleme denemesi boyunca balıklarda hiçbir hastalık veya yem alımında azalma gözlenmemiş olup, yaşama oranı oldukça yüksek oranlarda seyretmiştir. Deneme balıklarındaki ölümler başlıca balık tartımları sırasındaki ellenmeye bağlanmıştır. Deneme grupları arasındaki yaşama oranı % 95,53 (K40) ile % 97,80 (K30) arasında değişim göstermiş olup gruplar arasında istatistiksel bir fark bulunmamıştır ($p>0,05$).

Başlangıç ağırlığı ortalama 1,88 gram olan balıklar 8 haftalık besleme denemesi sonunda sırasıyla 8,60 gr (K), 8,84 gr (K10), 9,39 gr (K20), 9,68 gr (K30) ve 9,46 gr (K40) ortalama ağırlığa ulaşmıştır. Ancak temel protein kaynağı olarak balık unu içeren kontrol yemi ile beslenen balıkların ağırlıkları diğer deneme gruplarına göre daha düşük gözlenmiş olup, kontrol yemiyle (K) beslenen balıklar ve K30 deneme yemiyle beslenen balıklar arasında istatistiksel bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0,05$). Bununla birlikte, son ağırlıklar değerlendirildiğinde diğer gruplar arasında bir farklılık saptanmamıştır ($p>0,05$).

Son ağırlık ile ilgili elde edilen verilere paralel olarak, en yüksek canlı ağırlık artışı (413,4) K30 deneme yemiyle beslenen balıklarda bulunmuştur. K ve K30 yemleriyle beslenen balıkların canlı ağırlık artışları arasında istatistiksel farklılık bulunmuş ($p<0,05$), K20 ve K40 grupları arasında ise önemli bir fark saptanmamıştır. Bununla birlikte K ve K10 gruplarının arasında önemli bir fark tespit edilmezken, en düşük canlı ağırlık artışı kanola küspesi içermeyen kontrol yemiyle beslenen balıklarda tespit edilmiştir.

Çizelge 15. Kanola küspesi ilave edilen yemlerle beslenen yavru levreklerin büyüme performansı ve besin kullanımı*

	K	K10	K20	K30	K40	±SH**
Yaşama Oranı (%)	96,67	95,57	96,67	97,80	95,53	±1,73
Başlangıç Ağırlık (gr)	1,87	1,86	1,88	1,88	1,88	±0,05
Son Ağırlık (gr)	8,60 ^a	8,84 ^{ab}	9,39 ^{ab}	9,68 ^b	9,46 ^{ab}	±0,29
Canlı Ağırlık Artışı (%)	358,9 ^a	374,0 ^{ab}	399,9 ^{bc}	413,4 ^c	403,2 ^{bc}	±9,6
SBO (%)	2,72 ^a	2,79 ^{ab}	2,88 ^{bc}	2,92 ^c	2,88 ^{bc}	±0,03
YDO (%)	1,36	1,39	1,37	1,31	1,38	±0,02
Yem Tüketimi (gr/balık/gün)	3,52	3,53	3,48	3,57	3,56	±0,05
PVO	1,46	1,42	1,45	1,50	1,44	±0,03
NPKO	27,68	26,43	27,25	27,28	27,33	±0,49

*Aynı satırda farklı üs harfleri taşıyan deneme gruplarının değerleri birbirinden farklıdır(p<0,05)

**±Standart Hata.

En yüksek spesifik büyüme oranı (SBO), balık unundan gelen proteinin % 30'unun kanola küspesiyle ikame edilen yemle beslenen balıklarda bulunmuştur. K30 yemiyle beslenen balıkların SBO değeri K ve K10 yemleriyle beslenen balıklarınkine göre istatistiksel olarak daha yüksek olduğu saptanmıştır (p<0,05). K20, K30 ve k40 grupları arasında ise bir farklılık olmadığı bulunmuştur. Sonuç olarak en yüksek ağırlık kazanımı ve büyüme oranı, yemdeki balık unu proteininin % 30'nun karşılayacak şekilde kanola küspesi ilave edilen yemle beslenen deneme grubunda olduğu gözlenmiştir (Çizelge 15).

Levrek gruplarının arasında YDO, 1,31 (K30) ile 1,39 (K10) arasında değişmiş olup, deneme grupları arasında önemli bir istatistiksel farklılık belirlenmemiştir. Ancak, en yüksek ağırlık kazanımı ve büyüme oranına sahip K30 grubunun aynı zamanda en düşük yem dönüşüm oranına sahip olduğu tespit edilmiştir.

8 haftalık besleme denemesi boyunca, tüm yemler yavru levrekler tarafından iyi bir şekilde tüketilmiştir. Deneme gruplarının yem tüketimi (gr/balık/gün) 3,48 (K20) ile 3,57

(K30) arasında değişim göstermiş olup, gruplar arasında istatistiksel bir farklılık gözlenmemiştir.

Yemdeki protein miktarının balıklar tarafından değerlendirme oranını gösteren PVO 1,42 (K10) ile 1,50 (K30) arasında değişmiş, ancak deneme grupları arasında istatistiksel bir farklılık olmadığı bulunmuştur.

En düşük net protein kullanım oranı (NPKO) 26,43 ile K10 grubunda ve en yüksek NPKO ise 27,68 ile kontrol yemiyle beslenen deneme grubunda bulunmakla birlikte, deneme grupları arasında istatistiksel bir farklılık bulunmamıştır. Tüm balık grupları deneme yemlerindeki proteini iyi bir şekilde değerlendirmiştir.

Deneme I'de, yemdeki balık unundan gelen proteinin % 10, % 20, % 30 ve % 40 oranında kanola küspesi proteiniyle ikame edildiğinde, genel olarak balıkların büyüme performansı olumsuz yönde etkilenmediği, hatta kontrol yemine göre K30 grubunda önemli ölçüde daha yüksek ağırlık kazanımı ve spesifik büyüme oranı sağladığı belirlenmiştir ($p < 0,05$). Ancak, yem dönüşüm oranı, yem tüketimi, protein verimlilik oranı, net protein kullanım oranı gibi parametrelerde gruplar arasında önemli farklılıklar gözlenmemiştir (Çizelge 15).

Bu denemede elde edilen sonuçlar, kanola küspesini farklı balık türlerinin yemlerinde kullanılan çalışmalarda da rastlanmış, ancak birçok çalışmada balık yemi rasyonlarında kanola küspesi oranının artmasıyla birlikte balıkların büyüme performansı olumsuz yönde etkilendiği sonucuna varılmıştır.

Webster ve ark. (1997) kanal yayını yavruları yemine % 48 oranına kadar kanola küspesi ilave edildiğinde, balıkların büyüme performansı % 36 oranına kadar kanola küspesi içeren yemlerle beslenen gruplarda kontrol grubuna göre önemli farklılık olmadığı, ancak % 48 kanola küspesi içeren yemlerin ise büyüme performansını önemli ölçüde olumsuz etkilediğini bulmuşlardır. Thiessen ve ark. (2003a), yavru alabalık yemlerine % 20'ye kadar kanola küspesi ilave edildiğinde, ağırlık kazanımı, spesifik büyüme oranı, yem alımı, yem dönüşüm oranı ve protein verimlilik oranı kontrol grubuyla aynı olduğu sonucuna varmışlardır. Benzer şekilde, Yiğit ve Ölmez (2009) yavru tilapia balıklarına % 50 oranına kadar kanola küspesi ilave etmişler ve % 10'dan fazla kanola küspesi içeren yemlerin balıkların büyüme performansını olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir. Cheng ve ark. (2010) da Japon levreği (*Lateolabrax japonicus*) yemlerine % 20'den fazla kanola küspesinin balıkların büyüme performansını olumsuz etkilediğini bulmuşlardır. Shafaeipour ve ark. (2008) ise gökkuşacağı alabalıklarında % 0 – 30 oranında kanola küspesi

kullanmışlar ve % 30'a kadar kanola küspesi ilavesinin balık büyüme performansına hiçbir olumsuz etkisi olmadığını saptamışlar ve kanola küspesinin karnivor balık yemlerinde önemli oranda kullanılabileceğini önermişlerdir.

Kanola küspesinin içerdiği anti-besinsel maddeler, bu hammaddenin balık yemlerinde kullanım oranını sınırlayan başlıca etkenlerdir. Kanola küspesi başlıca yüksek oranda ham lif, fitik asit, proteaz inhibitörleri ve fenolik bileşikler gibi balıklar tarafından kolaylıkla sindirilemeyen ve fenolik bileşiklerden tanen ve sinapın gibi acılık veren maddeler içermektedir.

Yukarıda söz edilen çalışmaların yanı sıra, kanola küspesinin kullanılabilirliğinin artırılabilmesi için farklı ön işlemler uygulanarak yapılan çalışmalarda ise kanola ürünleri kullanım miktarlarının artırılabilmesi bulunmuştur. Mwachireya ve ark. (1999) gökkuşuğu alabalık yemlerine ince öğütülmüş ve elenmiş (0,425 mm) kanola küspesi ilave edilmesinin yemin besin sindirilebilirliğinin artmasına neden olduğunu tespit etmişlerdir. Burel ve ark. (2000c) de ısısal işleme kanola küspesi ürünlerinin sindirilebilirliğinin artırılabilmesini önermişlerdir. Glencross ve ark. (2004) ise, kanola küspesini ısısal işleme tabii tutulmasının bu hammaddenin kullanılabilirliğini arttırmadığını tespit etmişlerdir.

Literatür verilerine göre Deneme I'de yem rasyonu hazırlama aşamasında tüm hammaddeler ince öğütülmüş ve elenmiştir (partikül boyutu: 420 mikron) (Mwachiria ve ark.,1999). Bunun sonucunda da kanola küspesinde ham lif oranı % 8,56 oranında olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 7). Kanola küspesindeki ham lif miktarının % 9,9-13 civarında olduğu bildirilmektedir (Mailer ve ark., 2008). Önemli bir anti-besinsel bileşen olan ham selüloz, özellikle karnivor balıklar tarafından sindirilemediğinden dolayı yem rasyonlarında düşük oranda olması önerilmektedir (Cho ve Bureau, 2001; Watanabe, 2002). Ayrıca, daha önceden belirlenen yavru levreklerin besinsel ihtiyaçları gözetilerek yem formülasyonu hazırlanmış ve balıkların ihtiyacını sağlayacak şekilde yemin protein, yağ ve enerji oranları dengelenmiştir (Çizelge 8 ve Çizelge 9) (Oliva-Teles, 2000; Kaushik, 2002). Oliva-Teles ve Pimentel-Rodrigues (2004) tarafından levreklerin yem fosfor ihtiyacı % 0,65 olarak belirlenmiştir. Yine aynı şekilde, deneme yemlerinde fosfor miktarı rasyonlara göre farklılık göstermesiyle birlikte balıkların ihtiyacını karşılayacak düzeydedir (Çizelge 9). Yemdeki fitata bağlı fosfor ve ham lif miktarı da kanola küspesi oranının artmasıyla birlikte artış göstermiş (Çizelge 9), ancak bu artış, balıkların büyüme performansını olumsuz yönde etkilememiştir (Çizelge 15).

Deneme yemlerinin amino asit kompozisyonunun da levreklerin ihtiyacını karşılayacak düzeyde olduğu gözlenmiş olup, balıkların büyüme performansını olumsuz yönde etkilememiştir (Çizelge 10) (Kaushik, 1998; Peres ve Oliva-Teles, 2006; Peres ve Oliva-Teles, 2007).

Balıkların ihtiyacını karşılayacak dengeli rasyonlar hazırlandığında karnivor balıklarda da bitkisel protein kaynaklarının yemdeki oranının önemli ölçüde arttırılabileceği farklı çalışmalarda gösterilmiştir (Peres ve Oliva-Teles, 2005). Kaushik ve ark. (2004), bitkisel hammadde karışımının balık unundan gelen proteinin % 2'den % 100'e kadar ikame edecek şekilde yem formülasyonları hazırlamışlar ve balıkların büyüme performansı tüm deneme gruplarında aynı olduğu ve bitkisel hammadde oranının yem alımını etkilemediğini bulmuşlardır. Bitkisel hammadde karışımında mısır gluteni, buğday gluteni, ekstrude buğday soya küspesi, ve kolza küspesinin yanı sıra, yem rasyonunda bu maddelerin artmasıyla birlikte esansiyel amino asitlerden lizin takviyesi yapılmıştır.

Yapılan çalışmalarda, balıkların ihtiyaçlarını karşılayacak dengeli yem rasyonlarıyla büyüme performansının balık unu ağırlıklı yemler kadar iyi sağlanabileceği gösterilmiş ve Besleme denemesi I'de yavru levreklerin yemlerine % 40'a kadar kanola küspesi ilave edilmesinin balıkların büyüme performansını olumsuz etkilemediği gözlenmiştir.

4.1.2. Balıkların Kondüsyon Parametreleri

Yem rasyonuna balık unu yerine kanola küspesi ilave edilen yemlerle beslenen yavru levreklerin kondüsyon faktörü (KF), viserosomatik indeksi (VSI) ve hepatosomatik indeksi (HSI) Çizelge 16'da verilmiştir.

Kondüsyon faktörü, balıkların boy ile ağırlıkları arasındaki ilişkiyi gösteren bir parametredir. Genellikle, yetiştiriciliği yapılan balıkların kondüsyon faktörü, doğal ortamda yaşayan balıklara göre daha yüksektir. En düşük kondüsyon faktörü 1,16 ile K20 grubunda, en yüksek KF değeri ise 1,21 ile K40 grubunda olduğu belirlenmesine rağmen, gruplar arası istatistiksel bir farklılık görülmemiştir.

Çizelge 16. Kanola küspesi ilave edilen yemlerle beslenen yavru levreklerin kondüsyon performansı*

	K	K10	K20	K30	K40	±SH**
KF	1,16	1,17	1,16	1,19	1,21	±0,02
VSİ (%)	13,29 ^a	13,77 ^{ab}	14,08 ^{ab}	13,43 ^a	15,22 ^b	±0,45
HSİ (%)	2,06 ^a	2,47 ^b	2,32 ^b	2,03 ^a	2,07 ^a	±0,07

*Aynı satırda farklı üs harfleri taşıyan deneme gruplarının değerleri birbirinden farklıdır(p<0,05)

**±Standart Hata.

Deneme balıklarının VSİ değeri, 13,29 (K) ile 15,22 (K40) arasında değişim göstermiştir. K40 deneme yemiyle beslenen balıkların VSİ değeri K ve K30 deneme yemleriyle beslenen balıklara göre önemli ölçüde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (p<0,05). K, K10, K20 ve K30 deneme yemleriyle beslenen balıkların VSİ değerleri arasında ise istatistiksel bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir.

En yüksek HSİ değeri 2,47 ile K10 grubunda, en düşük HSİ değeri ise 2,03 ile K30 yemiyle beslenen deneme gruplarında olduğu bulunmuştur. K10 ve K20 deneme yemleriyle beslenen balıkların HSİ değeri K, K30 ve K40 yemleriyle beslenen deneme gruplarının HSİ değerinden önemli ölçüde daha yüksek olduğu bulunmuştur (p<0,05). HSİ değeri balıkların karaciğer büyüklüğü ile ilgili bir parametre olduğu için yemlerin karaciğere olan etkileri konusunda bilgi vermektedir.

Deneme I'de kanola küspesi ilavesinin yavru levreklerin kondüsyon faktörü, kontrol yemi ile beslenen gruplara göre az da olsa yüksek olmasına rağmen, deneme grupları arasında istatistiksel bir farklılık bulunmamıştır. Ancak, en yüksek VSİ değeri K40 deneme yemiyle beslenen balık grubunda, en yüksek HSİ ise K10 grubunda bulunmuştur. Bunun yanı sıra, kontrol yemi ve K40 yemiyle beslenen balıkların hepatosomatik indeksleri arasında bir farklılık bulunmamıştır.

Thiessen ve ark. (2003a) yavru gökkuşuğu alabalıklarının yemine % 20 kanola küspesi ilavesinin HSİ değerini kontrol yemine göre önemli ölçüde etkilemediğini bulmuşlardır. Zhou ve Yue (2010), yavru tilapia yemlerine kanola küspesi ilave edilmesinin balıkların kondüsyon faktörünün etkilenmediği, ancak yemdeki kanola küspesi oranının artmasıyla birlikte hepatosomatik indeks ve viserosomatik indeksin arttığını tespit

etmişlerdir. Adamidou ve ark. (2009b) levrek yemlerine farklı oranlarda baklagiller (bakla, nohut ve bezelye) ilave etmişler ve bu hammaddeleri içeren yemlerle beslenen balıkların hepatosomatik indeksi balık unu içeren kontrol yemiyle beslenenlere göre önemli ölçüde daha düşük bulmuşlardır.

Gouveia ve Davies (2000) yavru levreklerin yemine % 0 ile 30 arasında değişen oranlarda ekstrude bezelye unu ilave etmişler ve yemdeki bitkisel hammadde oranının armasıyla kondüsyon faktörünün değişmediği ancak, hepatosomatik indeksinin önemli ölçüde azaldığını saptamışlardır. Kaushik ve ark. (2004), ise bitkisel hammadde karışımının balık unundan gelen proteinin % 2'den % 100'e kadar ikame edecek şekilde levrek rasyonları formüle etmişler ve bu yemlerin 12 haftalık besleme denemesinin sonunda balıkların hepatosomatik indeksi ve viserosomatik indeksi üzerinde önemli etkisi olmadığını tespit etmişlerdir.

Lanari ve D'Agaro (2005), farklı oranlarda kolza küspesi içeren yemlerle beslenen levreklerin hepatosomatik indeksi ve viserosomatik indeksinin balık unu içeren kontrol yemiyle beslenen balıklara göre önemli ölçüde daha düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Besleme denemesi I'de balıkların kondüsyon parametrelerinin literatürde bitkisel kaynaklı yemlerle yapılan çalışmalarla benzerlik gösterdiği ve % 30 oranına kadar kanola küspesi ilavesinin yavru levreklerinin kondüsyon performansının olumsuz etkilemediği bulunmuştur. Balık unu proteini yerine % 40 oranında kanola küspesi proteini ile ikame edildiğinde ise viserosomatik indeks diğer yemlerle beslenen balıklara göre daha yüksek bulunmuştur.

4.1.3. Balıkların Vücut Kompozisyonu

Çizelge 17'de balık unu ve mısır gluteni içeren ve % 50 protein ve % 15 yağ içerecek şekilde hazırlanan kontrol grubu yemindeki balık unu proteinin yerine % 10 ile % 40 arasında değişen oranlarda kanola küspesi proteini kullanılan deneme yemleriyle beslenen yavru levreklerin besleme denemesi başı ve sonu vücut kompozisyonu verileri verilmiştir.

Çizelge 17. Kanola küspesi ilave edilen yemlerle beslenen yavru levreklerin vücut kompozisyonu*

	Başlangıçtaki	K	K10	K20	K30	K40	±SH**
	Balık						
Nem (%)	75,24	73,68	72,79	73,15	73,68	73,26	±0,77
Ham Protein (%)	17,93	18,72	18,45	18,57	18,09	18,71	±0,26
Ham Yağ (%)	4,60	4,70	4,81	4,78	4,72	4,63	±0,07
Ham Kül (%)	4,73	4,75	4,42	4,58	4,51	4,44	±0,11

*Aynı satırda farklı üs harfleri taşıyan deneme gruplarının değerleri birbirinden farklıdır(p<0,05)

**±Standart Hata.

Yukarıdaki çizelgeye göre, balıkların total vücut kompozisyonunda nem % 72,79-75,24, ham protein % 17,93-18,72, ham yağ % 4,60-4,81 ve ham kül % 4,42-4,75 arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizine göre, deneme gruplarının başlangıçtaki balık ve deneme sonundaki balıkların nem, ham protein, ham yağ ve ham kül oranları arasında herhangi bir istatistiksel farklılık bulunmamıştır (p>0,05).

Besleme denemesi I'de balıkların vücut kompozisyonuyla ilgili elde edilen veriler levreklerde, Lanari ve D'Agaro (2005) ve Gouveia ve Davies (2000); japon levreklerinde Cheng ve ark. (2010) tarafından elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Lanari ve D'Agaro (2005), % 39 oranında kolza küspesi içeren yemlerle beslenen levreklerin ve balık unu esaslı kontrol yemiyle beslenen balıkların total vücut kompozisyonunda kuru madde miktarı, ham protein, yağ ve kül oranının aynı olduğunu bulmuşlardır. Benzer şekilde, levrek yemine % 30 oranına kadar ekstrude bezelye unu ilave edilmesi balıkların total vücut kompozisyonuna önemli bir etkisi olmadığı Gouveia ve Davies (2000) tarafından saptanmıştır. Cheng ve ark. (2010) japon levreklerinde balık unu proteinin % 50'sine kadar kanola küspesi proteiniyle ikame edilmesinin balıkların vücut kompozisyonuna önemli etkisinin olmadığını bulmuşlardır. Zhou ve Yue (2010), tilapia yemlerinde soya küspesi yerine kanola küspesinin tamamen ikame edilmesiyle kontrol grubu ve % 100 kanola küspesiyle ikame edilen yemlerle beslenen balık vücudundaki nem, protein, yağ ve kül miktarında farklılık olmadığını tespit etmişlerdir.

Shafaeipour ve ark. (2008) ise, alabalık yemlerine % 30 oranında kanola küspesi ilave edildiğinde, yemdeki kanola küspesi ilavesinin artmasıyla birlikte balıkların nem miktarı azaldığı, ham kül ve ham proteinin değişmediği, ham yağ ise arttığı bulunmuştur. Kaushik ve ark. (2004) ise levrek yemlerine balık unu protein oranını kademeli olarak % 100'den % 2'ye kadar bitkisel hammadde karışımı ile ikame ettiklerinde, bitkisel hammadde karışımı oranının artışıyla birlikte balıkların vücut nem, protein ve kül oranında bir farklılık olmazken, yağ oranının önemli ölçüde arttığını tespit etmişlerdir.

4.1.4. Balıkların Amino Asit Kompozisyonu

Farklı oranlarda kanola küspesiyle beslenen yavru levreklerin 8 haftalık besleme denemesi sonunda vücutların amino asit kompozisyonu Çizelge 18'de verilmiştir.

Gruplar arası varyans analizlerine göre, esansiyel amino asitlerden, treonin, metionin, izolösin, lösin, valin, fenilalanin, esansiyel amino asitlerden ise alanin, glisin, serin, prolin, aspartik asit, sistin ve tirozin miktarlarında gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$). K40 deneme yemiyle beslenen balık grubunda esansiyel amino asitlerden lizin ve histidin miktarı diğer yemlerle beslenen gruplara göre önemli ölçüde azaldığı saptanmıştır ($p<0,05$). Farklı oranda kanola küspesiyle beslenen balıkların vücutundaki glutamik asit oranında da yemdeki kanola küspesinin artmasıyla birlikte glutamik asit miktarında önemli ölçüde artış gözlenmiştir ($p<0,05$). Ancak K ve K10 gruplarının glutamik asit miktarı arasında farklılık yokken ($p>0,05$), bu grupların glutamik asit miktarı diğer gruplara göre daha düşük olduğu bulunmuştur ($p<0,05$). Benzer şekilde K20 ve K30 grupları arasında glutamik asit miktarında önemli farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$). Balık gruplarının glutamin miktarının da yemlerdeki kanola küspesi oranının artmasıyla önemli bir azalma gözlenmiştir ($p<0,05$). Sadece K20 ve K30 grupları arasında glutamin miktarında önemli bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$). İki sistein molekülünden oluşan sistin ise K, K10, K20 ve K30 yemlerinde benzer miktarda bulunurken, K40 grubunda tespit edilmemiştir. De Francesco ve ark. (2007), bitkisel kaynaklı hammaddelerle beslenen çipurada da glutamik asit miktarının balık unu içeren kontrol yemine göre daha yüksek olduğunu bulmuşlardır.

Çizelge 18. Kanola küspesi ilave edilen yemlerle beslenen yavru levreklerin amino asit kompozisyonu*

	K	K10	K20	K30	K40	±SH**
<i>Esansiyel Amino Asitler</i>						
Treonin	2,59	2,60	2,54	2,48	2,62	±0,04
Metionin	1,78	1,79	1,79	1,76	1,76	±0,01
İzolösin	3,39	3,42	3,31	3,29	3,40	±0,03
Lösin	4,33	4,31	4,15	4,27	4,37	±0,02
Lizin	2,83 ^a	2,89 ^a	2,81 ^a	2,83 ^a	2,33 ^b	±0,03
Valin	3,74	3,69	3,63	3,50	3,68	±0,04
Fenilalanin	2,37	2,36	2,30	2,35	2,33	±0,04
Histidin	0,93 ^a	1,00 ^a	0,98 ^a	0,92 ^a	0,65 ^b	±0,03
<i>Esansiyel Olmayan Amino Asitler</i>						
Alanin	3,73	3,86	3,83	3,76	3,96	±0,06
Glisin	4,75	4,81	5,00	4,70	4,80	±0,01
Serin	2,31	2,33	2,22	2,26	2,38	±0,02
Prolin	3,48	3,49	3,67	3,45	3,45	±0,01
Aspartik asit	9,68	10,14	9,30	9,27	10,02	±0,06
Glutamik asit	9,00 ^a	9,26 ^a	9,67 ^b	9,52 ^b	10,33 ^c	±0,10
Glutamin	2,55 ^a	2,32 ^b	2,20 ^c	2,20 ^c	1,04 ^d	±0,03
Sistin	0,25	0,29	0,27	0,27	0,00	±0,01
Tirozin	1,44	1,51	1,56	1,48	1,48	±0,03

*Aynı satırda farklı üs harfleri taşıyan deneme gruplarının değerleri birbirinden farklıdır(p<0,05)

**±Standart Hata.

Su ürünleri, insanlar tarafından vazgeçilmez bir protein kaynağı olarak değerlendirilirken, balık etindeki esansiyel protein miktarı da önem taşımaktadır. Bu yüzden yetiştiricilik yoluyla üretilen su ürünlerinde de esansiyel amino asit miktarının farklı yemlerle beslenen balıklardaki oranı takip edilmesi gereken parametredir.

Farklı çalışmalarda, yetiştiriciliği yapılan balık türlerinin amino kompozisyonu belirlenmiştir. Fuentes ve ark. (2010) doğada yaşayan ve çiftliklerde yetiştirilen levreklerin amino asit kompozisyonunu araştırmışlar ve yetiştiriciliği yapılan levreklerin glutamik asit, alanin, histidin ve glisin miktarının doğadan yakalanan levreğine göre daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Özden ve Erkan (2008), yetiştiriciliği yapılan levrek, çipura ve sinaritin amino asit miktarını belirlemişlerdir. Bunun yanı sıra, Özyurt ve Polat (2006), doğadan yakalanan levreklerin amino asit ve yağ asidi kompozisyonundaki mevsimsel değişimleri incelemişler ve levreklerin filetosunda aspartik asit, glutamik asit ve lizin yüksek miktarda, metionin tirozin ve histidin diğer amino asit oranına göre daha düşük oranda bulunduğunu saptamışlardır. De Francesco ve ark. (2007), bitkisel protein kaynaklarının (mısır gluteni, buğday gluteni, ekstrude bezelye, kolza küspesi ve ekstrude buğday) çipura yemlerine ilave edilmesinin balıkların fileto kompozisyonuna etkisini araştırmışlardır. Bitkisel kaynaklı protein ile beslenen çipuranın glutamik asit, treonin, alanin, lösin ve lizin miktarı temel protein kaynağı olarak balık unu içeren kontrol yemiyle beslenenlere göre önemli ölçüde daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Balık etinde bulunan glutamik asit, aspartik asit, alanin ve glisin gibi bazı amino asitlerin, balık lezzetine katkıda bulunan bileşenler olduğu bilinmektedir (Ruiz-Capillas ve Moral, 2004). Besleme denemesi I'de, balık lezzetine katkıda bulunan glutamik asit K40 yemiyle beslenen balık grubunda daha yüksek bulunmuştur.

4.1.5. Sindirilebilirlik

Farklı oranlarda kanola küspesi içeren yemlerle beslenen yavru levreklerin besin sindirilebilirliği Çizelge 19'da verilmiştir.

Çizelge 19. Kanola küspesi ilave edilen yemlerle beslenen yavru levreklerin yem sindirilebilirliği*

	K	K10	K20	K30	K40	±SH**
Protein (%)	95,36 ^c	90,8 ^b	94,11 ^c	94,67 ^c	86,40 ^a	±0,62
Yağ (%)	79,50	75,24	80,96	78,82	77,09	±2,43

*Aynı satırda farklı üs harfleri taşıyan deneme gruplarının değerleri birbirinden farklıdır(p<0,05)

**±Standart Hata.

En düşük protein sindirilebilirliği K40 yemiyle beslenen yavru levreklerde (86,40) olduğu bulunurken, en yüksek protein sindirilebilirliği ise temel protein kaynağı olarak balık unu içeren kontrol yemiyle (K) beslenen balıklarda (95,36) saptanmıştır. K, K20 ve K30 deneme gruplarının protein sindirilebilirliğinin önemli ölçüde K10 ve K40 gruplarınıninkine göre daha yüksek olduğu, K10 grubunun protein sindirilebilirliği de K40 grubununinkine göre daha yüksek bulunmuştur (p<0,05).

Yağ sindirilebilirliği 75,24 (K10) ile 80,96 (K20) arasında değişim göstermiş olup, deneme grupları arasında istatistiksel bir farklılık saptanmamıştır (p>0,05).

Genellikle, yem rasyonlarına bitkisel hammadde ilavesi yemlerin sindirilebilirlik oranının düşmesine neden olmaktadır. Da Silva ve Oliva-Teles (1998), yavru levrek yemlerinde bitkisel kaynaklı hammadde oranının artmasıyla besin sindirilebilirliğinin düştüğünü tespit etmişlerdir. Kanola küspesi ilavesiyle besin sindirilebilirliğinin alabalıklarda (Burel ve ark., 2000a), mercanda (*Pagrus auratus*) (Glencross ve ark., 2004), Atlantik morinalarda (*Gadus morhua*) (Tibbets ve ark., 2006), tilapiada (*Oreochromis niloticus*) (Yiğit ve Ölmez, 2009) ve Japon levreklerinde (*Lateolabrax japonicus*) (Cheng ve ark., 2010) düştüğü tespit edilmiştir.

Cheng ve ark. (2010) Japon levrek yemindeki kanola küspesi oranının artmasıyla birlikte, protein, yağ ve fosfor sindirilebilirliğinin düştüğünü tespit etmişlerdir. Tibbets ve ark. (2006), Atlantik morina yemlerine farklı bitkisel hammaddelerin balık unu içeren kontrol yemine göre besin sindirilebilirliğini incelemişlerdir. Kanola küspesi ve kanola protein konsantresi içeren yemlerle beslenen morinaların protein ve enerji sindirilebilirliği kontrol yemle beslenenlerinkine göre daha düşük olduğu saptanmıştır. Wu ve ark. (2006) sarıkuyruk çipura (*Sparus latus*) yemlerine farklı protein kaynaklarının balıkların besin

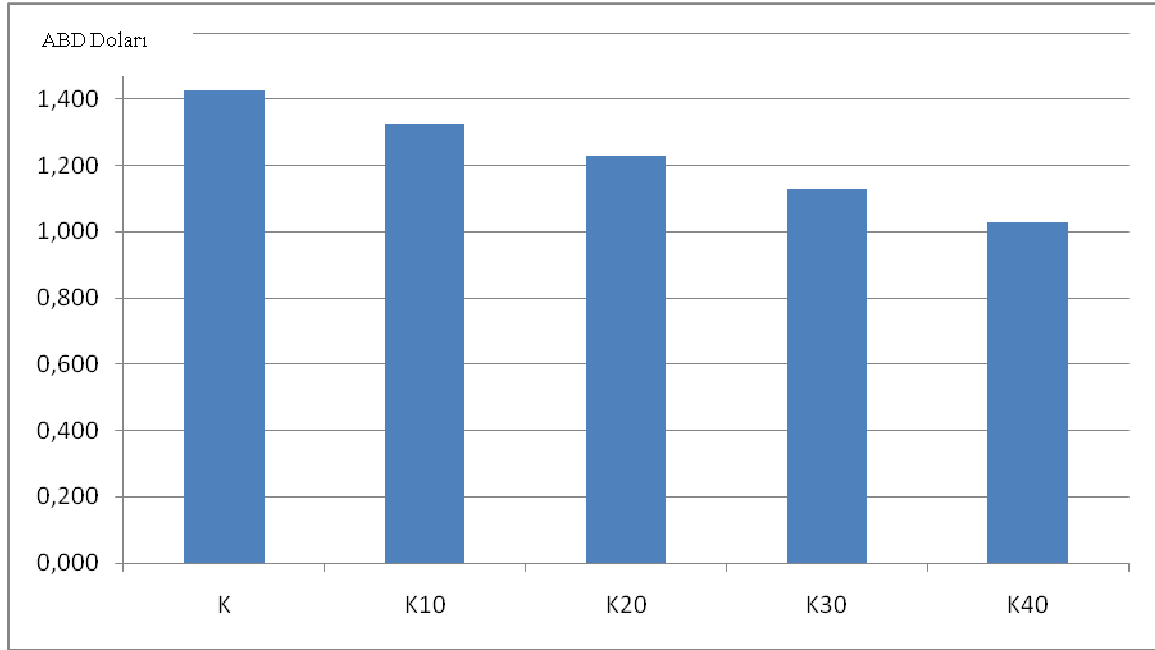
sindirilebilirliğine olan etkilerini incelemişlerdir. Kolza küspesi içeren yemlerin balık unu içerene göre daha düşük kuru madde ve enerji sindirilebilirliğine neden olurken, protein sindirilebilirliğinde önemli bir farklılık tespit edilmemiştir.

Karnivor bir balık türü olan levreklerin yemlerine balık unu yerine farklı bitkisel protein kaynakları ilave edilmiş ve bu yemlerdeki besin sindirilebilirliği birçok çalışmada araştırılmıştır. Gouveia ve Daives (2000), levrek yemlerine % 30'a kadar bezelye unu ilave etmişler ve bitkisel hammadde ilavesinin yemlerin protein, yağ ve karbonhidrat sindirilebilirliğine önemli bir etkisi olmadığını bulmuşlardır. Robaina ve ark. (1999), levrek yemlerine % 30 buğday gluteni ilavesinin, protein, enerji ve organik madde sindirilebilirliğine olumsuz bir etkisi olmadığını saptamışlardır. Adamidou ve ark. (2009a) ise levrek yemlerine % 30 nohut ilavesinin, balık unu içeren kontrol yemine göre daha yüksek protein sindirilebilirliği sağladığını tespit etmişlerdir. Levrek yemlerine balık unu protein oranını kademeli olarak % 100'den % 2'ye kadar bitkisel hammadde karışımı (mısır gluteni, buğday gluteni, soya küspesi, kolza küspesi ve ekstrude buğday) ile ikame edildiğinde, bitkisel hammadde karışımı oranının artmasıyla balıkların kuru madde, protein, enerji ve fosfor sindirilebilirliğinde önemli bir farklılık olmadığı bulunmuştur (Kaushik ve ark., 2004).

4.1.6. Yemlerin Hammadde Maliyeti

Yemlerin hammadde maliyeti ABD doları cinsinden belirlenmiş olup, Çizelge 14'te bulunan veriler doğrultusunda Şekil 7'de verilmiştir.

Balık unu fiyatı kanola küspesinin fiyatına göre 8 kat daha yüksektir (Çizelge 14, kanola küspesi: 200 ABD Doları/ton; balık unu: 1600 ABD Doları/ton). Buna bağlı olarak, kontrol yeminde balık unundan gelen proteinin % 10, % 20, % 30 ve % 40'ı kanola küspesi proteiniyle ikame edildiğinde, yemlerin fiyatları sırasıyla % 7,15, % 13,81, % 20,95 ve % 27,82 ucuzlamaktadır. Yem hammadde fiyatındaki bu düşüş ve balıkların optimal büyüme performansının kontrol yemle karşılaştırıldığında iyi olması sonucunda bu iyileşmenin yem üretim işletmelerinin maliyetinin düşürülmesinde aynı zamanda artan balık unu açığına da çözüm olabileceğini göstermektedir.



Şekil 7. Kanola küspesi içeren yemlerin hammadde maliyeti (ABD Doları / kg yem).

Benzer şekilde % 20 kanola küspesi ilavesiyle, Hardy ve Sullivan (1983) gökkuşuğu alabalıklarında büyüme performansının olumsuz etkilenmediği gibi yemlerin maliyetinde % 18 kar sağlanabileceğini önermişlerdir.

4.1.7. Yarı-Kapalı Devre Deniz Suyu Sisteminin Su Kalitesi Parametreleri

Yarı-kapalı devre deniz suyu sisteminin su kalitesi deneme boyunca düzenli olarak takip edilmiş olup elde edilen veriler Çizelge 20’de verilmiştir. Poikilotermik canlılar oldukları için balıkların optimum gelişebildikleri belli su sıcaklığı sağlandığında iyi bir büyüme performansı gösterirler. Bu yüzden, bu besleme denemesi süresince levrekler için optimal olan 20-25 °C arasındaki su sıcaklığı sağlanmış olup, su sıcaklığındaki dalgalanmaları önlemek için deneme kapalı ortamda gerçekleştirilmiştir. Sudaki çözünmüş oksijen miktarı da yine levrek yavruları için gerekli olan değerlerde seyretmiştir.

Çizelge 20. Kanola küspesiyle beslenen levrek yavrularının bulunduğu yarı-kapalı devre sisteminde besleme denemesi sırasında su kalitesi parametreleri

Parametre	
Su sıcaklığı (°C)	20,7±1,2
Çözünmüş Oksijen (mg/l)	7,15±0,49
pH	7,97±0,11
Tuzluluk (‰)	30±1
N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,097±0,045
N-NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,120±0,080
N-NO ₃ ⁻ (mg/l)	13,3±7,4
PO ₄ ⁻³ (mg/l)	1,93±1,04

Deniz suyunun pH değeri genellikle tatlı suyunkine göre daha yüksek olmakla beraber, balıkların gelişimi için uygun bulunmuştur. Yine tuzluluk değeri, Çanakkale Boğazı Dardanos mevkiinde değişebildiğinden tatlı su ile karıştırılarak, levreklerin gelişimi için optimal olan değerlerde, ‰ 30'da sabit tutulmaya çalışılmıştır. Balıkların metabolik aktiviteleri sonucunda ortama bıraktıkları atıklardan kaynaklanan NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄⁻³ iyonlarının değerleri kapalı devre sistemleri ve levrek yavrularının tolere edebileceği değerler arasında saptanmıştır.

Blancheton (2000)'a göre, yavru levrek yetiştiriciliğinde kapalı devre sisteminde sağlanması gereken su kalitesi parametreleri aşağıdaki gibidir: sıcaklık: 22-24 °C, çözünmüş oksijen: % 90'dan fazla, total N-NH₄⁺: 0,5 mg/l'den az, N-NO₂⁻: 0,5 mg/l'den az, N-NO₃⁻: belirlenmemiş (büyük boy levrekler için ise: N-NO₃⁻: 100 mg/l'den az), pH: 6,5-8,3. Besleme denemesi I sırasında su kalitesi parametreleri literatürde önerilen aralıklarda olduğu bulunmuştur (Person Le-Ruyet ve ark. 1995; Peres ve Oliva-Teles, 1999; Blancheton, 2000; Pichavant ve ark., 2001; Waller ve ark., 2002; Rubio ve ark., 2005).

D'Orbcastel ve ark. (2010), kapalı devre sisteminde levrekleri 84 gün boyunca beslemişler ve total amonyak, nitrit ve nitrat azotunun levrekler için önerilen konsantrasyonda olduğunu tespit etmişlerdir. Lemarie ve ark. (2004), yavru levreklerin

maksimum tolere edebileceği iyonize olmayan amonyak azot konsantrasyonunun 0,26 mg/l olduğunu bulmuşlardır. Levreklerin çok geniş bir tuzluluk aralığında yaşayabileceği bilinmektedir. Ancak, yetiştiricilik açısından en hızlı ve iyi gelişebileceği tuzluluk oranı önem taşımaktadır. Eroldoğan ve Kumlu (2002), farklı tuzluluk oranlarının levreklerin büyüme performansına olan etkilerini araştırmışlar ve balıkların ‰ 40 tuzlulukta da iyi geliştiğini saptamışlardır. Pichavant ve ark. (2001) yavru levreklerin 4,5 mg/l çözülmüş oksijen konsantrasyonuna sahip ortamlarda beslendiğinde ortalama 7,4 mg/l ÇO olan ortama göre büyüme performansı ve yem alımında azalma olduğunu bulmuşlardır. Person Le-Ruyet ve ark. (2004), 80 gramlık levrekleri 13-29 °C arasında değişen farklı sıcaklıklarda 84 gün boyunca aynı yemle beslemişler ve o boydaki balıklar için en iyi büyüme performansı 25 °C’de olduğunu tespit etmişlerdir.

Besleme denemesi I’de, farklı oranlarda kanola küspesi ilavesinin yavru levreklerin büyüme performansının, vücut kompozisyonu ve besin sindirilebilirliği üzerine etkilerin araştırılmasında optimal sonuçlar elde edilebilmesi için balıkların en iyi gelişme ortamı (sıcaklık, tuzluluk, vs.) sağlanmaya çalışılmıştır.

4.2. Besleme Denemesi II

4.2.1. Büyüme, Yem Tüketimi ve Besin Kullanımı

Besleme Denemesi II’de, kontrol yeminde balık unu proteinin yerine ‰ 10, ‰ 20, ‰ 30 ve ‰ 40 oranında kanola küspesi proteini ile ikame edilen yemler 1500 U / kg yem fitazla muamele edilmiş ve yavru levreklerin büyüme performansı ve yem sindirilebilirliği üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Farklı oranlarda kanola küspesi içeren yemlerle beslenen yavru levreklerin (\leq 9,70 gr) yaşama oranı, canlı ağırlık artışı, spesifik büyüme oranı (SBO), yem dönüşüm oranı (YDO), yem tüketimi ve protein verimlilik oranı (PVO) temel alınarak hazırlanan büyüme performansı ve besin kullanımı ile ilgili veriler Çizelge 21’de verilmiştir.

Çizelge 21. Kanola küspesi ve fitaz enzimi ilave edilen yemlerle beslenen yavru levreklerin büyüme performansı ve besin kullanımı*

	K	K10	K20	K30	K40	K+F	K10+F	K20+F	K30+F	K40+F	±SH**
Yaşama Oranı (%)	100	100	100	100	100	98,89	100	100	96,67	100	±0,70
Başlangıç Ağırlık (gr)	9,65	9,60	9,85	9,65	9,82	9,60	9,81	9,85	9,65	9,67	±0,10
Son Ağırlık (gr)	24,21 ^a	24,65 ^a	27,45 ^b	24,23 ^a	24,32 ^a	25,89 ^{ab}	24,44 ^a	26,41 ^b	25,92 ^{ab}	25,06 ^a	±0,46
Canlı Ağırlık Artışı (%)	150,9 ^{ab}	156,8 ^{abc}	178,7 ^d	151,1 ^{ab}	147,7 ^a	169,9 ^{cd}	148,8 ^a	168,1b ^{cd}	169,3 ^{cd}	158,9 ^{abc}	±5,3
SBO (%)	1,64 ^{ab}	1,68 ^{ab}	1,83 ^c	1,64 ^{ab}	1,63 ^a	1,78 ^{bc}	1,63 ^a	1,76 ^{abc}	1,77 ^{bc}	1,69 ^{ab}	±0,04
YDO (%)	1,24 ^e	1,21 ^{cde}	1,10 ^a	1,18 ^{bc}	1,19 ^{bcd}	1,24 ^e	1,22 ^{de}	1,09 ^a	1,16 ^b	1,19 ^{bcd}	±0,01
Yem Tüketimi	1,90 ^c	1,89 ^{bc}	1,85 ^{abc}	1,80 ^{ab}	1,80 ^{ab}	2,03 ^d	1,86 ^{abc}	1,77 ^a	1,89 ^{bc}	1,87 ^{bc}	±0,03
PVO	1,60 ^a	1,64 ^{ab}	1,82 ^d	1,69 ^c	1,68 ^{bc}	1,60 ^a	1,62 ^a	1,84 ^d	1,71 ^c	1,68 ^{bc}	±0,01

*Aynı satırda farklı üs harfleri taşıyan deneme gruplarının değerleri birbirinden farklıdır(p<0,05)

**±Standart Hata.

Deneme süresince sadece levreklerde hiçbir hastalık veya yem alımında sorun gözlenmemiştir. Deneme boyunca yaşama oranı yüksek oranda seyretmiştir (Çizelge 21). Deneme yemlerinden sadece K+F ve K30+F ile beslenen balıklarda ölümler kaydedilmiş olup diğer yemlerle beslenen gruplarda hiçbir ölüm gözlenmemiştir. Bu ölümler, deneme tanklarının üstü perde ile kapatılmış olmasına rağmen balıkların deneme tanklarından atlamaları sonucunda meydana gelmiştir. Balıkların atlaması sonucu ölümler, kapalı devre sisteminde levreklerin büyüme performansı üzerine etkilerini araştıran Sammouth ve ark. (2009) tarafından da gözlenmiştir.

Başlangıç ağırlığı ortalama 9,70 gram olan yavru levrekler 8 haftalık besleme denemesi sonunda, gruplar arası 24,21 gr (K) ile 27,45 gr (K20) arasında olan ortalama ağırlığa ulaşmıştır. Kontrol yeminde balık unundan gelen proteinin % 20 oranında kanola küspesiyle ikame edilen deneme yemiyle (K20) ve aynı yeme fitaz ilave edilen deneme yemiyle (K20+F) beslenen balıklar diğer gruplara göre daha yüksek ağırlığa ulaşmıştır ($p<0,05$). Ancak, K20, K+F, K20+F ve K30+F yemleriyle beslenen balıkların ulaştığı son ağırlıklar arasında önemli fark gözlenmemiştir. Bununla birlikte, fitaz enziminin balıkların ağırlık kazanımına bir etkisi olmadığı bulunmuştur.

Ağırlık kazanımı verilerine paralel olarak, en yüksek canlı ağırlık artışı (% 178,7) K20 deneme yemiyle beslenen balıklarda bulunmuştur. K20 (% 178,7), K+F (% 169,9), K20+F (% 168,1) ve K30+F (% 169,3) grupları arasında istatistiksel bir farklılık olmadığı saptanmıştır ($p>0,05$).

Yemlere fitaz ilavesi yapılması K ile K+F yemi ve K30 ile K30+F yemleri arasında istatistiksel olarak farklı bir şekilde balıkların canlı ağırlık artışını olumlu yönde etkilemiştir ($p<0,05$). Diğer yem gruplarında ise fitaz ilavesinin canlı ağırlık artışına önemli etkisi olmadığı gözlenmiştir.

En düşük SBO 1,63 ile K40 ve K10+F grubunda ve en yüksek SBO ise 1,83 ile K20 yemiyle beslenen deneme gruplarında bulunmuştur. K20, K+F, K20+F ve K30+F yemleriyle beslenen deneme balıkları diğer yemlerle beslenen gruplara göre daha yüksek SBO değerine sahip olduğu bulunmuştur ($p<0,05$). Yemlere fitaz enzimi ilavesinin balıkların spesifik büyüme oranına hiçbir etki yapmadığı saptanmıştır.

Deneme grupları arasında YDO, 1,09 (K20+F) ile 1,24 (K ve K+F) arasında değişim göstermiştir. K20 ve K20+F yemleriyle beslenen balıkların YDO'larının diğer gruplara göre daha düşük olduğu saptanmıştır ($p<0,05$). K, K10, K+F ve K10+F yemleriyle beslenen balıkların YDO'ları ise diğer gruplara göre daha yüksek saptanmıştır ($p<0,05$).

Yemlere fitaz enzimi ilavesinin balıkların spesifik büyüme oranına hiçbir etki yapmadığı saptanmıştır.

8 haftalık besleme denemesi süresince, tüm yemler balıklar tarafından iyi bir şekilde alınmıştır. Deneme gruplarının yem tüketimi (gr/balık/gün) 1,77 (K20+F) ile 2,03 (K+F) arasında değişmiştir. K20, K30, K40, K10+F ve K20+F grupları arasında herhangi bir istatistiksel farklılık bulunmazken, K20+F (1,77), K (1,90) ve K+F (2,03) yemleriyle beslenen balıkların yem tüketimleri arasında istatistiksel farklılık olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Fitaz enziminin ilave edilmesi kontrol yemiyle beslenen balıkların yem tüketimini önemli ölçüde arttırmış olup ($p<0,05$), diğer deneme grupları arasında istatistiksel bir farklılık gözlenmemiştir.

Protein verimlilik oranı deneme grupları arasında 1,60 (K ve K+F) ile 1,84 (K20+F) arasında değişim göstermiştir. Büyüme parametreleriyle ilgili elde edilen verilere paralel olarak diğer yemlere göre önemli ölçüde daha yüksek PVO K20 ve K20+F yemleriyle beslenen balıklarda diğer deneme gruplarına göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Deneme yemlerine fitaz ilave edilmesinin herhangi bir etkisi olmadığı saptanmıştır ($p>0,05$).

Bitkisel kaynaklı hammadde içeren yemlere, fitaz ilave edilmesiyle balıkların büyüme performansı ve yem sindirilebilirliği birçok çalışmada araştırılmıştır. Cain ve Garling (1995), Forster ve ark. (1999) ve Vielma ve ark. (2004) gökkuşuğu alabalıklarında, Yan ve Reigh (2002) kanal yayınlarda, Sajjadi ve Carter (2004) ve Denstadli ve ark. (2007) Atlantik somon balıklarında, Yoo ve ark. (2005) yavru Kore kaya balıklarında, Biswas ve ark. (2007a) mercanlarda, Nwanna ve ark. (2008) sazanlarda ve Ayhan ve ark. (2008) çipurada, yeme fitaz enzimi ilave edilmesi büyüme performansına önemli bir etkisi olmadığını bulmuşlardır. Bu çalışmalarda elde edilen veriler, besleme denemesi II'de elde edilen verilerle benzerlik göstermektedir. Ancak, Vielma ve ark. (1998) gökkuşuğu alabalıkları, Liebert ve Portz (2005) tilapia ve Baruah ve ark. (2007a, 2007b) rohu balıklarıyla yaptıkları araştırmalarda, yemlere fitaz enzimi takviyesinin balıkların ağırlık kazanımı, spesifik büyüme oranı ve protein verimlilik oranına olumlu etkisi olduğunu saptamışlardır.

Wang ve ark. (2009) soya küspesi içeren alabalık yemlerine farklı oranlarda fitaz enzimi ilave etmişler ve farklı fitaz konsantrasyonlarının spesifik büyüme oranında bir değişime neden olmadığını, ancak farklı oranlarda fitaz içeren yemlerle beslenen alabalıkların yem dönüşüm oranı fitaz içermeyen yemle beslenenlere göre daha düşük olduğunu bulmuşlardır. Bu doğrultuda, Cao ve ark. (2007), fitaz enziminin etkisinin balık türü ve balıkların gelişme evresine göre değişim gösterebileceğinden dolayı, her bitkisel kaynaklı yem için ayrı araştırılması gerektiğini önermişlerdir.

4.2.2. Balıkların Kondüsyon Parametreleri

Deneme yemlerine balık unu proteininin % 10, % 20, % 30 ve % 40 oranında kanola küspesi proteininden sağlanacak şekilde kanola küspesi ilavesi yapılan ve fitaz enzimi ilave edilen yemlerle beslenen levreklerin kondüsyon faktörü (KF), viserosomatik indeksi (VSİ) ve hepatosomatik indeksi (HSİ) Çizelge 22’de verilmiştir.

En düşük KF değeri 1,07 ile K10 grubunda, en yüksek KF değeri ise 1,28 ile K40+F grubunda olduğu belirlenmiştir. K30+F ve K40+F yemleriyle beslenen balıkların KF değeri diğer gruplarinkine göre önemli ölçüde daha yüksek olduğu ($p<0,05$), K10, K20, K30, K+F ve K20+F yemleriyle beslenen balıkların KF değerleri arasında istatistiksel bir farklılık olmadığı görülmüştür. Fitaz enzimi ilavesinin K10, K30 ve K40 gruplarında KF değerinin önemli ölçüde artmasına neden olduğu saptanmıştır ($p<0,05$).

Levreklerin VSİ değeri, 9,97 (K10) ile 11,22 (K+F) arasında değişmiş olup gruplar arasında istatistiksel bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$).

Benzer şekilde, grupların HSİ değeri arasında istatistiksel bir farklılığa rastlanmamıştır ($p>0,05$).

Biswas ve ark. (2007a), soya küspesi içeren yemlere fitaz ilave edilmesinin yavru mercanların (*Pagrus major*) HSİ ve VSİ değerleri üzerinde etkisi olmadığını bulmuşlardır. Ayhan ve ark. (2008), soya küspesi içeren çipura yemlerine fitaz enzimi ilave edildiğinde balıkların kondüsyon faktörü, fitaz içermeyen kontrol yemiyle beslenenlerinkine göre önemli ölçüde arttığını gözlemlemiştir. Bu araştırmalarda elde edilen veriler, besleme denemesi II’de elde edilen bulgularla benzerlik göstermektedir.

Çizelge 22. Kanola küspesi ve fitaz enzimi ilave edilen yemlerle beslenen yavru levreklerin kondüsyon performansı*

	K	K10	K20	K30	K40	K+F	K10+F	K20+F	K30+F	K40+F	±SH**
KF	1,20 ^{cd}	1,07 ^a	1,09 ^{ab}	1,14 ^{abc}	1,19 ^{cd}	1,14 ^{abc}	1,16 ^{bc}	1,15 ^{abc}	1,23 ^{de}	1,28 ^e	±0,02
VSİ (%)	9,98	9,97	9,94	10,65	10,81	11,22	10,86	10,90	10,23	10,46	±0,56
HSİ (%)	2,43	2,29	2,29	2,31	2,22	2,47	2,24	2,16	2,16	2,13	±0,11

*Aynı satırda farklı üs harfleri taşıyan deneme gruplarının değerleri birbirinden farklıdır(p<0,05)

**±Standart Hata.

4.2.3. Balıkların Vücut Kompozisyonu

Farklı oranlarda kanola küspesi içeren ve fitaz ilave edilen yemlerle beslenen yavru levreklerin vücut kompozisyonu verileri Çizelge 23'te verilmiştir.

Deneme gruplarının % nem oranı 66,96 (K40) ile 68,62 (K10) arasında, % protein oranı 17,59 (K10+F) ile 18,89 (K40+F), % yağ oranı 8,86 (K20+F) ile 9,98 (K10+F) arasında ve % kül oranı ise 4,49 (K20) ile 4,97 (K) arasında değişmiştir. Gruplar arasında hiçbir kimyasal parametrede istatistiksel bir farklılık bulunmamış olup, fitaz enzimi ilavesinin de önemli etkisi olmadığı saptanmıştır ($p>0,05$). Bununla birlikte, her ne kadar istatistiksel bir fark olmasa da yemlerdeki kanola küspesi oranı artmasıyla balıkların protein miktarında bir artış gözlenmiştir.

Vielma ve ark. (1998) soya protein konsantresi içeren alabalık yemlerine fitaz enzimi ilave edilmesiyle balıkların protein ve yağ oranı değişmezken, kül oranında artış olduğunu bulmuşlardır. Storebakken ve ark. (1998) fitazla muamele edilmiş soya protein konsantresi içeren yemle beslenen Atlantik somon balıklarının vücudundaki kül oranı kontrol yemle beslenen grubunkine göre farklı olmadığını gözlemişlerdir. Forster ve ark. (1999) da fitaz takviyeli ve kanola protein konsantresi içeren yemlerle beslenen alabalıkların vücut kompozisyonunda fitaz yemle beslenenlere göre önemli bir farklılık olmadığını bulmuşlardır. Sajjadi ve Carter (2004) kanola küspesi içeren yemlere fitaz ilave etmişler ve fitaz enzimi ilavesinin Atlantik somonların vücut kompozisyonuna, protein, yağ ve kül oranına bir etkisi olmadığı ancak total vücut fosfor miktarının fitaz takviyesiyle arttığını belirlemişlerdir. Vielma ve ark. (2004) da soya küspesi içeren alabalık yemlerine püskürtülerek fitaz enzimi ilave etmişler ve bu yemlerle beslenen alabalıkların vücudunda daha fazla oranda fosfor ve çinko elementlerinin depolandığını bulmuşlardır.

Çizelge 23. Kanola küspesi ve fitaz enzimi ilave edilen yemlerle beslenen yavru levreklerin vücut kompozisyonu*

	K	K10	K20	K30	K40	K+F	K10+F	K20+F	K30+F	K40+F	±SH**
Nem (%)	68,45	68,62	68,02	67,59	66,96	68,09	68,17	68,06	67,54	67,65	±0,58
Protein (%)	17,34	17,87	18,25	17,96	18,76	17,69	17,59	18,43	18,72	18,89	±0,48
Yağ (%)	9,44	8,97	9,77	9,97	8,87	9,68	9,98	8,86	9,32	9,85	±0,14
Kül (%)	4,97	4,62	4,49	4,96	4,84	4,84	4,78	4,93	4,76	4,78	±0,42

*Aynı satırda farklı üs harfleri taşıyan deneme gruplarının değerleri birbirinden farklıdır(p<0,05)

**±Standart Hata.

4.2.4. Sindirilebilirlik

Deneme yemlerine balık unu yerine kanola küspesi ilave edilen ve üzerine fitaz püskürtülen yemlerle beslenen levreklerin mineral (P, Ca, Mg, Fe, Cu ve Zn) sindirilebilirliği Çizelge 24’de verilmiştir.

Yemlerde kanola küspesi oranının artmasıyla birlikte yemlerdeki anti-besinsel faktörlerin artmasında paralel olarak, P sindirilebilirliği azaldığı bulunmuştur. K, K10 ve K20 yemleriyle beslenen balıkların P sindirilebilirliği arasında istatistiksel farklılık bulunmazken ($p>0,05$), en düşük P sindirilebilirliği K40 yemiyle beslenen balıklarda bulunmuştur ($p<0,05$). Benzer şekilde K20 ve K30 yemleriyle beslenen balıkların P sindirilebilirliği arasında istatistiksel bir farklılık olmadığı saptanmıştır ($p>0,05$). Fitaz enzimi ilavesinin yemlerin P sindirilebilirliğine olan etkisi de incelendiğinde, fitaz içeren yemlerle beslenen balıkların fitaz içermeyenlere nazaran önemli ölçüde daha yüksek P sindirilebilirliği sağladıkları bulunmuştur ($p<0,05$).

Yemlerde kanola küspesi oranının artması balıkların Ca ve Mg sindirilebilirliğine önemli bir etki yapmamıştır ($p>0,05$). Ancak fitaz enzimi ilavesi Ca sindirilebilirliğini olumlu yönde etkilemiştir ($p<0,05$). Vielma ve ark. (1998) ve Wang ve ark. (2009) alabalıklarla yaptıkları araştırmalarda fitaz enzimi ilavesinin Ca sindirilebilirliğini araştıranlarken bu denemede elde edilen benzer negatif veriler elde etmişlerdir.

Kanola küspesi ilave oranı arttıkça Fe sindirilebilirliğinde önemli azalmalar görülmüştür ($p<0,05$). Yemlere püskürtülerek fitaz enzimi ilave edilmesi ise Fe sindirilebilirliğini olumlu yönde etkilemiştir ($p<0,05$). Bu çalışmada elde edilen negatif değerlere benzer şekilde Wang ve ark. (2009) alabalıklarla yaptıkları araştırmada Fe sindirilebilirliğiyle ilgili negatif sonuçlar elde etmişlerdir.

Cu sindirilebilirliği de yemlerde kanola küspesi oranının artmasıyla azalma göstermiştir. En düşük Cu sindirilebilirliği K40 yemliyle beslenen balıklarda gözlenirken, K40 ve K20 yemleri arasında istatistiksel bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$). Yemlere fitaz ilave edilmesi genelde Cu sindirilebilirliğinin artmasına neden olurken, K ve K+F yemleriyle beslenen balıkların bakır sindirilebilirliği arasında istatistiksel bir farklılık bulunmamıştır.

Çizelge 24. Kanola küspesi ve fitaz enzimi ilave edilen yemlerle beslenen yavru levreklerin yem sindirilebilirliği*

	K	K10	K20	K30	K40	K+F	K10+F	K20+F	K30+F	K40+F	±SH**
P (%)	61,27 ^c	59,94 ^{de}	56,52 ^{cd}	54,18 ^c	37,89 ^a	72,64 ^g	65,43 ^f	66,68 ^f	67,17 ^f	44,62 ^b	±1,46
Ca (%)	-29,07 ^a	-25,47 ^a	-19,90 ^a	-19,24 ^a	-25,86 ^a	29,20 ^b	29,22 ^b	29,23 ^b	27,11 ^b	22,31 ^b	±3,23
Mg (%)	26,55 ^a	29,41 ^a	24,48 ^a	29,20 ^a	25,60 ^a	70,22 ^{cd}	64,86 ^c	70,74 ^{cd}	74,19 ^d	47,73 ^b	±2,18
Fe (%)	-49,71 ^c	-76,62 ^b	-64,85 ^b	-66,53 ^b	-110,60 ^a	10,06 ^e	-12,79 ^d	-46,72 ^c	-37,13 ^c	-68,30 ^b	±4,94
Cu (%)	37,26 ^{cd}	31,89 ^{bc}	25,71 ^{ab}	37,28 ^{cd}	20,86 ^a	43,92 ^{de}	43,32 ^{de}	49,89 ^{ef}	53,79 ^e	49,02 ^{ef}	±2,71
Zn (%)	42,07 ^a	45,25 ^a	42,21 ^a	45,13 ^a	42,73 ^a	66,82 ^b	65,11 ^b	70,03 ^{bc}	74,34 ^c	41,31 ^a	±2,18

*Aynı satırda farklı üs harfleri taşıyan deneme gruplarının değerleri birbirinden farklıdır(p<0,05)

**±Standart Hata.

Kontrol yemindeki balık unu proteini yerine kanola küspesi proteini ilavesinin Zn sindirilebilirliğine önemli bir etkisi olmadığı bulunmuştur. Bununla birlikte bu deneme yemlerine ilave edilen fitaz enzimi Zn sindirilebilirliğini önemli ölçüde artırdığı saptanmıştır ($p < 0,05$). Ancak K40 ve K40+F yemleriyle beslenen balıkların Zn sindirilebilirlik oranları arasında önemli bir farklılık belirlenmemiştir ($p > 0,05$).

Genel olarak, fitaz enziminin balık yemlerine ilavesiyle besin sindirilebilirliği artışı gözlenmektedir. Oliva-Teles ve ark. (1998) soya küspesi içeren yavru levreklerin yemlerine 1000 ve 2000 U/kg yem konsantrasyonunda fitaz enzimi ilave edildiğinde, bu enziminin P sindirilebilirliğinin kontrol grubuna göre yükseldiğini bulmuşlardır. Biswas ve ark. (2007a), soya küspesi içeren ve fitaz enzimi ilave edilen yemlerin mercan balıklarının (*Pagrus major*) P sindirilebilirliğinin artmasına neden olmuştur. Storebakken ve ark. (1998), fitazla muamele edilmiş soya protein konsantresi içeren yemlerin Atlantik somon (*Salmo salar*) balıklarında, fitaz içermeyen yemle beslenen balıklara göre daha yüksek Ca, Mg ve Zn sindirilebilirlik oranları olduğunu bulmuşlardır. Soya küspesi içeren yemlere püskürtülerek fitaz enzimi ilave edilmesi sonucunda gökkuşuğu alabalıklarının P ve Zn sindirilebilirlik oranlarının arttığı saptanmıştır (Vielma, 2004). Sajjadi ve Carter (2004), Atlantik somon balıklarını kanola küspesi ve fitaz takviyeli yemlerle beslemiş ve 12 haftalık deneme sonunda fosfor sindirilebilirliği fitaz içeren yemlerde daha yüksek bulmuşlardır. Wang ve ark. (2009) soya küspesi içeren gökkuşuğu alabalıkları yemlerine iki farklı şekilde fitaz enzimi ilave etmişlerdir. Yemlere fitaz enziminin ilave edilmesi sonucunda Ca, P, Cu, Fe, Zn, Mn ve Mg sindirilebilirliğinin önemli ölçüde artmasına neden olduğu saptanmıştır.

4.2.5. Balıkların Hematolojik Parametreleri

Besleme denemesi II'nin sonunda deneme balıklarının eritrosit sayısı (ES), hematokrit (Hct), hemoglobin (Hb) konsantrasyonu, eritrosit hacmi (MCV), eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin (MCH) ve eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin konsantrasyonu (MCHC) gibi bazı hematolojik parametreleri belirlenmiş ve Çizelge 25'te verilmiştir.

Çizelge 25. Kanola küspesi ve fitaz enzimi ilave edilen yemlerle beslenen yavru levreklerin hematolojik parametreleri*

	K	K10	K20	K30	K40	K+F	K10+F	K20+F	K30+F	K40+F	±SH**
ES(x10 ⁶ mm ³)	2,38 ^{bc}	3,48 ^e	2,83 ^{cde}	2,93 ^{cde}	2,45 ^{bc}	3,20 ^{de}	0,78 ^a	1,16 ^a	1,99 ^b	2,56 ^{bcd}	±0,22
Hct (%)	46,0 ^{bc}	54,0 ^c	51,0 ^c	49,0 ^{bc}	38,0 ^{ab}	53,3 ^c	29,0 ^a	27,3 ^a	32,3 ^a	49,0 ^{bc}	±3,7
Hb (g/dl)	14,06 ^c	16,50 ^c	14,36 ^c	9,94 ^b	7,57 ^{ab}	14,57 ^c	6,76 ^a	7,60 ^{ab}	6,57 ^a	9,97 ^b	±1,05
MCV (µm ³)	20,09 ^{ab}	15,63 ^a	18,43 ^{ab}	16,57 ^a	15,52 ^a	16,65 ^a	36,95 ^c	25,23 ^b	16,33 ^a	19,41 ^{ab}	±2,55
MCH (pg)	60,33 ^{cd}	47,69 ^{abc}	51,40 ^{bcd}	33,67 ^{ab}	31,13 ^a	45,65 ^{abc}	87,23 ^e	68,67 ^d	33,05 ^{ab}	40,61 ^{ab}	±5,96
MCHC (%)	31,30 ^b	30,6 ^{ab}	28,09 ^{ab}	20,41 ^a	20,01 ^a	27,44 ^{ab}	23,95 ^{ab}	28,12 ^{ab}	20,41 ^a	21,65 ^{ab}	±3,14

*Aynı satırda farklı üs harfleri taşıyan deneme gruplarının değerleri birbirinden farklıdır(p<0,05)

**±Standart Hata.

Deneme gruplarının eritrosit sayısı 1,16 (K20+F) ile 3,48 (K10) arasında değişim göstermiştir. K20+F deneme yemiyle beslenen balıkların ES değeri diğer yemlerle beslenen balıklarınkine göre önemli derecede düşük olduğu saptanmıştır ($p<0,05$). Fitaz ilave edilmesiyle K+F yemiyle beslenen balıklarda ES değeri, kontrol yemiyle beslenenlere göre önemli ölçüde daha yüksek olduğu bulunmuştur ($p<0,05$). Ancak K20 ve K20+F ile K30 ve K30+F gruplarında bu durumun tersi gözlenmiş olup ($p<0,05$), K40 ve K40+F grupları arasında ise önemli bir fark olmadığı saptanmıştır ($p>0,05$).

Deneme grupları arasında en düşük hematokrit % 27,3 (K30F) ile % 54,0 (K10) arasında değişmiştir. Yem rasyonlarında kanola küspesi oranının artmasıyla birlikte K, K10, K20, K30 arasında istatistiksel bir farklılık bulunmamıştır ($p>0,05$). Benzer şekilde, K, K30 ve K40 yemleriyle beslenen balıkların hematokrit değerleri arasında önemli ölçüde farklılık olmadığı gözlenmiştir ($p>0,05$). K10, K20 ve K30 gruplarıyla beslenen balıkların Hct değeri sırasıyla K10+F, K20+F ve K30+F yemleriyle beslenenlere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Farklı oranlarda kanola küspesi içeren yemlerle beslenen balıkların hemoglobin değerleri Çizelge 25'te verilmiştir. K30 ve K40 deneme gruplarının hemoglobin değerleri, K, K10 ve K20 yemleriyle beslenenlere göre önemli ölçüde daha düşük olduğu bulunmuştur ($p<0,05$). Yemlere fitaz enzimi ilave edilmesi K ve K+F, K40 ve K40+F yemleriyle beslenen balıkların hemoglobin değerlerine önemli bir değişikliğe neden olmazken ($p>0,05$), K10, K20 ve K30 yemlerine fitaz enzimi ilave edilmesi, balıkların hemoglobin değerlerinin önemli oranda azalmasına neden olmuştur ($p<0,05$). Ancak balıkların optimum hemoglobin değeri konusunda henüz belirli kriterler oluşturulmadığından ve balıklarda rahatsızlık veya hastalık belirtileri olmadığından bu değerlerin balıklar için normal sayılabileceği düşünülmektedir.

Balıkların MCV, MCH ve MCHC değerleri, kan parametrelerinde eritrosit ve hemoglobin değerlerine bağlı olarak değiştiğinden dolayı, genel olarak yemdeki kanola küspesi oranının artmasıyla azalma eğilimi gösterdiği gözlenmiştir. Fitaz enzimi ilavesi sadece K10 ve K10+F yemleriyle beslenen gruplar arasında balıkların MCV değerinin önemli ölçüde artmasında neden olduğu bulunmuştur ($p<0,05$). Fitaz enzimi ilavesiyle K+F ve K10+F yemleriyle beslenen balıkların MCH değerleri, sırasıyla K ve K10 yemleriyle beslenen gruplara göre istatistiksel olarak daha yüksek olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Fitaz enzimi takviyeli yemlerle beslenen balık gruplarının MCHC değerleri ise

enzim içermeyen yemlerle beslenenlerinkine göre önemli ölçüde değişmediği gözlenmiştir ($p>0,05$).

Yoo ve ark. (2005), yavru Kore kaya balıklarının (*Sebastes schlegeli*) soya küspesi bazlı yemlerine fitaz enzimi ilave edilmesi sonucunda, balıkların hematokrit ve hemoglobin değerlerinde önemli bir değişime neden olmadığını bulmuşlardır. Baruah ve ark. (2009), yavru rohu balıklarının (*Labeo rohita*) soya küspesi içeren yemlerine sitrik asit ve fitaz enzimi ilave etmişler ve katkıların balıkların hematolojik parametrelerine olan etkilerini incelemiştir. Enzim ve sitrik asit ilavesi eritrosit sayısında bir değişime neden olmaz iken, balıkların hematokrit ve hemoglobin değerleri önemli oranda artmıştır. Bu durum yemdeki Fe ve Cu minerallerinin kullanılabilirliğinin arttığını göstermiştir. Besleme denemesi II'de her ne kadar Fe ve Cu sindirilebilirliğinde bir artış gözlenirse de hemoglobin değerlerinde bir iyileşme gözlenmemiştir.

Pamuk tohumu küspesi ve soya küspesi içeren yemlere demir ve fitaz takviyesinin papağan balıklarının (*Oplegnathus fasciatus*) hematolojik parametreleri üzerinde etkileri araştırılmıştır (Lim ve Lee, 2009). Hemoglobin değerlerine bir etkisi olmadığı, fitaz ve demir takviyesi yapılmayan bitkisel kaynaklı yemlerle beslenen balıkların hematokrit değeri kontrol yeminkine göre azalırken, fitaz ve demir takviyeli yemlerle beslenen balıkların hematokrit değerleri kontrol yemle beslenenlerle aynı olduğu bulunmuştur (Lim ve Lee, 2009).

Yavru hibrid tilapia yemlerinde soya küspesi kanola küspesiyle % 0 ile % 100 arasında ikame edildiğinde balıkların eritrosit sayısında hiçbir değişim olmadığı tespit edilmiştir (Zhou ve Yue, 2010). % 45 ve % 60 kanola küspesi ikameli yemlerle beslenen balıkların hemoglobin ve hematokrit değerleri kanola içermeyen yemle beslenenlere göre daha yüksek olduğu, ancak % 100 kanola ikameli yemlerle beslenen balıkların Hb ve Hct değerleri sadece soya küspesi içeren yemlerle beslenenlerinkinden farklı olmadığı bulunmuştur (Zhou ve Yue, 2010). Shafaeipour ve ark. (2008), alabalık yemlerine kanola küspesi ilavesinin balıkların kolesterol düzeyini düşürdüğünü bulmuşlardır.

4.2.6. Balıkların İmmünolojik Parametreleri

Farklı oranlarda kanola küspesi içeren ve fitaz ilave edilen yemlerle beslenen levreklerin mieloperoksidaz, lizozim ve pozitif hücre aktivasyonu (NBT) gibi bazı immünolojik parametreleri Çizelge 26'da verilmiştir.

En yüksek mieloperoksidaz aktivitesi kontrol yemiyle beslenen balıklarda (95.47), en düşük aktivite ise K10 grubunda (31,46) olduğu bulunmuştur. Kontrol yemiyle beslenen balıkların mieloperoksidaz aktivitesi K10 yemiyle beslenenlere göre önemli ölçüde daha düşük olduğu bulunsada da ($p < 0,05$), kanola küspesi oranı % 20'nin üzerine çıktığında balıkların mieloperoksidaz aktivitesinde istatistiksel olarak bir farklılık olmadığı gözlenmiştir ($p > 0,05$). Kanola küspesi içeren yemlere fitaz ilavesi ise sadece K10 ve K10+F yemleriyle beslenen balıkların mieloperoksidaz aktivitesinde önemli oranda artışa neden olmuştur ($p < 0,05$).

Farklı oranlarda kanola küspesi içeren ve 1500 U / kg yem oranında fitaz ilave edilen yemlerle beslenen balıkların lizozim aktivitesi 341,67 (K40) ile 1066,67 (K+F) arasında değiştiği bulunmuştur. Yemdeki kanola küspesi oranının artmasıyla balıkların lizozim aktivitesinde bir azalma olduğu gözlenirken, K ve K30 yemleriyle beslenen balıkların lizozim değerleri arasında istatistiksel bir farklılık olmadığı bulunmuştur ($p > 0,05$). Fitaz enzimi takviyesi, K, K10 ve K40 yemleriyle beslenen balıkların lizozim değerini sırasıyla K+F, K10+F ve K40+F yemleriyle beslenen balıklardaki değerlerin önemli ölçüde artmasında neden olmuştur ($p < 0,05$).

NBT testinin sonucunda da pozitif hücre aktivasyonunun deneme grupları arasında 0,56 (K) ile 1,43 (K20+F) arasında değiştiği bulunmuştur. Yemdeki kanola küspesi oranının artmasıyla NBT değerinin değişmediği ($p > 0,05$), ancak fitaz enzimi ilavesiyle NBT değerinin K40 ve K40+F grupları hariç, önemli oranda arttığı gözlenmiştir ($p < 0,05$). Balık unundan gelen proteinin % 40'ını kanola küspesi proteiniyle ikame edilmesi ve fitaz enzimi ilave edilmesi, balıkların NBT değerinde artış göstermesine neden olsa da, bu artışın istatistiksel olarak önemli olmadığı saptanmıştır ($p > 0,05$).

Genellikle balık yemlerine bitkisel kaynaklı hammaddeler ilave edildiğinde bu hammaddelerin içerdiği anti-besinsel bileşenlere bağlı olarak balıkların bağışıklık sistemine olumsuz etki yaratabileceği düşünülmektedir. Ancak bu anti-besinsel bileşenleri çeşitli uygulamalarla bertaraf edilmesi suretiyle balıkların bağışıklık sistemi güçlendirilebileceği konusunda farklı araştırmalar yapılmıştır.

Çizelge 26. Kanola küspesi ve fitaz enzimi ilave edilen yemlerle beslenen yavru levreklerin immünolojik parametreleri*

	K	K10	K20	K30	K40	K+F	K10+F	K20+F	K30+F	K40+F	±SH**
Mieloperoksidaz (U/ml)	95,47 ^b	31,46 ^a	63,54 ^{ab}	78,17 ^b	95,33 ^b	87,07 ^b	87,22 ^b	68,67 ^{ab}	89,61 ^b	63,87 ^{ab}	±13,80
Lizozim (U/ml)	825,00 ^c	587,50 ^b	541,67 ^{ab}	804,17 ^c	341,67 ^a	1066,67 ^d	933,33 ^{cd}	583,33 ^b	591,67 ^b	587,50 ^b	±65,14
NBT (mg/ml)	0,56 ^a	0,71 ^a	0,81 ^{ab}	0,69 ^a	0,70 ^a	1,13 ^{bc}	1,37 ^c	1,43 ^c	1,27 ^c	0,89 ^{ab}	±0,10

*Aynı satırda farklı üs harfleri taşıyan deneme gruplarının değerleri birbirinden farklıdır(p<0,05)

**±Standart Hata.

Baruah ve ark. (2009) soya küspesi içeren yemlere fitaz ve sitrik asit takviyesinin rohu balıklarının (*Labeo rohita*) hematolojik ve immünolojik parametrelerine olan etkilerini araştırmışlardır. Fitaz ilavesinin balıkların NBT değerini arttırdığı ancak bu artışın istatistiksel olarak önemli olmadığı, ancak yemlere fitaz enzimi ve % 3 oranında sitrik asit ilavesinin balıkların NBT değerine önemli ölçüde olumlu etki yarattığı bulunmuştur. Bu sonuçlar, besleme denemesi II'de elde edilen sonuçlarla benzerlik göstermiştir.

Cheng ve ark. (2010), Japon levrekleri (*Lateolabrax japonicus*) yemlerine kanola küspesi ilave etmişler ve balıkların bağışıklık sistemi göstergesi olan lizozim aktivitesi değişimini incelemişlerdir. Besleme denemesi II'de elde edilen lizozim aktivitesi sonuçlarına benzer şekilde, Japon levrekleri yemindeki kanola küspesi proteini kanola küspesi proteini ile ikame edilmiş ve bu oran % 10'un üzerine çıktığında balıkların lizozim aktivitesi önemli oranda düştüğü gözlenmiştir.

4.2.7. Yarı-Kapalı Devre Deniz Suyu Sisteminin Su Kalitesi Parametreleri

Yarı-kapalı devre deniz suyu sisteminin su kalitesi deneme boyunca düzenli olarak takip edilmiş olup elde edilen veriler Çizelge 27'de verilmiştir. Poikilotermik canlılar oldukları için balıkların optimum gelişebildikleri belirli su sıcaklığı sağlandığında iyi bir büyüme performansı gösterirler. Bu yüzden, bu besleme denemesi süresince levrekler için optimal olan 20-25 °C arasındaki su sıcaklığı sağlanmış olup, su sıcaklığında büyük farklılıklar gözlenmemesi için deneme kapalı ortamda gerçekleştirilmiştir. Sudaki çözülmüş oksijen miktarı ortalama 7,05 mg/l olup, levrek yavruları için gerekli olan değerlerde seyretmiştir.

Balıkların metabolik aktiviteleri sonucunda ortama bıraktıkları atıklardan kaynaklanan NH_4^+ , NO_2^- ve NO_3^- iyonlarının değerleri kapalı devre sistemleri ve levreklerin tolere edebileceği değerlerde olduğu saptanmıştır.

Çizelge 27. Kanola küspesiyle beslenen levrek yavruların bulunduğu yarı-kapalı devre sisteminde besleme denemesi sırasında su kalitesi parametreleri

Parametre	
Su sıcaklığı (°C)	23,1±0,5
Çözünmüş Oksijen (mg/l)	7,05±0,12
pH	7,95±0,13
Tuzluluk (‰)	30±1
N-NH ₄ ⁺ (mg/l)	0,11±0,04
N-NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,11±0,05
N-NO ₃ ⁻ (mg/l)	13,7±5,2
PO ₄ ⁻³ (mg/l)	1,79±0,71

Blancheton (2000)'a göre, yavru levrek yetiştiriciliğinde balıkların sağlığı ve büyümesi sağlanabilmesi için kapalı devre sisteminde su kalitesi parametreleri aşağıdaki gibi olmalıdır: sıcaklık: 22-24°C, çözünmüş oksijen: % 90'dan fazla, total N-NH₄⁺: 0,5 mg/l'den az, N-NO₂⁻: 0,5 mg/l'den az, N-NO₃⁻: belirlenmemiş (büyük boy levrekler için ise: N-NO₃⁻: 100 mg/l'den az), pH: 6,5-8,3. Besleme denemesi II sırasında su kalitesi parametreleri, deneme I'de ölçülen değerlerle benzer olduğu ve levreklerle yapılan diğer çalışmalarda ölçülen değerlerle de benzer olduğu bulunmuştur (Blancheton, 2000; Pichavant ve ark., 2001).

BÖLÜM 5**SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Dünyada artan su ürünleri talebinin karşılanabilmesi için su ürünleri yetiştiricilik yoluyla elde edilen üretim miktarı da artmaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliği sektörünün üretim miktarının artması, bu sektörün temel girdilerinden biri olan balık yemi üretiminin artırılmasıyla sağlanabilir. Balık unu, yetiştiriciliği yapılan balıkların yemlerinde temel protein kaynağıdır, çünkü yüksek protein değeri, dengeli amino asit ve yağ asidi profili ve düşük anti-besinsel içeriğe sahiptir. Ancak, balık unu fiyatlarındaki artışa bağlı olarak, balık unu yerine alternatif bitkisel kaynaklı hammaddeler araştırılmaktadır. Hububat, baklagil ve yağlı tohumlar ve ürünlerinin su ürünleri yemlerinde balık ununa alternatif protein kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Günümüze kadar yapılan araştırmalarda somon, alabalık, çipura ve levrek gibi karnivor türlerin yetiştiriciliğinde balık unu kullanım miktarları, balık türü ve gelişme evresine bağlı olarak % 25 ile 50 arasında düşürülmesi sağlanmıştır. Bitkisel kaynaklı protein kaynaklarının genellikle yetersiz temel amino asit ve yağ asidi bakımından yetersiz kalması ve balıkların büyümesini ve besin sindirilebilirliğini düşüren bazı anti-besinsel bileşikler içermesinden dolayı bu kaynakların tür bazında kullanılabilirliği ve kullanılabilir oranları araştırılmaktadır. Bununla birlikte, bitkisel kaynakların kullanılabilirliğinin artırılması için yemlere gerekli takviyeler yapılarak kullanım olanaklarının artırılması da araştırılmaktadır.

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalarda, yavru levrek yemlerine, yağ sanayinden artık olarak oraya çıkan kanola küspesinin balıkların büyüme performansına, yem kullanımına, vücut kompozisyonuna, besin sindirilebilirliğine ve bazı hematolojik ve immünolojik parametrelerine olan etkileri araştırılmıştır.

Kanola küspesi, kanola yağı üretimi esnasında ortaya çıkan artıktır. Kanola küspesi, uygun fiyatı, yüksek protein miktarı, uygun amino asit profili, mineral ve vitamin içeriği ile yem hammaddesi olarak oldukça uygun bulunmaktadır. Ancak, tüm bitkisel kaynaklı hammaddeler gibi, kanola küspesi de balıkların sağlığını ve büyümesini olumsuz etkileyebilecek erüsik asit, glukosinolatlar, fenolik bileşikler, fitik asit, selüloz ve proteaz inhibitörleri gibi bazı anti-besinsel bileşikler içermektedir. Bu tip anti-besinsel bileşiklerin olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi için bitki ıslahı, ısıl ön-işlemler, ince öğütme ve/veya fitaz enzimi ilavesi gibi işlemler uygulanmaktadır.

Bu doğrultuda, besleme denemesi I'de, kontrol yeminde balık unu proteininin % 10, % 20, % 30 ve % 40'nın kanola küspesinden karşılanacak şekilde yem rasyonları hazırlanmış ve bu yemlerle 8 hafta boyunca beslenen yavru levreklerin büyüme performansı, yem değerlendirilmesi, vücut kompozisyonu, amino asit profili ve besin sindirilebilirliği araştırılmıştır. Deneme sonunda, K30 yemiyle beslenen balıklar en yüksek son ağırlığa ulaşırlarken, kontrol yemiyle beslenen balıkların son ağırlığı K30 yemiyle beslenenlere göre daha düşük bulunmuştur. Kanola küspesi içeren yemler, temel protein kaynağı olarak balık unu içeren kontrol yemi kadar balıklarda ağırlık kazanımı sağlamıştır. Benzer sonuçlar, balıkların spesifik büyüme oranı ve canlı ağırlık artışı için de elde edilmiştir. Farklı oranlarda kanola küspesi içeren yemlerle beslenen levreklerin yem dönüşüm oranı, yem tüketimi, protein verimlilik oranı, net protein kullanım oranı, kondüsyon faktörü ve hepatosomatik indeksi arasında istatistiksel farklılık belirlenmemiştir. K40 yemiyle beslenen balıkların viserosomatik indeksi diğer gruplara göre daha yüksek bulunmuştur. Yeme kanola küspesi ilavesinin, balıkların vücut kompozisyonuna (nem, protein, yağ ve kül) bir etkisi olmadığı bulunmuştur. Balıkların amino asit kompozisyonu da incelendiğinde, yemdeki kanola küspesinin artmasıyla esansiyel amino asitlerden lizin ve histidinin azaldığı tespit edilmiş, ancak bu azalmanın K40 yemiyle beslenen balıklarda diğer gruplara göre önemli olduğu bulunmuştur. En düşük protein sindirilebilirliği, K40 yemiyle beslenen balıklarda gözlenmiş, grupların yağ sindirilebilirliğinde ise önemli bir fark bulunmamıştır. Balık unu yerine yemlere kanola küspesi ilave edilmesiyle birlikte, en iyi büyüme ve kontrol yemiyle aynı sindirilebilirliğe sahip olan K30 yeminin hammadde maliyeti % 20,95 azalmıştır.

Besleme denemesi II'de, kontrol yeminde balık unu proteininin % 10, % 20, % 30 ve % 40'ı kanola küspesiyle ikame edilen yemlere 1500 U / kg yem fitaz ilave edilmiş ve yavru levreklerin büyüme performansı, kondüsyon parametreleri, yem kullanımı, vücut kompozisyonu, mineral sindirilebilirliği ve bazı hematolojik ve immünolojik parametreleri incelenmiştir. K20 ve K20+F yemleriyle beslenen balıklar diğer gruplara göre daha yüksek ağırlığa ulaşmış, ancak, K20, K+F, K20+F ve K30+F yemleriyle beslenen balıkların ulaştığı son ağırlıklar arasında önemli fark gözlenmemiştir. Bununla birlikte, K 20 ve K20+F yemleriyle beslenen balıkların yem dönüşüm oranı diğer balıklara göre daha düşük bulunmuştur. Fitaz enziminin balıkların ağırlık kazanımı, spesifik büyüme oranı, yem dönüşüm oranı, yem tüketimi, protein verimlilik oranı, hepatosomatik indeksi ve viserosomatik indeksine bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. Bunun yanı sıra, fitaz ilavesinin

K10+F, K30+F ve K40+F gruplarında KF değerinin önemli ölçüde artmasına neden olduğu saptanmıştır. Deneme yemlerine kanola küspesi ve fitaz enzimi ilave edilmesinin balıkların vücut kompozisyonuna önemli etkisi bulunmamıştır. Yemlere bitkisel hammadde ilavesiyle besin sindirilebilirliğinde düşüşler beklenmektedir. Kanola küspesi oranının artmasıyla birlikte beklendiği gibi fosfor sindirilebilirliğinde bir düşüş gözlenmiş, ancak kalsiyum, magnezyum, demir, bakır ve çinkonun sindirilebilirliğinde bir fark belirlenmemiştir. Bununla birlikte deneme yemlerine fitaz enzimi ilave edildiğinde fosfor, kalsiyum, magnezyum, demir, bakır ve çinkonun sindirilebilirliği önemli ölçüde artış göstermiştir. Balıkların bazı hematolojik parametrelerinde yemlere kanola küspesi ilavesiyle farklılıklar gözlenmiştir. K30 ve K40 deneme gruplarının hemoglobin değerleri K, K10 ve K20 yemleriyle beslenenlere göre önemli ölçüde daha düşük bulunmuştur. Yemlere fitaz ilave edilmesi K ve K+F, K40 ve K40+F yemleriyle beslenen balıkların hemoglobin değerlerine önemli değişikliğe neden olmamış, K10, K20 ve K30 yemlerine fitaz ilave edilmesi ise, balıkların hemoglobin değerlerinin önemli oranda azalmasına neden olmuştur. Balıklar için optimal hemoglobin değeri konusunda henüz belirli kriterler söz konusu olmadığından ve balıklarda rahatsızlık veya hastalık belirtileri olmadığından bu değerlerin balıklar için normal sayılabileceği düşünülmektedir.

Karnivor balık türü olan levreklerin yemine, kanola küspesinin daha yüksek oranlarda kullanım olanakları araştırılmalıdır. Amino asit kompozisyonu, mineral ve vitamin bakımından dengeli yem rasyonları hazırlanarak balıkların büyüme performansı ve besin sindirilebilirliği araştırılmalıdır. Balık unu proteinin % 40'ının kanola küspesinden karşılanması levreklerin fosfor ihtiyacının sınırda olduğu yem rasyonu olup, bu yemle beslenen balıklar çevreye en az fosfor atığı sağladığı görülmektedir. Bitkisel içerikli yemler aynı zamanda daha düşük oranda azot ve fosfor gibi nutrientlerin atılmasına sebep olabilir ve böylelikle sürdürülebilir su ürünleri yetiştirme tekniklerinin geliştirilmesine katkıda bulunabilir. Kanola küspesi gibi bitkisel kaynaklı hammaddelerin sindirilebilirliğinin artırılması için ısısal işlemler, yem yapımı öncesi fitaz uygulaması, ve/veya yemlere pH düşürücü (sitrik asit) gibi maddeler ilave edilebilir. Bunun yanı sıra, kanola küspesi, soya küspesi, baklagil gibi diğer yüksek protein içerikli hammaddelerle birlikte de balık yemlerine ilave edilerek balıkların büyüme performansı, besin sindirilebilirliği ve sağlık durumu araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Adamidou S., Nengas I., Alexis M., Foundoulaki E., Nikolopoulou D., Campbell P., Karacostas I., Rigos G., Bell G.J. ve Jauncey K., 2009a. Apparent Nutrient Digestibility and Gastrointestinal Evacuation Time in European Seabass (*Dicentrarchus labrax*) Fed Diets Containing Different Levels of Legumes. *Aquaculture*, 289: 106-112.
- Adamidou S., Nengas I., Henry M., Grigorakis K., Rigos G., Nikolopoulou D., Kotzamanis Y., Bell G.J. ve Jauncey K., 2009b. Growth, Feed Utilization, Health and Organoleptic Characteristics of European Seabass (*Dicentrarchus labrax*) Fed Extruded Diets Including Low and High Levels of Three Different Legumes. *Aquaculture*, 293: 263-271.
- AOAC, 2000. *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 17th ed. Association of Analytical Communities, Arlington, VA, ABD.
- AOCS, 1998. *Official Methods and Recommended Practices of the AOCS*, 5th ed. American Oil Chemists' Society, Champaign, Ill, ABD.
- Ayhan V., Diler İ., Arabacı M. ve Sevgili H., 2008. Enzyme Supplementation to Soybean Based Diet in Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata*): Effects on Growth Parameters and Nitrogen and Phosphorus Excretion. *Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi*, 14 (2): 161-168.
- Balasundram N., Sundram K. ve Samman S., 2006. Phenolic Compounds in Plants and Agri-Industrial By-Products: Antioxidant Activity, Occurrence, and Potential Uses. *Food Chemistry*, 99: 191-203.
- Baruah K., Pal A.K., Sahu N.P., Debnath D., Norouzitallab P. ve Sorgeloos P., 2007a. Microbial Phytase Supplementation in Rohu, *Labeo rohita* Diets Enhances Growth Performance and Nutrient Digestibility. *Journal of the Aquaculture Society*, 38: 129-137.
- Baruah K., Pal A.K., Sahu N.P., Debnath D., Yengkokpam S., Norouzitallab P. ve Sorgeloos P., 2009. Dietary Crude Protein, Citric Acid and Microbial Phytase Interacts to Influence the Hemato-Immunological Parameters of Rohu, *Labeo rohita*, Juveniles. *Journal of the World Aquaculture Society*, 40 (6): 824-831.
- Baruah K., Sahu N.P., Pal A.K., Jain K.K., Debnath D. ve Mukherjee S.C., 2007b. Dietary Microbial Phytase and Citric Acid Synergistically Enhances Nutrient Digestibility

- and Growth Performance of *Labeo rohita* (Hamilton) Juveniles at Sub-Optimal Protein Level. *Aquaculture Research*, 38 (2): 109-120.
- Biswas A.K., Kaku H., Ji S.C., Seoka M. ve Takii K., 2007a. Use of Soybean Meal and Phytase for Partial Replacement of Fish Meal in the Diet of Red Sea Bream, *Pagrus major*. *Aquaculture*, 267: 284-291.
- Biswas P., Pal A.K., Sahu N.P., Reddy A.K., Prusty A.K. ve Misra S., 2007b. Lysine and/or Phytase Supplementation in the Diet of *Penaeus monodon* (Fabricius) Juveniles: Effect on Growth, Body Composition and Lipid Profile. *Aquaculture*, 265, 253-260.
- Blancheton J.P., 2000. Developments in Recirculation Systems for Mediterranean Fish Species. *Aquacultural Engineering*, 22: 17-31.
- Blaxhall P.C. ve Daisley K.W., 1973. Routine Hematological Methods for Use with Fish Blood. *Journal of Fisheries Biology*, 5: 771-781.
- Bostock J., McAndrew B., Richards R., Jauncey K., Telfer T., Lorenzen K., Little D., Ross L., Handisyde N., Gatward I. ve Corner R., 2010. Aquaculture: Global Status and Trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society Biological Sciences*, 365: 2897-2912.
- Bureau D.P. ve Hua K., 2010. Towards Effective Nutritional Management of Waste Outputs in Aquaculture, with Particular Reference to Salmonid Aquaculture Operations. *Aquaculture Research*, 41: 777-792.
- Burel C., Boujard T., Escaffre A.M., Kaushik S.J., Boeuf, G., Mol K.A, Van der Geyten S. ve Kuhn E.R., 2000a. Dietary Low Glucosinolate Rapeseed Meal Affects Thyroid Status and Nutrient Utilization in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *British Journal of Nutrition*, 83: 653-664.
- Burel C., Boujard T., Kaushik S.J., Boeuf, G., Van der Geyten S., Mol K.A, Kuhn E.R., Quinsac, A., Krouti, M. ve Ribaillier D., 2000b. 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.
- Burel C., Boujard T., Tulli F. ve Kaushik S.J., 2000c. Digestibility of Extruded Peas, Extruded Lupin, and Rapeseed Meal in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture*, 188, 285-298.
- Burel C., Boujard T., Kaushik S.J., Boeuf G., Mol K.A., Van der Geyten S., Darras V.M., Kühn E.R., Pradet-Balade B., Querat B., Quinsac A., Krouti M. ve Ribaillier D., 2001. Effects of Rapeseed Meal-Glucosinates on Thyroid Metabolism and Feed

- Utilization in Rainbow Trout. *General and Comparative Endocrinology*, 124, 343-358.
- Cao L., Wang W., Yang C., Yang Y., Diana J., Yakupitiyage A., Luo Z. ve Li D., 2007. Application of Microbial Phytase in Fish Feed. *Enzyme Microbiology and Technology*, 40 (4): 497-507.
- Cain K.D. ve Garling D.L., 1995. Pretreatment of Soybean Meal with Phytase for Salmonid Diets to Reduce Phosphorus Concentrations in Hatchery Effluents. *The Progressive Fish-Culturist*, 57: 114-119.
- Cavero B.A.S., 2004. Prospective Uses of Exogenous Digestive Enzyme in Fish Nutrition. International Congress on the Biology of Fish, Brazil 1-5 August, 143-145.
- Cheng Z.J. ve Hardy R.W., 2002. Effect of Microbial Phytase on Apparent Nutrient Digestibility of Barley, Canola Meal, Wheat and Wheat Middlings, Measured in Vivo Using Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*, 8 (4): 271-277.
- Cheng Z., Ali Q., Mai K., Xu W., Ma H., Li Y. ve Zhang J., 2010. Effects of Dietary Canola Meal on Growth Performance, Digestion and Metabolism of Japanese Seabass, *Lateolabrax japonicus*. *Aquaculture*, 305: 102-108.
- Cho C.Y. ve Bureau D.G., 2001. A Review of Diet Formulation Strategies and Feeding Systems to Reduce Excretory and Feed Wastes in Aquaculture. *Aquaculture Research*, 32: 349-360.
- Classen H.L. ve Cooper R., 2006. Improving Animal Feeding Through Enzyme Use. Retrieved November, 16, 2006 from http://feeds.innovation.usak.ca/feednotes_archive/feednotes_1_3.pdf
- Cowey C. B., 1992. Nutrition: Estimating Requirements of Trout. *Aquaculture*, 100: 177-189.
- Çetinkaya O., Şen F. ve Elp M., 2005. Balıklarda Büyüme ve Büyüme Analizleri. Karataş M., Ed. *Balık Biyolojisi Araştırma Yöntemleri*. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara. 97-120.
- Da Silva J.G. ve Oliva-Teles A., 1998. Apparent Digestibility Coefficients of Feedstuffs in Seabass (*Dicentrarchus labrax*) Juveniles. *Aquatic Living Resources*, 11 (3): 187-191.
- De Francesco M., Parisi G., Perz-Sanchez J., Gomez-Requeni P., Medale F., Kaushik S.J., Mecatti M. ve 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.
- Deak N.A. ve Johnson L.A., 2007. Fate of Phytic Acid in Producing Soy Protein Ingredients. *Journal of American Oil Chemists' Society*, 84: 369-376.
- Demir H., 2010. Cargill Tarım ve Gıda San. Tic. A.Ş., Özel görüşme.

- Denstadli V., Skrede A., Krogdahl A., Sahlstrom S. ve Storebakken T., 2006. Feed Intake, Growth, Feed Conversion, Digestibility, Enzyme Activities and Intestinal Structure in Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) Fed Graded Levels of Phytic Acid. *Aquaculture*, 256, 365-376.
- Denstadli V., Storebakken T., Svihus B. ve Skrede A., 2007. A Comparison of Online Phytase Pre-Treatment of Vegetable Feed Ingredients and Phytase Coating in Diets for Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) Reared in Cold Water. *Aquaculture*, 269: 414-426.
- D'Orbcastel E.R., Lemarie G., Breuil G., Petochi T., Marino G., Triplet S., Dutto G., Fivelstad S., Coeurdacier J.L. ve Blancheton J.P., 2010. Effects of Rearing Density on Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) Biological Performance, Blood Parameters and Disease Resistance in a Flow Through System. *Aquatic Living Resources*, 23: 109-117.
- Drew M.D., Borgeson T.L. ve Thiessen D.L., 2007. A Review of Processing of Feed Ingredients to Enhance Diet Digestibility in Finfish. *Animal Feed Science and Technology*, 138: 118-136.
- Ellis A.E., 1990. Lysozyme Assays. In: Stolen J.S., Fletcher T.C., Anderson D.P., Roberson B.S. ve van Muiswinkel W.B., Eds. *Techniques in Fish Immunology*. SOS Publications, Fair Heaven, New Jersey. 101-103.
- Enami H.R., 2011. A Review of Using Canola/Rapeseed Meal in Aquaculture Feeding. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 6 (1): 22-36.
- Eroldoğan O.T. ve Kumlu M., 2002. Growth Performance, Body Traits and Fillet Composition of the European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) Reared in Various Salinities and Fresh Water. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*, 26: 993-1001.
- FAO, 2007. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2006*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 162.
- FAO, 2009. *The State of World Fisheries and Aquaculture 2008*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 176.
- FAO, 2010a. Fisheries Statistics. Food and Agriculture Organization of the United States. Online: <http://www.fao.org/fishery/statistics/en>.
- FAO, 2010b. FAOSTAT-Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United States. Online: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.
- Forster I., Higgs D.A., Dosanjh B.S., Rowshandeli M. ve Parr J., 1999. Potential for Dietary Phytase to Improve the Nutritive Value of Canola Protein Concentrate and

- Decrease Phosphorus Output in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Held in 11°C Fresh Water. *Aquaculture*, 179: 109-125.
- Francis G., Makkar H.P.S. ve Becker K., 2001. Antinutritional Factors Present in Plant-Derived Alternate Fish Feed Ingredients and Their Effects in Fish. *Aquaculture*, 199: 197-227.
- Fuentes A., Fernandez-Segovia I., Serra, J.A. ve Barat J.M., 2010. Comparison of Wild and Cultured Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) Quality. *Food Chemistry*, 119: 1514-1518.
- Gatlin III D.M., Barrows F.T., Brown P., Dabrowski K., Gaylord T.G., Hardy R.W., Herman E., Hu G., Krogdahl A., Nelson R., Overturf K., Rust M., Sealey W., Skonberg D., Souza E.J., Stone D., Wilson R. ve Wurtele E., 2007. Expanding the Utilization of Sustainable Plant Products in Aquafeeds: A Review. *Aquaculture Research*, 38: 551-579.
- Gençtürk G., 2010. Agromarin Yem San. ve Tic. A.Ş., Özel görüşme.
- Girgin Başusta A., 2005. Balık Hematolojisi ve Hematolojik Metotlar. Karataş M., Ed. *Balık Biyolojisi Araştırma Yöntemleri*. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara. 279-300.
- Glencross B., 2003. Pilot Assessment of the Potential for Canola Meal and Oil Use in Aquaculture Feeds. Final Report for the Grains Research and Development Corporation Fisheries Research Contract Report No. 5, Department of Fisheries, Western Australia, 132 pp.
- Glencross B.D., Booth M. ve Allan G.L., 2007. A Feed is Only as Good as Its Ingredients – a Review of Ingredients Evaluation Strategies for Aquaculture Feeds. *Aquaculture Nutrition*, 13:17-34.
- Glencross B., Hawkins W., ve Curnow J., 2004. Nutritional Assessment of Australian Canola Meals. I. Evaluation of Canola Oil Extraction Method and Meal Processing Conditions on the Digestible Value of Canola Meals Fed to the Red Seabream (*Pagrus auratus*, Paulin). *Aquaculture Research*, 35 (1): 15-24.
- Godoy S., Chicco C., Meschy F. ve Requena F., 2005. Phytic Phosphorus and Phytase Activity of Animal Feed Ingredients. *Interciencia*, 30 (1): 24-28.
- Gouveia A. ve Davies S.J., 2000. Inclusion of an Extruded Dehulled Pea Seed Meal in Diets of Juvenile European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 182: 183-193.
- Haefner S., Knietsch A., Scholten E., Braun J., Lohscheidt M. ve Zelder O., 2005. Biotechnological Production and Applications of Phytases. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 68: 588-597.

- Halver J.E., 1996. Nutrition of Salmonids. Ch. 10 in *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*, Blackwell Publishing, 613-653.
- 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. ve Sullivan, C.V., 1983. Canola Meal in Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*) Productions Diets. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 40:281-286.
- Harland B.F. ve Narula G., 1999. Food Phytate and Its Hydrolysis Products. *Nutrition Research*, 19 (6): 947-961.
- Haug W. ve Lantzsch H.J., 1983. Sensitive Method for the Rapid Determination of Phytate in Cereals and Cereal Products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 34: 1423-1426.
- Hidvegi M. ve Lasztity R., 2002. Phytic Acid Content of Cereals and Legumes and Interaction with Proteins. *Periodica Polytechnica Series Chemical Engineering*, 46 (1-2): 59-64.
- Hillestad M., Asgard T. ve Berge G.M., 1999. Determination of Digestibility of Commercial Salmon Feeds. *Aquaculture*, 179: 81-94.
- Kasim A.B. ve Edwards H.M.Jr., 1998. The Analysis for Inositol Phosphate Forms in Feed Ingredients. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76: 1-9.
- Kaushik S.J., 1998. Whole Body Amino Acid Composition of European Seabass (*Dicentrarchus labrax*), Gilthead Seabream (*Sparus aurata*) and Turbot (*Psetta maxima*) with an Estimation of Their IAA Requirement Profiles. *Aquatic Living Resources*, 11 (5): 355-358.
- Kaushik S.J., 2002. European Sea Bass, *Dicentrarchus labrax*. Webster, C.D., Lim, C. (Eds.) *Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture*. CABI Publishing, Cambridge, MA, USA, 28-39.
- Kaushik S.J., Coves D., Dutto, G. ve Blanc D., 2004. Almost Total Replacement of fish Meal by Plant Protein Sources in the Diet of a Marine Teleost, the European Seabass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*, 230: 391-404.
- Kaushik S.J. ve Seiliez I., 2010. Protein and Amino Acid Nutrition and Metabolism in Fish: Current Knowledge and Future Needs. *Aquaculture Research*, 41: 322-332.
- Kaya C., 2010. DSM Besin Maddeleri Ltd. Şti., İstanbul, Özel görüşme.
- Kirk O., Borchet T.V. ve Fulsang C.C., 2002. Industrial Enzyme Applications. *Current Opinion in Biotechnology*, 13: 345-351.

- Klein-Hessling H., 2007. Canola: An Ingredient with Opportunity. *World Poultry* 23: 22-23.
- Laining A., Traifalgar R.F., Thu M., Komilus C.F. ve Kader M.A., 2010. Influence of Dietary Phytic Acid on Growth, Feed Intake and Nutrient Utilization in Juvenile Japanese Flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 41 (5): 746-755.
- Lanari D. ve D'Agaro E., 2005. Alternative Plant Protein Sources in Sea Bass Diets. *Italian Journal of Animal Science*, 4 (4): 365-374.
- Lemarie G., Dosdat A., Coves D., Dutto G., Gasset E. ve Person Le-Ruyet J., 2004. Effect of Chronic Ammonia Exposure on Growth of European Seabass (*Dicentrarchus labrax*) Juveniles. *Aquaculture*, 229: 479-491.
- Lewis S.M., Bain B.J. ve Bates I., 2006. *Dacie and Lewis Practical Haematology*. 10. Ed., Philadelphia: Churchill Livingstone Elsevier.
- Li M.H. ve Robinson E.H., 1994. Use of Canola Meal in Catfish Feeds. *Aquaculture Magazine* 19 (5):60-63.
- Liebert F. ve Portz L., 2005. Nutrient Utilization of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* Fed Plant Based Low Phosphorus Diets Supplemented with Graded Levels of Different Sources of Microbial Phytase. *Aquaculture*, 248: 111-119.
- Lim S.J. ve Lee K.J., 2009. Partial Replacement of Fish Meal by Cottonseed Meal and Soybean Meal with Iron and Phytase Supplementation for Parrot Fish *Olpegnathus fasciatus*. *Aquaculture*, 290: 283-289.
- Mailer R.J, McFadden A., Ayton J. ve Redden B., 2008. Anti-Nutritional Components, Fibre, Sinapine and Glucosinolate Content in Australian Canola (*Brassica napus* L.) Meal. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 85: 937-944.
- Mwachireya S.A., Beames R.M., Higgs D.A. ve Dosanjh B.S., 1999. Digestibility of Canola Protein Products Derived from the Physical, Enzymatic and Chemical Processing of Commercial Canola Meal in Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) Held in Fresh Water. *Aquaculture Nutrition*, 5 (2): 73-82.
- Naylor R.L., Hardy R.W., Bureau D.P. Chiu A., Elliott M., Farrell A.P., Forster I., Gatlin D.M., Goldberg R.J., Hua K. ve Nichols P.D., 2009. Feeding Aquaculture in an Era of Finite Resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106 (36): 15103-15110.
- Naczki M., Amarowicz R., Sullivan A. ve Shahidi F., 1998. Current Research Developments on Polyphenolics of Rapeseed/Canola: a Review. *Food Chemistry*, 62 (4): 489-502.

- Newkirk R.W., Classen H.L., Scott, T.A., ve Edney M.J., 2003. The Digestibility and Content of Amino Acids in Toasted and Non-Toasted Canola Meals. *Canadian Journal of Animal Sciences* 83: 131-139.
- Nwanna L.C., Eisenreich R. ve Schwarz F.J., 2007. Effect of Wet – Incubation of Dietary Plant Feedstuffs with Phytases on Growth and Mineral Digestibility by Common Carp (*Cyprinus carpio* L). *Aquaculture*, 271: 461-468.
- Nwanna L.C. ve Schwarz F.J., 2008. Effect of Different Levels of Phytase on Growth and Mineral Deposition in Common Carp (*Cyprinus carpio* L). *Journal of Applied Ichthyology*, 24: 574-580.
- Oatway L., Vasanthan T. ve Helm J.H., 2001. Phytic Acid. *Food Reviews International*, 17 (4): 419-431.
- Ogunkoya A.E., Page G.I., Adewolu M.A. ve Bureau D.P., 2006. Dietary Incorporation of Soybean Meal and Exogenous Enzyme Cocktail Can Affect Physical Characteristics of Faecal Material Egested by Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 254: 466-475.
- Oliva-Teles A., 2000. Recent Advances in European Sea Bass and Gilthead Sea Bream Nutrition. *Aquaculture International*, 8: 477-492.
- Oliva-Teles A., Pereira J.P., Gouveia A. ve Gomes E., 1998. Utilization of Diets Supplemented with Microbial Phytase by Seabass (*Dicentrarchus labrax*) Juveniles. *Aquatic Living Resources*, 11 (4): 255-259.
- Oliva-Teles A. ve Pimentel-Rodrigues A., 2004. Phosphorus Requirement of European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax* L.) Juveniles. *Aquaculture Research*, 35: 636-642.
- Ölmez M. ve Aybal N.Ö., 2006. Balık Beslemede Kanola (*Brassica* sp.) Kullanımı. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23 (Ek ½): 269-273.
- Özden Ö. ve Erkan N., 2008. Comparison of Biochemical Composition of Three Aqua Cultured Fishes (*Dicentrarchus labrax*, *Sparus aurata*, *Dentex dentex*). *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 59 (7-8): 545-557.
- Özyurt G. ve Polat A., 2006. Amino Acid and Fatty Acid Composition of Wild Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*): a Seasonal Differentiation. *European Food Research and Technology*, 222: 316-320.
- Palmer T., 1991. *Understanding Enzymes* (3rd ed.). Ellis Horwood Ltd. England. 19-57, 346-380.

- Papatryphon E., Howell, R.A. ve Soares, J.H., 1999. Growth and Mineral Absorption by Striped Bass *Morone saxatilis* Fed a Plant Feedstuff Based Diet Supplemented with Phytase. *Journal of World Aquaculture Society*, 30:161–73.
- Peres H. ve Oliva-Teles A., 1999. Influence of Temperature on Protein Utilization in Juvenile European Seabass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 170: 337-348.
- Peres H. ve Oliva-Teles A., 2005. Protein and Energy Metabolism of European Seabass (*Dicentrarchus labrax*) Juveniles and Estimation of Maintenance Requirements. *Fish Physiology and Biochemistry*, 31: 23-31.
- Peres H. ve Oliva-Teles A., 2006. Effect of the Dietary Essential to Non-Essential Amino Acid Ratio on Growth, Feed Utilization and Nitrogen Metabolism of European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 256: 395-402.
- Peres H. ve Oliva-Teles A., 2007. Effect of the Dietary Essential Amino Acid Pattern on Growth, Feed Utilization and Nitrogen Metabolism of European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture*, 267: 119-128.
- Peron G., Mittaine J.F. ve Le Gallic B., 2010. Where Do Fishmeal and Fish Oil Products Come from? An Analysis of the Conversion Ratios in the Global Fishmeal Industry. *Marine Policy*, 34: 815-820.
- Person Le-Ruyet J., Chartois H. ve Quemener L., 1995. Comparative Acute Ammonia Toxicity in Marine Fish and Plasma Ammonia Response. *Aquaculture*, 136, 181-194.
- Person Le-Ruyet J., Mahe K., Le Bayon N. ve Le Delliou H., 2004. Effects of Temperature on Growth and Metabolism in a Mediterranean Population of European Sea Bass, *Dicentrarchus labrax*. *Aquaculture*, 237: 269-280.
- Pichavant K., Person Le-Ruyet J., Le Bayon N., Severe A., Le Roux A. ve Boeuf G., 2001. Comparative Effects of Long-Term Hypoxia on Growth, Feeding and Oxygen Consumption in Juvenile Turbot and European Sea Bass. *Journal of Fish Biology*, 59: 875-883.
- Pontoppidan K., Pettersson D. Ve Sandberg A.S., 2007. The Type of Thermal Feed Treatment Influences the Inositol Phosphate Composition. *Animal Feed Science and Technology*, 132: 137-147.
- Quade M.J. ve Roth J.A., 1997. A Rapid, Direct Assay to Measure Degranulation of Bovine Neutrophil Primary Granules. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 239–248.

- Ravindran V., Ravindran G. ve Sivalogan S., 1994. Total and Phytate Phosphorus Contents of Various Foods and Feedstuffs of Plant Origin. *Food Chemistry*, 50: 133-136.
- Riche M. ve Brown P.B., 1999. Incorporation of Plant Protein Feedstuffs into Fish Meal Diets for Rainbow Trout Increases Phosphorus Availability. *Aquaculture Nutrition*, 5 (2): 101-105.
- Riche M., Trottier N.L. ve Ku P.K., 2001. Apparent Digestibility of Crude Protein and Apparent Availability of Individual Amino Acids in Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Fed Phytase Pretreated Soybean Meal Diets. *Fish Physiology and Biochemistry*, 25: 181-94.
- Robaina L., Corraze G., Aguirre, P., Blanc D., Melcion J.P. ve Kaushik S., 1999. Digestibility, Postprandial Ammonia Excretion and Selected Plasma Metabolites in European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) Fed Pelleted or Extruded Diets With or Without Wheat Gluten. *Aquaculture*, 179: 45-56.
- Rubio V.C., Sanchez-Vazquez F.J. ve Madrid J.A., 2005. Effects of Salinity on Food Intake and Macronutrient Selection in European Sea Bass. *Physiology & Behavior*, 85, 333-339.
- Ruiz-Cappilas C. ve Moral A., 2004. Free Amino Acids in Muscle of Norway Lobster (*Nephrops norvegicus* L.) in Controlled and Modified Atmospheres During Chilled Storage. *Food Chemistry*, 86 (3): 85-91.
- Sajjadi M. ve Carter C.G., 2004. Dietary Phytase Supplementation and the Utilization of Phosphorus by Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.) Fed a Canola-Meal-Based Diet. *Aquaculture*, 243: 417-431.
- Sammouth S., d'Orbcastel E.R., Gasset E., Lemarie G., Breuil G., Marino G., Coeurdacier J.L., Fivelstad S. ve Blancheton J.P., 2009. The Effect of Density on Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) Performance in a Tank-Based Recirculating System. *Aquacultural Engineering*, 40: 72-78.
- Samuelsen T., Isaksen M. ve McLean E., 2001. Influence of Dietary Recombinant Microbial Lipase on Performans and Quality Characteristics of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 194: 161-171.
- Sardar P., Randhawa H.S., Abid M. ve Prabhakar, S.K., 2007. Effect of Dietary Microbial Phytase Supplementation on Growth Performance, Nutrient Utilization, Body Compositions and Haemato-Biochemical Profiles of *Cypinus carpio* (L.) Fingerlings Fed Soyprotein-Based Diet. *Aquaculture Nutrition*, 13: 444-456.

- Satoh S., Takanezawa M., Akimoto A., Kiron V. ve Watanebe T., 2002. Changes of Phosphorus Absorption from Several Feed Ingredients in Rainbow Trout During Growing Stages and Effect of Extrusion of Soybean Meal. *Fisheries Science*, 68: 325-331.
- Shafaeipour A., Yavari V., Falahatkar B., Maremmazi J.G. ve Gorjipour E., 2008. Effects of Canola Meal on Physiological and Biochemical Parameters in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*, 14 (2): 110-119.
- Shahidi F., 1991. Rapeseed and Canola: Global Production and Distribution. In *Canola and Rapeseed: Production, Chemistry, Nutrition and Processing of Technology*, Ed. F. Shahidi, pp: 3-14. AVI Book, Ney York, USA.
- Shahidi F. ve Naczk M., 1992. An Overview of the Phenolics of Canola and Rapeseed: Chemical, Sensory and Nutritional Significance. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 69 (9): 917-923.
- Siwicki A.K. ve Anderson D.P., 1993. Immunostimulation in Fish: Measuring the Effects of Stimulants by Serological and Immunological Methods. Symposium on Fish Immunology. Lysekil, Sweden 1993, 1–22.
- Spinelli J., Houle C.R. ve Wekell J.C., 1983. The Effect of Pytates on the Growth of Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*) Fed Purified Diets Containing Varying Quantities of Calcium and Magnesium. *Aquaculture*, 30: 71-83.
- Spring W.G., Gadiant M. ve Hoffmann F., 1997. Application of Enzymes in Compound Feeds. In Morand-Fehr P. (ed.): Feed Manufacturing in Southern Europe: New Chalengies. Zaragoza: CIHEAM-IAMZ, 175-179. (Cahiers Options Mediterraneennes; v. 26. South European Feed Manufaturers Conference, 09-11 May, 1996, Reus, Spain.
- Storebakken T., Shearer K.D. ve Roem A.J., 1998. Availability of Protein, Phosphorus and Other Elements in Fish Meal, Soy-Protein Concentrate and Phytase-Treated Soy-Protein-Concentrate-Based Diets to Atlantic Salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture*, 161: 365-379.
- Tacon A.G.J. ve Forster I.P., 2003. Aquafeeds and the Environment: Policy Implications. *Aquaculture*, 226, 181-189.
- Tacon A.G.J. ve 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.

- Tekinay A.A., 1999. Dietary Interactions Influencing Feed Intake, Nutrient Utilisation and Appetite Regulation in the Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*. PhD Dissertation (Doktora Tezi). University of Plymouth, Plymouth, UK.
- Tekinay A.A. ve Davies S.J., 2001. Dietary Carbohydrate Level Influencing Feed Intake, Nutrient Utilisation and Plasma Glucose Concentration in the Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792). *Turkish Journal of Veterinary Animal Science*, 25: 657-666.
- Tekinay A.A., Güroy D. ve Çevik N., 2006. Balık Üretiminden Kaynaklanan Kirlilik ve Çözüm Yolları. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 23 Ek (1-2): 295–298.
- Thiessen D.L., 2004. Optimization of Feed Peas, Canola and Flaxseed for Aquafeeds: the Canadian Prairie Perspective. In: Cruz Suarez L.E., Ricque Marie D., Nieto Lopez M.G., Villarreal D., Scholz U. Ve Gonzalez, M. 2004. Avances en Nutricion Acuicola VII: Memorias del VII Simposium International de Nutricion Acuicola. 16-19 Noviembre, 2004. Hermosillo, Sonora, Mexico.
- Thiessen D.L., Campbell G.L. ve 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. ve 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.
- Tibbetts S.M., Milley J.E. ve Lall S.P., 2006. Apparent Protein and Energy Digestibility of Common and Alternative Feed Ingredients by Atlantic Cod, *Gadus morhua* (Linnaeus, 1758). *Aquaculture*, 261 (4):1314-1327.
- Tripathi M.K. ve Mishra A.S., 2007. Glucosinolates in Animal Nutrition: A Review. *Animal Feed Science and Technology*, 132: 1-27.
- UN, 2009. *World Population Prospects*. The 2008 Revision, Executive Summary. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, New York, 18 pp.
- Vielma J., Lall S.P., Koskela J., Schöner F.J. ve Mattila P., 1998. Effects of Dietary Phytase and Cholecalciferol on Phosphorus Bioavailability in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 163: 309-323.

- Vielma J., Makinen T., Ekholm P. ve Koskela J., 2000. Influence of Dietary Soy and Phytase Levels on Performance and Body Composition of Large Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Algal Availability of Phosphorus Load. *Aquaculture*, 183: 349-362.
- Vielma J., Ruohonen K. ve Peisker M., 2002. Dephytinization of Two Soy Proteins Increases Phosphorus and Protein Utilization by Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 204: 145-156.
- Vielma J., Ruohonen K., Gabaudan J. ve Vogel K., 2004. Top-Spraying Soybean Meal-Based Diets with Phytase Improves Protein and Mineral Digestibilities but not Lysine Utilization in Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), *Aquaculture Research* 35: 955-964.
- Viveros A., Centeno C., Brenes A., Canales R. ve Lozano A., 2000. Phytase and Acid Phosphatase Activities in Plant Feedstuffs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48: 4009-4013.
- Waller U., Orellana J., Schiller A. ve Sander M. 2002. The Growth of Young Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) in a New Type of Re-circulation System. ICES CM 2001/Session S.
- Wang F., Yang Y., Han Z., Dong H., Yang C. Ve Zou Z., 2009. Effects of Phytase Pretreatment of Soybean Meal and Phytase-Sprayed in Diets on Growth, Apparent Digestibility Coefficient and Nutrient Excretion of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). *Aquaculture International*, 17: 143-157.
- Watanabe T., 2002. Strategies for Further Development of Aquatic Feeds. *Fisheries Science*. 68: 242-252.
- Webster C.D., Tiu L.G., Tidwell J.H. ve Grizzle J.M., 1997. Growth and Body Composition of Channel Catfish (*Ictalurus punctatus*) Fed Diets Containing Various Percentages of Canola Meal. *Aquaculture*, 150: 103-112.
- Welch A., Hoenig R., Stieglitz J., Benetti D., Tacon A., Simms N. ve O'Hanlon B., 2010. From Fishing to the Sustainable Farming of Carnivorous Marine Finfish. *Reviews in Fisheries Science*, 18 (3): 235-247.
- Woodgate S.L., 2004. Creating Alternative Protein Sources for Aquafeeds Using Applied Enzyme Technologies. Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries: Proceedings of Alltech's 20th Annual Symposium (T.P. Lyons and K.A. Jacques, eds). Nottingham University Press, UK, 2004.

- Wu X.Y., Liu Y.J. ve Tian L.X., 2006. Apparent Digestibility Coefficients of Selected Feed Ingredients for Yellowfin Seabream, *Sparus latus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 37 (3): 237-245.
- Yan W. ve Reigh R.C., 2002. Effects of Fungal Phytase on Utilization of Dietary Protein and Minerals, and Dephosphorylation of Phytic Acid in the Alimentary Tract of Channel Catfish *Ictalurus punctatus* Fed an All-Plant-Protein Diet. *Journal of World Aquaculture Society*, 33(1):10–22.
- Yiğit N.O. ve Ölmez M., 2009. Canola Meal as an Alternative Protein Source in Diets for Fry of Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*. 61 (1): 35-41.
- Yoo G.Y., Wang X., Choi S., Han K., Kang J.C. ve Bai S.C., 2005. Dietary Microbial Phytase Increased the Phosphorus Digestibility in Juvenile Korean Rockfish *Sebastes schlegeli* Fed Diets Containing Soybean Meal. *Aquaculture*, 243: 315-322.
- Zar J.H., 2001. *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, New Jersey, ABD.
- Zhou Q.C. ve 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* x *Oreochromis aureus*. *Aquaculture Research*, 41: 982-990.

EKLER**Sayfa No**

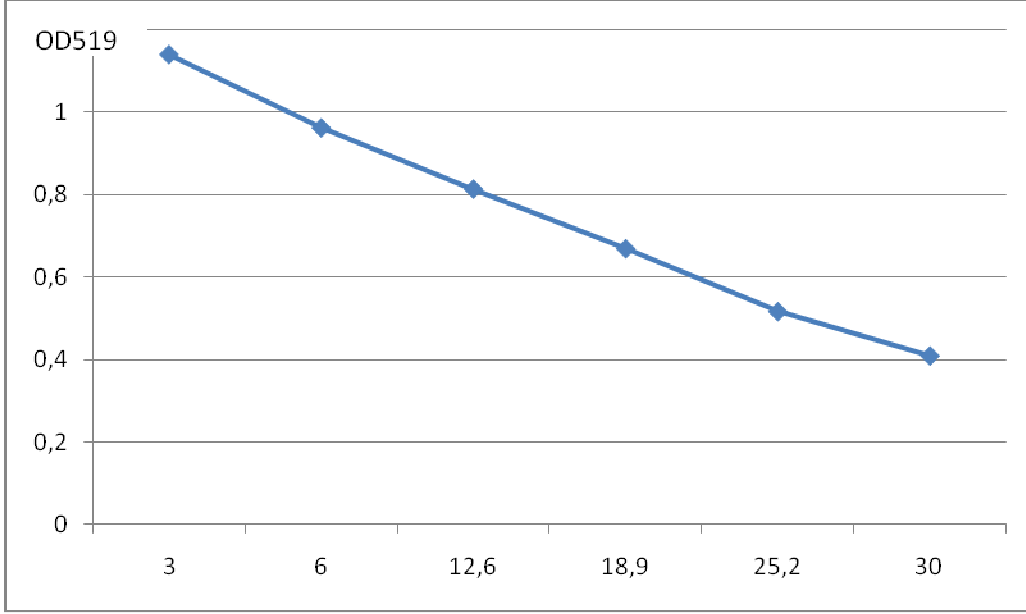
Ek 1. Fitat P belirlenmesinde kullanılan kalibrasyon eğrisi.....

II

Ek 2. Amino asit standartları kromatogramı.....

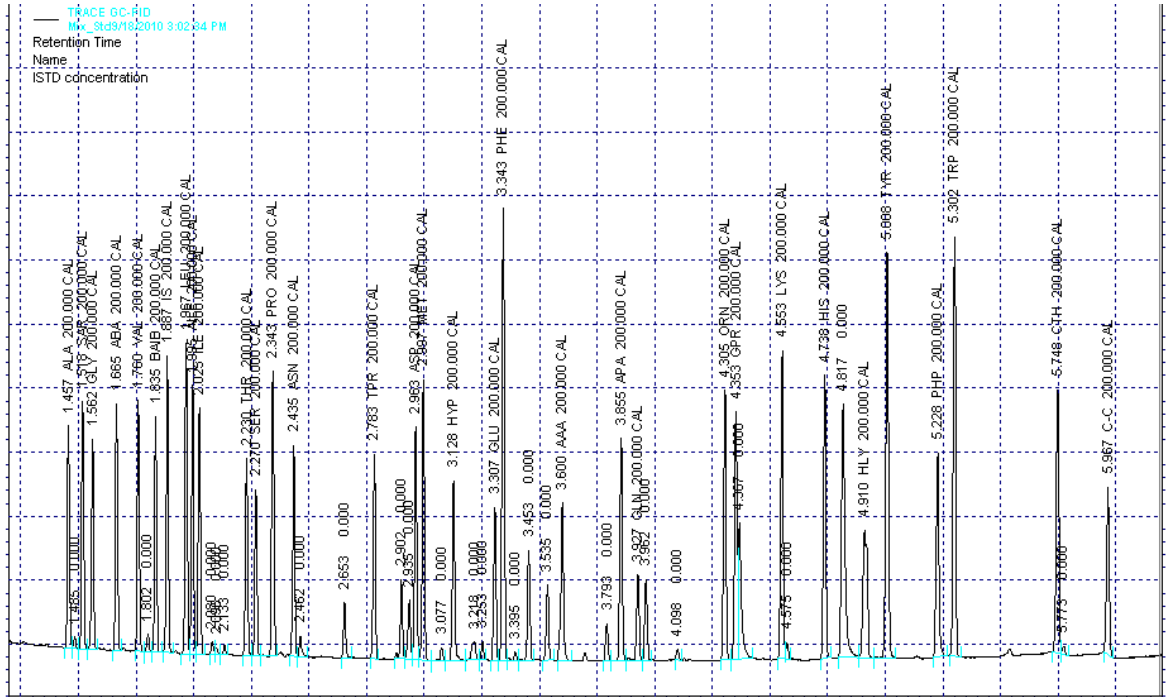
III

EK 1



Fitat P belirlenmesinde kullanılan kalibrasyon eğrisi

EK 2



Amino asit standartları kromatogramı

	Sayfa No
ÇİZELGELER	
Çizelge 1. Dünyada önemli kanola üreticisi ülkelerin 2008 yılı kanola üretim miktarı (milyon ton).....	9
Çizelge 2. Kanola küspesi, soya küspesi ve balık ununun kimyasal içeriği.....	10
Çizelge 3. Kanola küspesi, soya küspesi ve balık ununun amino asit kompozisyonu (gr/kg kuru madde).....	11
Çizelge 4. Kanola küspesi, soya küspesi ve balık ununun mineral kompozisyonu.....	12
Çizelge 5. Kanola küspesi, soya küspesi ve balık ununun vitamin kompozisyonu (IU/kg).....	13
Çizelge 6. Kapalı devre sisteminde su kalitesi parametreleri.....	34
Çizelge 7. Deneme yemlerinde kullanılan hammaddelerin kimyasal içeriği.....	36
Çizelge 8. Besleme denemesi I için hazırlanan yemlerin içeriği.....	37
Çizelge 9. Besleme denemesi I'de kullanılan yemlerin kimyasal kompozisyonu.....	39
Çizelge 10. Besleme denemesi I'de kullanılan yemlerin amino asit kompozisyonu.....	40
Çizelge 11. Besleme denemesi II için hazırlanan yemlerin içeriği.....	42
Çizelge 12. Besleme denemesi II'de kullanılan yemlerin kimyasal kompozisyonu.....	43
Çizelge 13. Besleme denemesi II'de kullanılan yemlerin mineral kompozisyonu.....	44
Çizelge 14. Deneme yemlerinde kullanılan hammaddelerin fiyatları.....	57
Çizelge 15. Kanola küspesi ilave edilen yemlerle beslenen yavru levreklerin büyüme performansı ve besin kullanımı.....	60
Çizelge 16. Kanola küspesi ilave edilen yemlerle beslenen yavru levreklerin kondüsyon performansı.....	64
Çizelge 17. Kanola küspesi ilave edilen yemlerle beslenen yavru levreklerin vücut kompozisyonu.....	66
Çizelge 18. Kanola küspesi ilave edilen yemlerle beslenen yavru levreklerin amino asit kompozisyonu.....	68
Çizelge 19. Kanola küspesi ilave edilen yemlerle beslenen yavru levreklerin yem sindirilebilirliği.....	70

Çizelge 20. Kanola küspesiyle beslenen levrek yavruların bulunduğu yarı-kapalı devre sisteminde besleme denemesi sırasında su kalitesi parametreleri.....	73
Çizelge 21. Kanola küspesi ve fitaz enzimi ilave edilen yemlerle beslenen yavru levreklerin büyüme performansı ve besin kullanımı.....	75
Çizelge 22. Kanola küspesi ve fitaz enzimi ilave edilen yemlerle beslenen yavru levreklerin kondüsyon performansı.....	79
Çizelge 23. Kanola küspesi ve fitaz enzimi ilave edilen yemlerle beslenen yavru levreklerin vücut kompozisyonu.....	81
Çizelge 24. Kanola küspesi ve fitaz enzimi ilave edilen yemlerle beslenen yavru levreklerin yem sindirilebilirliği.....	83
Çizelge 25. Kanola küspesi ve fitaz enzimi ilave edilen yemlerle beslenen yavru levreklerin hematolojik parametreleri.....	85
Çizelge 26. Kanola küspesi ve fitaz enzimi ilave edilen yemlerle beslenen yavru levreklerin immünolojik parametreleri.....	89
Çizelge 27. Kanola küspesiyle beslenen levrek yavruların bulunduğu yarı-kapalı devre sisteminde besleme denemesi sırasında su kalitesi parametreleri...	91

ŞEKİLLER

Sayfa No

Şekil 1. 1980 – 2008 yılları arası dünya su ürünleri üretimi.....	2
Şekil 2. 1980 – 2008 yılları arası Türkiye’de su ürünleri üretimi.....	3
Şekil 3. 1980 – 2008 yılları arası Türkiye’de su ürünleri yetiştiriciliği üretimi.....	3
Şekil 4. Kanola çiçeği (a), Kanola tohumu (b), kanola küspesi (c) ve ince öğütülmüş kanola küspesi (d).....	8
Şekil 5. Fitik asitin kimyasal yapısı.....	16
Şekil 6. Dardanos Yerleşkesi Su Ürünleri Araştırma Ünitesi kapalı devre sistemi.....	32
Şekil 7. Kanola küspesi içeren yemlerin hammadde maliyeti.....	72

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Nazan ÇEVİK

Doğum Yeri: Kırcaali, Bulgaristan

Doğum Tarihi: 02/10/1972

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi: 1992-1996, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği, Ankara

Yüksek Lisans Öğrenimi: 1996-1999, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği, Ankara

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce, ÜDS: 90/100
Bulgarca, KPDS: 99/100
Rusça, KPDS: 79/100

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a)Yayınlar-SCI-Diğer

Tekinay A.A., Çevik N. ve Güroy D., 2010. Environmental Impact of Trout Farms on the Eşen Stream (Mugla), Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin* (in press).

Tekinay A. A., Güroy D. ve Çevik N., 2009. The Environmental Effect of a Land-Based Trout Farm on Yuvarlakçay, Turkey. *Ekoloji*, 19, 73, 65-70.

Arifoğlu N. ve Ögel Z.B., 2000. Avicel-Adsorbable Endoglucanase Production by the Thermophilic Fungus *Scytalidium thermophilum* Type Culture *Torula thermophila*, *Enzyme and Microbial Technology*, 27, 560–569.

Tekinay A.A., Güroy D. ve Çevik N., 2006. Balık Üretiminden Kaynaklanan Kirlilik ve Çözüm Yolları. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 23 Ek (1-2): 295 – 298.

Tekinay A.A., Güroy D. ve Çevik N., 2006. Organik Balık Üretiminin Mevcut Durumu. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 23 Ek (1-2): 299 – 300.

Yılmaz E., Tekinay A.A. ve Çevik N., 2006. Deniz Ürünleri Kaynaklı Fonksiyonel Gıda Maddeleri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 23 Ek (1-3): 523-527.

b) Uluslararası Bildiriler

Cirik S., Tekinay A.A., Onal U. ve Çevik N., 2006. Status and Trends Towards Sustainable Marine Aquaculture in Turkey, International Conference on Coastal Oceanography and Sustainable Marine Aquaculture: Confluence and Synergy, Proceedings Book, May 02–04 May 2006, Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia.

Tekinay A.A., Çevik N. ve Güroy D., 2007. Utilization of Fish By-Products as Aqua Feed Ingredients. 2nd International Congress on Food and Nutrition, October 24-26, 2007 Istanbul, Turkey.

Tekinay A.A., Güroy D., Güroy B.K. ve Çevik, N., 2005. Applicability of Organic Aquaculture in Turkey", 1st International Food and Nutrition Congress- Food Safety and Quality Through the Food Chain: Farm to Fork-Fork to Farm, 15-19 June, 2005, Istanbul, Turkey.

Ögel Z.B., Arifoğlu N., Tütek T., Ceylan B. ve Batum M., 1998. Production of Avicel-Adsorbable Endoglucanase by *Torula thermophila*, Sixth International Mycological Congress, Abstracts' Book, August 23-28, 1998 Jerusalem, Israel.

c) Katıldığı Projeler

TÜBİTAK Araştırma Projesi (Proje No:105Y090): Türkiye de Üretilen Balık Yemlerinin Çevresel Etkileri

AB Leonardo da Vinci Programı Hareketlilik Projesi (Proje No: TR/04/A/F/PL3-039): Gıda Teknolojisi Öğrencileri İçin Görev Başı Eğitim

AB Leonardo da Vinci Programı Yenilik Transferi Projesi (Proje No: 2010-1-GR1-LEO05-03967): Implementation of a Quality Assurance System for Training in Organic Food Retail (EcoQualify III)

ÇOMÜ BAP Projesi (Proje No: 2009/81): Levrek Yeminde Kanola Unu Kullanımı ve Fitaz Enzimi İlavesinin Balıkların Büyüme Performansı, Yem Değerlendirmesi ve Besin Sindirilebilirliği Üzerine Etkileri

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bayramiç Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, 2004-

İLETİŞİM

E-posta Adresi: nazan.cevik@comu.edu.tr
nazcevik@yahoo.com