

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



MUNZUR
ÜNİVERSİTESİ
2008

DİYET TAKVİYESİ OLARAK KULLANILAN *Eucalyptus globulus* ve *Cinnamomum camphora* ESANSİYEL YAĞLARININ KÜLTÜR ÇİPURA BALIKLARINDA (*Sparus aurata*) BÜYÜME PERFORMANSI, HEMATOLOJİ, SERUM BİYOKİMYASAL VE ANTİOKSİDAN PARAMETRELER ÜZERİNE ETKİLERİ

Ulviye KARACALAR

DOKTORA TEZİ
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

I. DANIŞMAN
Prof. Dr. Erkan CAN
II. DANIŞMAN
Prof. Dr. Halil ŞEN

TUNCELİ – 2023

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

DİYET TAKVİYESİ OLARAK KULLANILAN *Eucalyptus globulus* ve *Cinnamomum camphora* ESANSİYEL
YAĞLARININ KÜLTÜR ÇİPURA BALIKLARINDA (*Sparus aurata*) BÜYÜME PERFORMANSI, HEMATOLOJİ,
SERUM BİYOKİMYASAL VE ANTİOKSİDAN PARAMETRELER ÜZERİNE ETKİLERİ

Ulviye KARACALAR
(111106105)

DOKTORA TEZİ
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

I. DANIŞMAN
Prof. Dr. Erkan CAN
II. DANIŞMAN
Prof. Dr. Halil ŞEN

TUNCELİ– 2023

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**DİYET TAKVİYESİ OLARAK KULLANILAN *Eucalyptus globulus* ve *Cinnamomum camphora* ESANSİYEL
YAĞLARININ KÜLTÜR ÇİPURA BALIKLARINDA (*Sparus aurata*) BÜYÜME PERFORMANSI, HEMATOLOJİ,
SERUM BİYOKİMYASAL VE ANTİOKSİDAN PARAMETRELER ÜZERİNE ETKİLERİ**

ULVİYE KARACALAR
DOKTORA TEZİ
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

Bu tez 13/06/2023 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

İmza:.....	İmza:.....	İmza:.....
Prof. Dr. Erkan CAN (İzmir Katip Çelebi Üniversitesi)	Prof. Dr. Volkan KIZAK (Munzur Üniversitesi)	Doç. Dr.Şafak SEYHANEYILDIZ CAN (Dokuz Eylül Üniversitesi)
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE
İmza:.....	İmza:.....	
Prof. Dr. Musa BULUT (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi)	Doç. Dr. İlker Zeki KURTOĞLU (Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi)	
ÜYE	ÜYE	

Bu tez, Enstitümüz Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Doç. Dr. Murat KORUNUR
Enstitü Müdürü
İmza ve Mühür

NOT: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı “Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu”ndaki hükümlere tabidir.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve ilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Ulviye KARACALAR
İmza

Prof. Dr. Erkan CAN
Danışman

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim süresince her konuda yardım ve hoşgörüsü ile gerekli bilgi ve desteğini gördüğüm danışman hocam sayın Prof. Dr. Erkan CAN'a, tez çalışmalarım süresince gerekli donanım ve ortamın sağlanmasında, kuluçkahane ve mekanizasyon konularında derin deneyim ve tecrübelerinden faydalandığım ikinci danışmanım sayın Prof. Dr. Halil ŞEN'e, laboratuvar ve bilimsel katkı konusunda tecrübelerinden faydalandığım sayın Doç. Dr. Sevdan YILMAZ'a, balık temini ve ulaşımı konularında yardımlarını esirgemeyen sayın Prof. Dr. Cüneyt Suzer'e, istatistiksel analizler ve yazım aşamasında çok desteğini gördüğüm doktora öğrencisi sayın Mehran AHMADPOOR'a, deneme çalışmalarım boyunca yardımlarına minnettar olduğum sayın Öğr. Gör. Oğuzhan TAKICAK ve doktora öğrencisi sayın İbrahim KÖSE'ye, öğrenimim süresince beni gayretlendirerek dostluğunu esirgemeyen sayın Doç. Dr. Şafak Seyhaneyıldız CAN'a ve çalışmalarım süresince her zaman ilgi, destek, sonsuz sabrını ve dostluğunu gördüğüm sayın Duygu ŞEN'e;

Hayatımın her safhasında manevi desteklerini esirgemeyen değerli aileme sabır ve anlayışlarından ötürü teşekkürü bir borç bilirim.

Ulviye KARACALAR

TUNCELİ-2023

İÇİNDEKİLER

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	I
TEŞEKKÜR.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ŞEKİLLER LİSTESİ	V
TABLolar LİSTESİ	VII
RESİMLER LİSTESİ	VIII
SEMBOLLER ve KISALTMALAR LİSTESİ.....	IX
ÖZET	X
ABSTRACT	XI
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Esansiyel Yağın Tanımı	5
1.1.1. Mentol.....	5
1.1.2. Linalool.....	6
1.1.3. Myrcene	6
1.1.4. Okaliptol	6
1.1.5. Globulol (Ledol).....	7
1.1.6. Spatülenol	7
1.1.7. Guaiol	7
1.1.8. Karyofilen oksit	7
1.1.9. Timol	8
1.1.10. Karvakrol.....	8
1.1.11. Terpinen	8
1.1.12. Dehidrofukinon.....	9
1.2. Esansiyel Yağların Aktivite Mekanizmaları ve Çalışmalar	9
1.3. <i>Eucalyptus globulus</i> (okaliptüs) ve <i>Cinnamomum camphora</i> (kafur).....	18
Esansiyel Yağları Hakkında Bilgiler.....	18
1.3.1. <i>Eucalyptus globulus</i> (okaliptüs) esansiyel yağı.....	18
1.3.2. <i>Cinnamomum camphora</i> (kafur) esansiyel yağı.....	21
1.4. <i>Eucalyptus globulus</i> (okaliptüs) ve <i>Cinnamomum camphora</i> (kafur) Esansiyel	24
Yağlarının Kullanımı ve Yapılan Çalışmalar	24
2. MATERYAL VE METOT.....	28
2.1 Yetiştirme Sistemi ve Balık Materyali	28
2.2. Esansiyel Yağlar	29
2.3. Yem Materyali	30

2.4. Deneme Planı.....	32
2.5. Büyüme Performansı	32
2.6. Kan Alma ve Analizler	34
2.7. İstatistiki Analizler.....	35
3. BULGULAR	36
3.1. Büyüme Performansı ve Yemden Yararlanma Verimliliği.....	36
3.1.1. Vücut ağırlık artışı (BWI).....	36
3.1.2. Kondisyon faktörü (CF)	37
3.1.3. Ortalama günlük büyüme (ADG)	38
3.1.4. Günlük büyüme katsayısı (DGC)	39
3.1.5. Termal büyüme katsayısı (TGC)	40
3.1.6. Spesifik büyüme oranı (SGR)	41
3.1.7. Oransal büyüme oranı (RGR)	42
3.1.8. Yem dönüşüm oranı (FCR).....	43
3.1.9. Yem dönüşüm verimliliği (FCE)	44
3.1.10. Bağlı gıda alımı (RFI)	45
3.1.11. Protein etkinlik oranı (PER)	46
3.1.12. Yağ etkinlik oranı (LER)	47
3.2. Hematolojik Parametreler.....	48
3.3. Biyokimyasal Parametreler.....	50
4. TARTIŞMA	56
4.1. Büyüme Performansı ve Yemden Yararlanma Verimliliği.....	56
4.2. Hematolojik Parametreler.....	58
4.3. Biyokimyasal Parametreler.....	60
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	63
6. KAYNAKLAR	65
ÖZGEÇMİŞ	85

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. <i>Eucalyptus globulus</i> 'un sistematikteki yeri ve görünümü	19
Şekil 1.2. 1.8- sineol (%84.031) kimyasal yapısı	21
Şekil 1.3. <i>Cinnamomum camphora</i> 'nın sistematikteki yeri ve görünümü	23
Şekil 1.4. Linalool (% 91.55) kimyasal yapısı	25
Şekil 3.1. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının vücut ağırlık artışı (BWI)	36
Şekil 3.2. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının kondisyon faktörü (CF)	37
Şekil 3.3. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının ortalama günlük büyüme indeksleri (ADG).....	38
Şekil 3.4. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının günlük büyüme katsayısı (DGC).....	39
Şekil 3.5. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının termal büyüme katsayısı (TGC)	40
Şekil 3.6. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının spesifik büyüme oranı (SGR).....	41
Şekil 3.7. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının oransal büyüme oranı (RGR).	42
Şekil 3.8. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının yem dönüşüm oranı (FCR).....	43
Şekil 3.9. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının yaş ağırlıkta yem dönüşüm verimliliği (FCE).....	44
Şekil 3.10. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının bağıl gıda alımı (RFI).....	45
Şekil 3.11. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının protein etkinlik oranı (PER)	46
Şekil 3.12. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının yağ etkinlik oranı (LER)	47
Şekil 3.13. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının kan serumunda kolesterol değerinin değişimi	50
Şekil 3.14. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının kan serumunda trigliserit değerinin değişimi	51
Şekil 3.15. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının kan serumunda globulin değişimi	51
Şekil 3.16. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının kan serumunda glikoz değişimi.....	52
Şekil 3.17. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının kan serumunda ALT değişimi.....	53

- Şekil 3.18.** Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının kan serumunda AST değişimi..... 53
- Şekil 3.19.** Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının kan serumunda albumin değişimi..... 55
- Şekil 3.20.** Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının kan serumunda protein değişimi 55



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Besin katkı maddesi olarak kullanılan bitkisel esansiyel yağların farklı balık türlerinde gözlemlenen faydaları	11
Tablo 1.2. Balık hastalıklarında antimikrobiyel ajanlar olarak uçucu yağların kullanımı..	14
Tablo 1.3. Bazı bitkisel esansiyel yağ bileşenlerinin balık türleri üzerindeki fizyolojik etkileri	16
Tablo 1.4. Eucalyptus globulus esansiyel yağının bileşenleri.....	19
Tablo 1.5. Cinnamomum camphora esansiyel yağının bileşenleri.....	23
Tablo 2.1. Ticari Cinnamomum camphora esansiyel yağının özellikleri	30
Tablo 2.2. Ticari Eucalyptus globulus esansiyel yağının özellikleri.....	30
Tablo 2.3. Çalışmada kullanılan ticari diyetin bileşimi	31
Tablo 3.1. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağı katkılı diyetlerle beslenen çipura yavrularının ilk ve deneme sonrası ağırlıkları	36
Tablo 3.2. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının hematolojik parametreleri.	49

RESİMLER LİSTESİ

Resim 2.1. E.Ü. Su Ürünleri Fakültesi Dr. H. Okan KAMACI Yetiştiricilik Araştırma ve Uygulama Ünitesi	28
Resim 2.2. Araştırmada kullanılan Çipura balığı (<i>Sparus aurata</i> , Linnaeus,1758).....	29
Resim 2.3. Araştırmada kullanılan Ticari Esansiyel Yağlar	29
Resim 2.4. Araştırmada kullanılan bazal yem.....	30
Resim 2.5. Esansiyel yağ katkılı yemlerin hazırlanması.....	31
Resim 2.6. Deneme balığının boy ve ağırlık ölçümü.....	33
Resim 2.7. Kan alımı ve hematolojik analizler için örnek stokları	34



SEMBOLLER ve KISALTMALAR LİSTESİ

°C	: Santigrad derece
ADG	: Ortalama günlük büyüme
ALB	: Albumin
ALP	: Alkalın fosfataz
ALT	: Alanin aminotransferaz
AST	: Aspartat aminotransferaz
BASO	: Bazofil
BWI	: Vücut ağırlık artışı
CF	: Kondüsyon Faktörü
CHO	: Kolesterol
DGC	: Günlük büyüme katsayısı
EDTA	: Etilendiamin tetraasetik asit
EOS	: Eozinofil
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
FCR	: Yem dönüşüm oranı
GLO	: Globulin
GLU	: Glukoz
HCT	: Hematokrit
HDL	: Yüksek yoğunluklu lipoprotein
HGB	: Hemoglobin
KAF	: Kafur
LDL	: Düşük yoğunluklu lipoprotein
LER	: Yağ etkinlik oranı
LYM	: Lenfosit
MCH	: Eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin
MCV	: Ortalama eritrosit hacmi
MON	: Monosit
MPV	: Ortalama trombosit hacmi
NEU	: Nötrofil
OKA	: Okaliptüs
PER	: Protein etkinlik oranı
PLT	: Trombosit
RBC	: Kırmızı kan hücresi
RDW	: Kırmızı kan hücreleri dağılım genişliği
RFI	: Bağlı gıda alımı
RGR	: Oransal büyüme oranı
SGR	: Spesifik büyüme oranı
TP	: Toplam protein
TPROT	: Total protein
TRIG	: Trigliserit
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
WBC	: Beyaz kan hücresi

ÖZET

Biyoaktif bileşikleri nedeniyle esansiyel yağlar, sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliğinde antibiyotiklere doğal bir alternatif olarak kabul edilebilir. Okaliptüs (*Eucalyptus globulus*) ve kafur (*Cinnamomum camphora*) esansiyel yağları, farmasötik özellikleriyle yaygın olarak bilinirler, ancak bu esansiyel yağların su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanımını araştıran çalışmalar azdır. Bu çalışma, yavru çipura balığı (*Sparus aurata*) diyetine, farklı dozlarda uçucu yağlardan *Eucalyptus globulus* ve *Cinnamomum camphora* ilavesinin, büyüme performansı, hematolojik, biyokimyasal ve immünolojik parametreler üzerindeki etkilerini değerlendirmek için yapılmıştır. Bu amaçla balıklar (Ağırlık 14.62 ± 0.06 g; Boy 10.64 ± 0.20 cm) 60 gün boyunca, *Eucalyptus globulus* ve *Cinnamomum camphora* için farklı gruplara ayrılan tanklarda, her biri kendi grubu içinde, canlı ağırlıklarının % 2'si oranında 3 tekrarlı olarak, % 0 (kontrol), % 0.5, % 1 ve % 2 oranlarında 4 farklı konsantrasyonda esansiyel yağ içeren yemlerle beslenmiştir. Sonuçlar, nihai ağırlık, ağırlık artışı, günlük büyüme ve spesifik büyüme hızının, kontrol grubuna kıyasla tüm deney gruplarında önemli ölçüde arttığını göstermiştir. Yemden yararlanma oranı, % 1 ve % 2 *Cinnamomum camphora* uygulamasında kontrol grubu ile aynı seyrederken, % 2 oranındaki *Eucalyptus globulus* ilaveli diyet uygulamasında kontrol grubuna oranla belli bir artış gösterdiği görülmüştür. Diyetle alınan *Eucalyptus globulus* ve *Cinnamomum camphora* takviyeleri, kontrol grubuyla karşılaştırıldığında WBC (Beyaz kan hücresi) sayısını ve NEU(nötrofil) seviyesini önemli ölçüde arttırmıştır. Denemede kolesterol artışı, % 2 *Cinnamomum camphora* ve % 1 *Eucalyptus globulus* gruplarında, trigliserit oranı ise en yüksek % 1 *Cinnamomum camphora* grubunda görülmüştür. Deney sonunda kolesterol, trigliserit, glukoz, ALT (Alanin aminotransferaz) ve AST (Aspartat aminotransferaz) değerlerinde de istatistiki olarak önemli bir fark gözlemlenmiştir. Sonuç olarak bu çalışma her iki esansiyel yağ takviyesinin de yavru çipura balıklarında büyüme performansı, bağışıklık, hematolojik ve biyokimyasal parametreleri iyileştirdiğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Esansiyel yağ, *Eucalyptus globulus* (okaliptüs), *Cinnamomum camphora* (kafur), Çipura (*Sparus aurata*), Hematoloji, Serum biyokimya

ABSTRACT

Effects of *Eucalyptus globulus* (eucalyptus) and *Cinnamomum camphora* (camphor) essential oils used as dietary supplements on growth performance, haematology, serum biochemical and antioxidant parameters of cultured sea bream (*Sparus aurata*)

Because of their bioactive components, essential oils can be considered as a natural alternative to antibiotics in sustainable aquaculture. The essential oils of eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) and camphor (*Cinnamomum camphora*) have been investigated in few studies for aquaculture despite their widely pharmaceutical properties. This study was carried out to evaluate the effects of different doses of *Eucalyptus globulus* and *Cinnamomum camphora* essential oils on growth performance, haematological, biochemical, and immunological parameters of juvenile sea bream (*Sparus aurata*). For this, fish (Weight 14.62 ± 0.06 g; Length 10.64 ± 0.20 cm) were fed with 4 different concentrations of essential oils (0 % (control), 0.5 %, 1 % and 2 %) at 2 % of their body weight in 3 replicates for 60 days. The results showed that final weight, weight gain, daily growth and specific growth rate were significantly increased in all experimental groups compared to the control group. Feed conversion ratio was similar to the control group in the 1 % and 2 % *Cinnamomum camphora* treatments, while the 2 % *Eucalyptus globulus* supplemented diet showed a significant increase compared to the control group. Dietary *Eucalyptus globulus* and *Cinnamomum camphora* supplements significantly increased WBC (White blood cell) count and NEU (Neutrophil) levels compared to the control group. In the experiment, cholesterol increased in the 2 % *Cinnamomum camphora* and 1 % *Eucalyptus globulus* groups, while triglyceride levels were highest in the 1 % *Cinnamomum camphora* group. At the end of the experiment, a statistically significant differences were observed in cholesterol, triglyceride, glucose, ALT (Alanine aminotransferase) and AST (Aspartate aminotransferase) values. In conclusion, this study showed that both eucalyptus and camphor essential oil supplements improved growth performance, immunity, hematological and biochemical parameters in juvenile Sea bream.

Keywords: Essential oil, *Eucalyptus globulus*, *Cinnamomum camphora*, Sea bream, Haematology, Serum biochemistry

1. GİRİŞ

Su ürünleri yetiştiricilik faaliyetleri, dünyada en önde gelen gıda kaynaklarından ve gelirlerinden biridir (See ve ark., 2021). Gıda üretim sistemleri üzerindeki baskıyı artıran küresel değişimin ve hızla artan nüfusun ortasında, su ürünleri yetiştiriciliği istikrarlı bir yüksek kaliteli protein kaynağı olarak ortaya çıkmaktadır (Merino ve ark., 2012). Son tahminlere göre, dünya nüfusu 2050 yılına kadar yaklaşık 10 milyara ulaşacaktır ve bu durum, Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) gibi uluslararası kuruluşlar ve farklı ülkelerdeki hükümetler için geleceğin dünyasının nasıl besleneceği konusunda endişelere yol açmıştır. İlk kez 2027'de 100 milyon tona ve 2030'da 106 milyon tona ulaşacağı tahmin edilen su ürünleri yetiştiriciliğinin sürekli büyümesi sayesinde, suda yaşayan hayvanların toplam üretiminin 2030'da 202 milyon tona ulaşması beklenmektedir (FAO, 2022).

Beslenme ve istihdam açısından önemli bir yere sahip olan su ürünleri yetiştiricilik sektörü, çeşitli nedenlerle oluşan kayıplarını en aza indirmede ve dolayısıyla alması gerekli önlemlerde araştırma sektörlerinin en başında gelmektedir. Su ürünleri yetiştiriciliğinde başarı, yetiştirilen türlerde genetik, beslenme, bağışıklık ve hastalık kontrolünün iyileştirilmesiyle elde edilir (Khanjani ve ark., 2022). Spesifik büyüme oranı, yem dönüşüm oranı ve hayatta kalma oranı gibi parametreler, bir akuakültür sisteminin değerlendirilmesinde önemli bir rol oynar (Ghaedi ve ark., 2015; Khanjani ve ark., 2020).

Son on yıldan daha uzun süredir su ürünleri sektörünün yoğunlaşmasına bağlı olarak hastalık salgınlarında artışlar rapor edilmiş ve dünyadaki su ürünleri üretimi savunmasız hale gelmiştir (Bondad-Reantaso ve ark., 2005). Aşırı kalabalık, periyodik muamele, sıcaklıktaki yüksek veya ani değişiklikler, düşük su kalitesi ve zayıf beslenme durumu gibi faktörler, balıklarda stres veya immünsüpresyon gibi fizyolojik değişikliklere katkıda bulunur ve böylece enfeksiyona karşı duyarlılığı artırır.

Sihhi eksikliklerden kaynaklanan ekonomik kayıpları ve hastalık salgınlarını önlemek veya tedavi etmek için su ürünleri yetiştiriciliğinde yaygın olarak çeşitli veteriner ilaçları kullanılmaktadır. Antimikrobiyaller ve diğer veteriner ilaçları, balık yemlerinde veya bazen banyolarda ve enjeksiyonlarda katkı maddesi sıfatıyla düzenli olarak uygulanmakta ve profilaktik (hastalıkları oluşmadan önce önler), terapötik (hasta hayvanları tedavi eder) veya büyüme destekleyicisi olarak su ürünlerinde kullanılmaktadır (Rico ve ark., 2013). Bununla birlikte, çevre ve sağlık güvenliği açısından çok sayıda yan etki gösterdikleri için veteriner ilaçlarının kullanımı daha da kısıtlanmaktadır. Örneğin, yoğun antibiyotik

kullanımı, dirençli bakteri suşlarının gelişmesine (Mirand ve Zemelman, 2002, Seyfried ve ark., 2010) veya ticarileştirilmiş balıkların kaslarında kalıntı antibiyotiklerin varlığına neden olmuş ve bu nedenle insan sağlığı üzerinde potansiyel negatif sonuçlara sebebiyet verdiği ortaya konulmuştur (Cabello, 2006; Romero Ormazábal ve ark., 2012).

Veteriner ilaç tedavilerinin çevreye ve insan sağlığına olası zararları ve bazı durumlarda sınırlı etkinlikleri göz önüne alındığında, hastalık yönetiminin zararsız, önleyici ve kalıcı yöntemler üzerinde yoğunlaşması en başta ele alınması gereken bir olgudur. Hastalık salgınları sıklıkla balık zindeliği ve sağlığı ile ilişkilendirilmektedir. Çoğu patojen fırsatçıdır ve bağışıklığı baskılanmış veya stresli balıklardan yararlanır, dolayısıyla bu tür mikroorganizmalarla yüzleşmek için balık bağışıklığını ve zindeliğini en üst düzeye çıkararak patojen enfeksiyonlarından kaçınmak, başta gelen alternatif çözümler arasında yer almaktadır (Ashley, 2007, Davi ve ark., 2002, Iguchi ve ark., 2003, Ruane ve ark., 1999).

Tüm sistemlerin (insan toplulukları, hayvan üretimi, doğal ekosistemler) bağlantılı olduğunu düşünen “Tek Sağlık” yaklaşımı, özellikle gıda güvenliği, zoonoz kontrolü ve antimikrobiyal direnç konularında sürdürülebilir alternatiflerin geliştirilmesine önayak olmaktadır (White ve Hughes, 2019; Stentiford ve ark., 2020). Bu nedenle su ürünleri yetiştiriciliğinde, özellikle hastalık salgınlarının önlenmesi ve tedavisi ile ilgili olarak daha sürdürülebilir uygulamalar derinden teşvik edilmektedir (Stentiford ve ark., 2020). Bu bağlamda, hastalıklara karşı direnci artırmada balıkların fizyolojik durumunu ve bağışıklığını iyileştiren fonksiyonel yem katkı maddelerinin kullanımı, son on yıl içinde gözle görülür bir şekilde artış göstermiştir (Van Hai, 2015; Dawood ve ark., 2018; Guerreiro ve ark., 2018; Hoseinifar ve ark., 2018).

Son yıllarda, tıbbi bitkilerin immünostimulan olarak kullanımı hastalıkların önlenmesinde yaygın bir uygulama haline gelmiştir. Bazı şifalı bitkilerin balıklarda hastalık direncini arttırdığı gösterilmiştir (Taştan ve ark., 2021; Agarwal ve Singh, 1999). Dikkatler, antimikrobiyal bileşiklere olan güvenden, çok çeşitli bulaşıcı hastalıklarla mücadelede başarılı olan spesifik ve spesifik olmayan immün uyarıcılar, tek başına veya kombinasyon halinde kullanılan doğal bitki ürünlerine odaklanmıştır (Austin ve ark., 2022).

Fonksiyonel yem katkı maddelerinin uygulanmasının, su beslemesine dahil edildiğinde probiyotikler, prebiyotikler, immünostimulanlar, şifalı bitkiler, vitaminler ve mikro elementler dahil olmak üzere birçok faydası vardır (Daniels ve ark., 2014; Abdel-Latif ve ark., 2020c; Yılmaz ve ark., 2022). Daha spesifik olarak, bitkisel katkı maddeleri ve özlerinin suda yaşayan hayvanların büyüme performansını, antioksidan ve bağışıklık

tepkilerini güçlendirdiği kanıtlanmıştır (Ahmadifar ve ark., 2020; Gowda ve ark., 2008; Bahi ve ark., 2017).

Çok sayıda çalışma, şifalı bitkiler ve özlerinin dahil edilmesinin, bağışıklık tepkisini ve olumsuz çevre koşullarına karşı direncini arttırdığını göstermiştir (Adel ve ark., 2021; Dawood ve ark., 2020b; Ghafarifarsani ve ark., 2021; Magouz ve ark., 2021). Yem katkı maddeleri arasında doğal olmaları, bulunabilirlikleri ve kolay işlenebilmeleri nedeniyle bitki esansiyel yağlarının kullanımı da giderek yaygınlaşmaktadır. Son araştırmalar, bitki esansiyel yağlarının balık ve kabuklu deniz ürünleri diyetlerinde büyüme performansını artırmak ve bağışıklık sistemini uyarmak için sayısız fayda sağladığını göstermiştir (Awad ve Awaad, 2017; Faheem ve ark., 2020).

Uçucu yağlar, ikincil metabolizma sırasında aromatik bitkiler tarafından sentezlenen, güçlü bir koku ile karakterize edilen organik maddelerin doğal bir karışımıdır. Bitki esansiyel yağları, sentetik ilaçların ikamesi ve/veya adjuvan olarak kullanılması için en ilginç seçenekler arasındadır. Bu fitokimyasallar, ana aktif maddeler olarak hareket edebilir ve/veya hayvan üretimi ve evcil hayvanlarda uygulanma potansiyeli olan yeni ilaçların sentezi için yeni moleküller sağlayabilir (Bakkali ve ark., 2008; Christaki ve ark., 2012; Nazzaro ve ark., 2013; Franz ve ark., 2010; Bianchini ve ark., 2014). Esansiyel yağlar, sindirim, bağırsak mikrobiyal topluluğu, büyüme performansı ve refah üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle hayvan diyetlerinde antibiyotik büyüme destekleyicilerinin yerini alarak hayvan beslenmesi ve sağlığı için yeni nesil ürünler olma potansiyeline sahiptir (Brenes ve Roura, 2010; Franz ve ark., 2010; Bento ve ark., 2013; Giannenas ve ark., 2013; Zeng ve ark., 2015).

Esansiyel yağlar, doğal antioksidan ve immüностimülan ajanlar olarak uzun zamandır özel bir odak noktasına sahip olmuşlardır. Esansiyel yağ üretiminin, ilk olarak İbni Sina tarafından uygulanan su buharı distilasyonu tekniği ile gelişmeye başlaması sonrası ürün çeşitliliği artmış, içerdikleri kimyasal bileşenlerin öneminin bilinmesiyle de 19.yüzyıldan itibaren üretim grafikleri yükselişe geçmiştir. Küresel esansiyel yağ pazarının büyüklüğü, 2022'de 21,79 milyar ABD doları değerinde belirlenirken, 2023'ten 2030'a kadar bileşik yıllık büyüme oranında ortalama %7,9'luk bir yükselme olacağı tahmin edilmektedir. Ülkemizde ise TÜİK verilerine göre esansiyel yağ ihracatı toplam 40 milyon ABD doları, ithalat ise toplam 32 milyon ABD doları olarak belirlenmiştir. (TÜİK, 2020b).

Myrtaceae familyasından olan okaliptüs, birçok farklı hastalık ve sağlık sorunu için bilinmekte ve halk hekimliğinde kullanılmaktadır. *Eucalyptus globulus*'un insan ve hayvanlarda enfeksiyöz ve inflamatuvar hastalıklara karşı etkilerine dair birkaç data mevcutken (Vigo ve ark., 2004; Inouye ve ark., 2006; Cermelli ve ark., 2008), bu esansiyel yağın insan ve hayvanlardaki bağışıklık sistemi üzerindeki etkisine ilişkin çok az veri mevcuttur. Gökkuşığı alabalığında bu uçucu yağın antifungal ve immünomodülatör etkilerinin olduğu birkaç çalışma gösterilmiş (Sharifroohani, 2012; Sheikhzadeh ve ark., 2011; Soltani ve ark., 2010), ancak yetiştiricilik açısından önemli diğer türler kapsamında çalışmalara rastlanmamıştır.

Kafur, *Cinnamomum camphora* ağacından elde edilen, güçlü bir kokuya ve keskin bir tada sahip beyaz, kristal bir maddedir. Kafur ağacı yereldir ve özellikle Çin, Hindistan, Moğolistan, Japonya ve Tayvan ile bu güzel kokulu yaprak dökmeyen ağacın birçoğu Güney Amerika'da, özellikle Florida'da yetişmektedir. Kafur, topikal analjezik, antiseptik, antispazmodik, antiprütik, antienflamatuvar, antienfektif vs. gibi birçok farmasötik uygulama alanında kullanımı olan bir bitkidir (Hamidpour ve ark., 2013). Kafur (*Cinnamomum camphora*) her biri farklı esansiyel yağ bileşimleri içeren birçok kimyasal varyeteye sahiptir. *Cinnamomum camphora*'nın yapraklarından ekstrakte edilen flavonoidlerin, in vitro antioksidatif özelliğe sahip olduğuna ilişkin çalışmalar haricinde, bir dizi araştırma da bu esansiyel yağın alg öldürücü olarak potansiyel değerini etkili bir şekilde ortaya koymaktadır (Lee ve ark., 2022).

Çipura (*Sparus aurata* L., Sparidae), ticari değeri yüksek bir deniz teleostunu temsil etmektedir (Basurco ve Abellán, 1999). Özellikle Avrupa'nın Atlantik kıyılarında, Akdeniz'de ve Karadeniz'de yaşayan bu tür, hızlı büyüme oranı, çeşitli olumsuz çevresel faktörlere karşı mevcut doğal direnci, tüketici ve pazar kabul edilebilirliği yönüyle, balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliğinde en önemli deniz balıklarından biridir (Arabacı ve ark., 2010). Yoğun üretim koşullarında yetiştirilen çipuranın, belirli dönemlerde artan enfeksiyon etkenleri ve büyüme performansı ile ilgili farklı parametreleri de göz önüne alındığında, fonksiyonel yem katkı maddelerinin önemi daha fazla dikkat çekmektedir.

Esansiyel yağların ve mekanizmalarının, bağışıklık sistemi, bağırsak mikrobiyotası ve büyüme performansı üzerindeki potansiyel etkilerini belirlemek için, bağırsak mikrobiyomu, metabolomik ve proteomik araçlar üzerinde dikkate değer çalışmalar artış göstermektedir. Bu anlamda, bitkisel esansiyel yağların konsantrasyonlarının, adaptif bağışıklık tepkisi, antioksidan durumu ve hastalık direnci üzerindeki etkilerini belirlemek ve

ölçmek için, balık transkriptomik profilleri üzerine daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Ayrıca, hedeflenen balık türlerinin bağırsak mikrobiyotasını karakterize etmek için gelişmiş yöntemler kullanan kapsamlı çalışmalarla birlikte bu yönde daha fazla araştırma planlarına ihtiyaç vardır.

1.1. Esansiyel Yağın Tanımı

Esansiyel (uçucu) yağ, bitkilerin yaprak, meyve, kabuk veya kök kısımlarından elde edilen, oda sıcaklığında sıvı halde olan, kolaylıkla kristalleşebilen genellikle renksiz veya açık sarı renkli, uçucu, kuvvetli kokulu, doğal bir üründür. Güzel kokulu olmasından dolayı esans ya da eterik yağ da denilmektedir. Bu bileşikler su ile karışmadıkları için yağ olarak tanımlansalar da sabit yağlardan farklıdırlar (Ceylan, 1983).

Esansiyel yağlar, bitki materyalinin ıslak ağırlığının yalnızca küçük bir oranını, genellikle yaklaşık %1 veya daha azını oluşturmalarına rağmen (Carson ve Hammer, 2011) farklı konsantrasyonlarda düzinelerce bileşen içerebilir (Bakkali ve ark., 2008). Bir esansiyel yağın bileşenlerinin sayısı genellikle 20 ila 200 arasında değişir ve karışımdaki konsantrasyonlarına göre (i) ana bileşenler (% 20 ila % 95), (ii) ikincil bileşenler (% 1-20) ve (iii) eser bileşenler (% 1'in altında) olarak adlandırılırlar. Esansiyel yağlarda çok çeşitli kimyasal yapılar sahip 3.000'den fazla farklı kimyasal tespit edilmiştir (Sticher, 2015) ve bunlar genel olarak terpen hidrokarbonlar, basit ve terpen alkoller, aldehitler, ketonlar, fenoller, esterler, eterler, oksitler, peroksitler, furanlar, organik asitler, laktonlar, kumarinler ve hatta kükürt bileşikleri olarak sınıflandırılmaktadırlar (Swamy ve ark., 2016).

Esansiyel yağların kimyasal bileşimi bitki türüne, gelişme aşamasına, ekime ve çevre koşullarına (yani toprak ve iklim) (Gora ve ark., 2002), yağ ekstraksiyonuna ve işleme yöntemlerine (Azmir ve ark., 2013, Tongnuanchan ve ark., 2014) göre değişebilmektedir. Dolayısıyla çeşitli esansiyel yağ türleri ekstrakte edilmekte ve bunların kimyasal bileşimleri ve organoleptik özellikleri aşağıda belirtilen ana gruplarda doğrulanmaktadır.

1.1.1. Mentol

Mentol (nane kafuru), dört stereoizomerden (mentol, izomentol, neomentol ve neoisomenthol) oluşmakta ve iki optik formda (levogirous ve dekstrogirous) gözlemlenmektedir (Manuale ve ark., 2010). Oda sıcaklığında renksiz veya beyaz mumsu

kristal katı bir madde olan ve bu sıcaklığın biraz üzerinde erime noktasına ulaşabilen mentol, ilk olarak 1771'de Hollandalı botanikçi Gambius tarafından izole edilmiştir (Patel ve ark., 2007). Doğal kaynaklardan (bitki kökenli) veya sentezlenmiş L- veya (-)-mentol en kararlı ve tercih edilen izomerdir (Kamatou ve ark., 2013). Doğal mentol *Mentha* sp. cinsinin esansiyel yağlarının ana bileşeni olduğu için öncelikle aromatik bitkilerden elde edilir (Hoseini ve ark., 2019). *Mentha arvensis* L., (syn. *M. canadensis* L., Japon nanesi) cornmint-MA ve *M. piperita* L. (Hudson) nane-MP, ekimde iyi bilinen iki mentol nanesidir. Mentol, mısır nanesi yağının %70-90'ını ve nane yağının yaklaşık %20-60'ını temsil eder (Kalemba ve ark., 2019; Tisserand ve ark., 2013). Dünya mentol üretiminin ana kaynağı (19.170 ton) doğal olarak (%6 7.14) *M. canadensis*'ten elde edilir ve yaklaşık 6300 ton (% 32.86) sentetik olarak üretilir (Etzold ve ark., 2009).

1.1.2. Linalool

Linalool, doğada iki stereoizomerde bulunan, koku veren bir monoterpen alkoldür (Elsharif ve ark., 2015; Stashenko ve ark., 2008) ve farklı familyalara ait 200'den fazla aromatik bitki türünün yağ bileşenlerinin % 90,6'sını temsil etmektedir.

1.1.3. Myrcene

Myrcene, ilki β -mirsen (doğal form) olan iki izomerde bulunan bir alken doğal hidrokarbon asiklik monoterpen bileşiğidir ve ikinci form (α -mirsen) doğal olarak mevcut değildir; ancak endüstriyel olarak hazırlanabilmektedir (Behr ve ark., 2009). Myrcene, farklı kaynaklarda doğal olarak bulunan renksiz bir sıvıdır.

1.1.4. Okaliptol

Okaliptol, doğada bol miktarda bulunan renksiz bir sıvı olan monoterpenoid eter alkoldür (Aprotosoie ve ark., 2019). 1,8-sineol olarak da bilinen okaliptol ve izomeri 1,4-sineoldür. 1,8-sineolden çok daha düşük 1,4-sineol konsantrasyonlarında olmasına rağmen, aynı bitki türünde doğal olarak bulunmaktadır (Rahman, 2020). Okaliptüs, okaliptüs yapraklarının (*Eucalyptus* spp.) esansiyel yağlarının ana bileşenidir (% 80'e kadar) ve diğer bazı aromatik bitkilerin uçucu yağlarında değişen oranlarda bulunmaktadır.

1.1.5. Globulol (Ledol)

Globulol, 5,10-aromadendran seskiterpenoid alkol olarak bilinmektedir ve güçlü bir antimikrobiyal etki sergiler (Tan ve ark., 2008). Globulol, yapraklardan ekstrakte edilen %5,3 oranında *Eucalyptus* spp. dahil olmak üzere Myrtaceae gibi farklı familyalara ait çeşitli bitkilerin esansiyel yağlarında ve 11,2 oranında beyaz kunzea (*Kunzea ambigua*) da değişen konsantrasyonlarda bulunmaktadır.

1.1.6. Spatulol

Spathulenol, antileishmanial etkilere sahip viskoz, renksiz bir trisiklik seskiterpen alkoldür. Kroton türlerinin (*C. argyrophyllodes*, *C. jacobinensis* ve *C. sincorensis*) taze yapraklarından ekstrakte edilen esansiyel yağların ana bileşeni olan *B. semiserrata* DC'nin erkek ve dişi örnek yapraklarından elde edilmektedir. Ayrıca *Origanum vulgare* L. ssp.'nin havada kurutulmuş otunun esansiyel yağının ana bileşenidir (% 20,7) (Kula ve ark., 2007).

1.1.7. Guaiol

Guaiol bir seskiterpenoid alkoldür ve anti-kanser, anti-anksiyete, anti-inflamatuar, anti-bakteriyel ve antioksidan özelliklere sahiptir. Guaiol ayrıca çeşitli aromatik bitkilerin yağında, özellikle ağaç kökenli yağlarda bulunan birçok terpenden biri olarak öne çıkmaktadır [selvi zümrüdü (*Callitris columellaris* F. Muell.) % 20.0, selvi yeşim taşı (*C. glaucophylla* Joy Thomps. ve LASF Muell.) % 14.7, selvi mavisi (*C. intratropica* RT Baker ve HB Sm.) % 13.7].

1.1.8. Karyofilen oksit

Karyofilen oksit (β - karyofillen), karyofilenin oksitlenmiş şeklidir. Yaygın okaliptüs *Melaleuca stypheloides*'in esansiyel yağlarında %43.8'e kadar yüksek konsantrasyonlarda bulunan karyofilen, Tisserand ve Young (2014)'a göre çeşitli bitki türlerinden kaynaklanan esansiyel yağlarda bulunan başlıca terpenlerden biridir.

1.1.9. Timol

Timol, izomeri karvakrol (Clarke, 2008; Jafri ve ark., 2019) ile birlikte doğal olarak bulunan bir monoterpenoid fenolik bileşiktir ve kekik türlerinin yapraklarının esansiyel yağlarında değişen oranlarda bulunmaktadır [*T. Zygis* (% 30,9–74,0), *T. Vulgaris* (% 48,3–62,5), *T. serpyllum* L. (% 16,7–25,9), *T. zygis* (% 25,5)].

1.1.10. Karvakrol

Karvakrol (simofenol), izomeri timol ile birlikte oluşan doğal bir monoterpenoid fenoldür ve antioksidan, antitümör, antibakteriyel, antifungal ve böcek öldürücü özellikler dahil olmak üzere farklı bir dizi biyolojik aktivite sergilemektedir (Bakkali ve ark., 2008; Can Baser ve ark., 2008). Karvakrol *O. onites* (% 66,5–80,4), *O. majorana* L. (% 23,3–81,0), *O. vulgare* (% 61,6–) dahil olmak üzere kekik bitkilerinin toprak üstü kısımlarından elde edilen yağlar dahil olmak üzere Lamiaceae türlerinin esansiyel yağ bileşenlerinin birincil bileşimidir.

1.1.11. Terpinen

Terpinen, terpineolün doğal bir monoterpen izomeridir ve antiviral, bakterisidal, antifungal, anti-tümör, antiinflamatuvar, analjezik, böcek öldürücü ve akarisidal aktivitelere sahip güçlü bir terapötik ajandır (Benelli ve ark., 2013; Gómez-Rincón ve ark., 2014; Shapira ve ark., 2016; Yu ve ark., 2015). Terpinen, yapraklardan kaynaklanan çay ağacı yağının (*M. alternifolia*) birincil bileşenidir (%30-48) ve *Zingiber montanum* esansiyel yağlarında değişen oranlarda bulunmaktadır. Ayrıca mercanköşk taze kurutulmuş çiçekli bitki (*O. majorana* L.: %16,4–31,6), fesleğen yaprakları (*Ocimum canum* Sims.: %7,5–26,8), Kewda çiçekleri (*Pandanus fascicularis* Lam.: % 0–21,0) sugandh mantri rizomları (*Homalomena aromatica* Schott.: % 17,2), ardıç meyveleri (*Juniperus communis* L.: % 1,5–17,0), topuz perikarp (*Myristica fragrans* Houtt. % 4,4–14,0) ve küçük hindistan cevizi tanelerinde (*M. fragrans* Houtt.: % 1.0–10.9) değişen oranlarda bulunmaktadır (Tisserand ve ark., 2013).

1.1.12. Dehidrofukinon

Dehidrofukinon bir seskiterpen ketonik bileşiktir ve sakinleştirici özelliklere sahiptir. Ayrıca *Senecio* spp.'nin toprak üstü kısımlarından izole edilen dehidrofukinonun (*S. punae*, *S. humillimus*, *S. aureus* ve *S. viridis*) yüksek bir antifungal aktivite gösterdiği ($92.7 \pm \% 0.2$) ve patojenik olmayan bakteriler (*L. plantarum*) üzerinde faydalı bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir.

1.2. Esansiyel Yağların Aktivite Mekanizmaları ve Çalışmalar

Esansiyel yağların spesifik olarak diyet içeriklerinde kullanılmasında antistres ve antioksidan özellikler göstermesi, gastrointestinal sistemin iyileştirilmesinde immün ve fizyolojik olarak yanıt vermesi gibi pozitif sonuçlar, bu konuyla ilgili son yirmi yılda yapılan birçok araştırmanın önemini gittikçe artırmaktadır. Esansiyel yağ katkılı diyetlerin farklı balık türleri üzerindeki kullanımında, kanda hematolojik ve biyokimyasal özelliklerin uyarıldığı, balığın büyüme performansını artırdığı ve ayrıca bağışıklık sistemi yoluyla hastalıklardan koruduğu ortaya konulmuştur (Das ve ark., 2012; Parrino ve ark., 2019; Acar ve ark., 2018; Ajala ve ark., 2015; Okukpe ve ark., 2018). Son araştırmalar hematolojik, serum biyokimyasal, doğuştan gelen bağışıklık parametrelerinin ve antioksidan durumunun sağlık durumunun önemli göstergeleri olduğunu göstermiştir (Chakraborty ve ark., 2011; Fazio ve ark., 2019; Torrealba ve ark., 2019; Chelemal Dezfoulnejad ve ark., 2022).

Balıkların bağırsak mikrobiyotası genetik, beslenme, mikrobiyolojik ve çevresel faktörlerden etkilenmektedir (Gómez ve Balcázar, 2008; Wong ve Rawls, 2012). Bağırsak mikrobiyotasını etkileyebilecek faktörler arasında olan diyet, konakçı ile fonksiyonel ilişkilerini etkileyebilecek olan gastrointestinal kanalın, bakteriyel çeşitliliğindeki değişikliklerden sorumlu ana faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir (Ley ve ark., 2008). Esansiyel yağlar, bağırsak ortamı üzerinde prebiyotik benzeri bir etki gösterebilir ve bağırsak bakteri bileşimini modüle edebilirler (Laparra ve Sanz, 2010). Genel olarak esansiyel yağlar, patojenlere karşı kommensal bakterilere göre daha aktiftir (Si ve ark., 2006; Ouwehand ve ark., 2010; Thapa ve ark., 2012) ve dolayısıyla bağırsaktaki belirli bakteri gruplarını inhibe ederek, gastrointestinal sistemde faydalı bakterilerin gelişmesini sağlarlar (Dawood, 2021).

Esansiyel yağlar, bağırsak mikrobiyotası üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkileriyle protein sentezi için amino asit dizilimini artırarak, kas sisteminde birikme yoluyla balık

büyümesini olumlu yönde etkileyen besin sindirimini ve emilimini artırır (Suttili ve ark., 2018; Xu, ve ark., 2020). Ek olarak esansiyel yağların, bağırsak sağlığını koruyarak, doğrudan iştahı, sindirimi, anti-inflamatuvar ve antioksidan aktiviteleri de artırabilen özelliğe sahip olduğu birçok araştırmayla ortaya konulmuştur (Hernandez ve ark., 2004; Michiels ve ark., 2010; Venkatramalingam ve ark., 2007).

Esansiyel yağların bağırsak bakteri popülasyonu üzerindeki etkileri, geleneksel antibiyotikler kullanıldığında gözlemlenen etkilerin aksine, doğrudan bakteri üzerindeki aktivite ile ilişkilidir (Butaye ve ark., 2003; Lin, 2011; Yang ve ark., 2015). Bu moleküller virülans faktörlerini ve/veya bakteri hücrelerine direnç kazandıran mekanizmaları inhibe ederek hareket edebilmektedir. Bu özellikleri sayesinde, patojen hareketliliğini ve istilasını azaltabilir (Inamuco ve ark., 2012) ve bakteri hücrelerinin farklı sinyal bileşenlerinde işleyen çekirdek algılama iletişim süreçlerine müdahale edebilirler (Niu ve ark., 2006; Brackman ve ark., 2008; Zhou ve ark., 2013).

Esansiyel yağlar ve bileşenlerinin bakteri hücrelerinin direnç faktörlerini baskılaması, onları çoklu dirençli suşlara karşı yeni ilaç veya adjuvan geliştirmeye aday haline getirmektedir. Çoğu antibakteriyel ilaç, bakteri hücrelerinin sitoplazmasında etkili bir konsantrasyon elde etmek ve inhibitör etkilerini göstermek için hücre zarı boyunca taşınmalıdır. Bakteri zarındaki taşıma proteinlerinin fazlalığı (akım pompaları), ilaçların hücrede istenen konsantrasyona ulaşmadan, hücre dışına hızlı bir şekilde pompalanmasını kolaylaştırır ve dolayısıyla ilaç etkinliği azalır (Walsh, 2000). Buna karşılık doğal kaynaklardan ve özellikle bitkilerden, raporlarla ortaya konulmuş çok çeşitli bakteriyel akış pompası inhibitörleri mevcuttur (Stavri ve ark., 2007; Yap ve ark., 2014; Prasch ve Bucar, 2015). Esansiyel yağların antimikrobiyal aktivitesi hem gram-pozitif hem de gram-negatif organizmaya karşı güçlüdür, ancak gram-negatif mikroorganizmanın hücre duvarını çevreleyen bir dış tabakaya (lipopolisakkarit tabakası) sahip olması nedeniyle, gram-pozitif gıdaları bozan mikroorganizmaya karşı gram-negatiften daha etkili oldukları bulunmuştur.

Tablo 1.1. Besin katkı maddesi olarak kullanılan bitkisel esansiyel yağların farklı balık türlerinde gözlemlenen faydaları.

Bitki/ürün	Balık türü	Faydaları	Referans
<i>Allium sativum</i> ve <i>Foeniculum vulgare</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	En iyi yem dönüşüm oranı ve protein verimlilik oranı	Hasan ve Sultan (2016)
<i>Aloysiatri phylla</i>	<i>Rhamdia quelen</i>	Antioksidan aktivite	Zeppenfeld ve ark. (2016a)
		↑ Bağırsak morfolojisinde büyüme ve pozitif değişiklikler	Zeppenfeld ve ark. (2016b)
<i>Tarçın</i> sp.	<i>Oreochromis niloticus</i>	İmmünomodülatör etki a	Santos ve ark. (2016)
<i>Narenciye limonu</i>	<i>Oreochromis mossambicus</i>	↑ Büyüme, immünomodülatör etki ve ↑ <i>Edwardsiella tarda</i> enfeksiyonuna direnç	Baba ve ark. (2016)
<i>Narenciye sinensis</i>	<i>Oreochromis mossambicus</i>	↑ Büyüme, immünomodülatör etki ve ↑ <i>Streptococcusiniae</i> enfeksiyonuna direnç	Acar ve ark. (2015)
<i>Lippia alba</i>	<i>Rhamdia quelen</i>	Antioksidan aktivite	Saccol ve ark. (2013)
<i>Mentha piperita</i>	<i>Colossomamacropomum</i>	↑ Kan hemoglobini	Ribeiro ve ark. (2016)
<i>Ocimumam ericanum</i>	<i>Sciaenopsocellatus</i>	↑ Mide pH'ı ve immünomodülatör etki	Sutuli ve ark. (2016)
<i>Ocimum gratissimum</i> ve <i>Zingiber officinale</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	↑ Büyüme ve immünomodülatör etki	Brum ve ark. (2017)
<i>Rosmarinus officinalis</i>	<i>Huso huso</i>	↓GPT azalması ve karaciğer fonk. iyileşme ↓Savunma sisteminde ve hematolojik parametrelerde artış	İbrahimi ve ark. (2020)

Tablo 1.1.'in devamı

Bitki/ürün	Bahk türü	Faydaları	Referans
<i>Origanum heracleoticum</i> b	<i>Ictalurus punktatus</i>	↑Büyüme, antioksidan aktivite, kas proteini sedimantasyonu ve ↑ <i>Aeromonas hydrophila</i> enfeksiyonuna direnç	Zheng ve ark. (2009)
<i>Origanum onitler</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	↑Büyüme ve ↑ <i>Lactococcus garviae</i> enfeksiyonuna direnç	Diler ve ark. (2016)
<i>Origanum vulgare</i>	<i>Astyanaxaltiparanae</i>	↑Karkasın büyümesi, ↓ lipid ve ↑ protein içeriği	Ferreira ve ark. (2014)
<i>Syzygium aromaticum</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	↑ <i>Lactococcus garviae</i> enfeksiyonuna direnç	Rattanachaykunsopon ve Phumkhachorn (2009)
<i>Thymus vulgaris</i> ve <i>Salvia officinalis</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	↑Büyüme ve antioksidan aktivite	Sönmez ve ark. (2015a)
<i>T. vulgaris</i> ve <i>Salvia</i> sp.	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	↑Büyüme ve yağ asidi kullanımı üzerinde olumlu etki	Sönmez ve ark. (2015b)
<i>Zataria multiflora</i>	<i>Cyprinus carpio</i>	İmmünomodülatör etki	Soltani ve ark. (2010)
<i>Z. multiflora</i> ve <i>Eucalyptus globulus</i>	<i>Cyprinus carpio</i>	İmmünomodülatör etki	Şeyhzade ve ark. (2011)
<i>Origanum vulgare</i>	<i>Cyprinus carpio</i>	↑Bağırsak morfometrik ölçümler	Abdel-Latif ve ark. (2020)
<i>Cymbopogon nargus</i>	<i>Sparus aurata</i>	↑WBC artış, <i>Vibrio harveyi</i> enfeksiyonuna direnç	Garcia-Marquez ve ark. (2021)
<i>Lippia sidoides</i> <i>Ocimum gratissimum</i>	<i>Colossoma macropomum</i>	↑ <i>O.gratissimum</i> ile <i>Aeromonas hydrophila</i> enfeksiyonuna direnç	Monteiro ve ark. (2021)

Tablo 1.1.'in devamı

Bitki/ürün	Balık türü	Faydaları	Referans
<i>Origanum vulgare</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	↑Büyüme ve bağırsak sağlığı ↑Bağışıklık ve antioksidan aktivite	Maguz ve ark. (2021)
<i>Saturaje hortensis</i>	<i>Rutilus caspicus</i>	↑FCR, SGR ve kilo alımında artış ↑Serum antioksidan parametrelerinde artış	Ghafariarsani ve ark. (2022)
<i>Saturaje hortensis</i>	<i>Cyprinus carpio</i>	↑Besin sindirimi ve emilimi ↑Büyüme ve antioksidan aktivite artışı	Celil ve ark. (2022)
<i>Dracocephalum kotschy</i>	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	↑Bağışıklık ve antioksidan aktivite artışı	Hafsan ve ark. (2022)

Yakalama, paketlenme, yüksek yükleme yoğunluğu, su kalitesindeki değişiklikler, taşımanın kendisi, boşaltma ve son depolama nedeniyle larvaların, yavruların veya anaçların canlı nakliyesi balıklarda stresin en önemli nedenlerinden biridir (Harmon, 2009; Paula-Freire, 2016). Çeşitli çalışmalar, anestezi ve/veya sakinleştirici olarak kullanılan bazı esansiyel yağların plazma kortizol seviyelerini düşürdüğünü ve stres tepkisini zayıflattığını göstermektedir (Barton ve ark., 2002; Da Cunha ve ark., 2010; Zeppenfeld ve ark., 2014; Souza ve ark., 2017b; Adineh ve ark., 2021). Ayrıca, terapötik banyolara eklendiğinde bazı esansiyel yağların (sedasyonu indükleyenlerden daha düşük konsantrasyonlar) oksidatif stresi hafifletebildiği veya önleyebildiği gözlemlenmiştir (Sousa ve ark., 2015; Saccol ve ark., 2018a; Tort ve ark., 2003; Tort, 2011). Sonuç olarak, genellikle daldırma veya gıda katkı maddeleri olarak uygulanmakta olan bu moleküllerin, canlıda doğuştan gelen (spesifik olmayan) savunma mekanizmalarını geliştirerek, spesifik patojenlere karşı direnci arttırdığı ve stresin neden olduğu immün baskılama durumlarından kurtulmayı desteklediği birçok araştırmayla ortaya konmuştur (Sakai, 1999; Barman ve ark., 2013; Gabriel ve ark., 2020; Elbialy ve ark., 2021).

Tablo 1.2. Balık hastalıklarında antimikrobiyel ajanlar olarak uçucu yağların kullanımı.

Esansiyel Yağ (EO)	Ana Bileşikler	Balık türleri	Stres/süre	Amaç/Konsantrasyon	Balık üzerinde etki/fizyoloji	Referans
<i>A. triphylla</i>	β -sitral (20.78)	<i>R. quelen</i>	<i>A. hydrophyla</i> 'nın neden olduğu enfeksiyon	Diyet takviyeli/kg diyet başına 2,0 mL	Sağkalımı artırır ve toplam lökosit, lenfosit ve nötrofil sayısını azaltır	Santos ve ark. (2017b)
<i>Narenciye limonu</i>	Limonen (54.4)	<i>O. mossambicus</i>	<i>E. tarda</i> 'nın neden olduğu enfeksiyon	Eklenen diyet/0.5, 0.75 ve %1	Spesifik olmayan bağışıklık parametrelerini geliştirir ve ölüm oranını azaltır	Baba ve ark. (2016)
<i>H. ringens</i>	Pulegon (96.63)	<i>R. quelen</i>	<i>A. hydrophyla</i> 'nın neden olduğu enfeksiyon	Önleyici banyolar/20 mg·L ⁻¹	Hayatta kalmayı artırır	Sutili ve ark. (2015)
<i>Melaleuca alternifolia</i>	Terpinen-4-ol (27.15)	<i>R. quelen</i>	<i>A. hydrophyla</i> 'nın neden olduğu enfeksiyon	Önleyici banyolar/50 μ L·L ⁻¹	Spesifik olmayan bağışıklık sistemini artırır ve oksidatif hasarı önler	Baldissera (2017a)
<i>Melaleuca alternifolia</i>	Terpinen-4-ol (27.15)	<i>R. quelen</i>	<i>A. hydrophyla</i> 'nın neden olduğu enfeksiyon	Önleyici banyolar/50 μ L·L ⁻¹	Pürinerjik enzimlerdeki değişiklikleri önler ve doğuştan gelen bağışıklık tepkisini iyileştirir.	Baldissera ve ark. (2017b)
<i>Ocimum</i> sp.	1,8-sineol (40.4)	<i>O. niloticus</i>	<i>S. agalactiae</i> enfeksiyonu	55 gün boyunca eklenen diyet/0.5, 1.0 ve % 1.5	Büyümeyi, bağışıklık yanıtlarını ve hastalık direncini artırır	Brum ve ark. (2017)
<i>O. americanum</i>	β -linalol (46.6)	<i>R. quelen</i>	<i>A. hydrophyla</i> 'nın neden olduğu enfeksiyon	Önleyici banyolar/20 mg·L ⁻¹	Hayatta kalmayı artırır	Sutili ve ark. (2015)
<i>Zatariumul tiftlorası</i>	yok	<i>C. carpio</i>	Düşük sıcaklık ve <i>A. hydrophyla</i> tarafından meydana okuma	Diyet takviyesi/30 ve 60 mg·L ⁻¹	Bağışıklık sistemini geliştirir	Soltani ve ark. (2010)

Tablo 1.2.'nin devamı

<i>Zingiber officinale</i>	sardunya (24.0)	<i>O. niloticus</i>	<i>S. agalactiae</i> enfeksiyonu	55 gün boyunca takviye edilen diyet/% 0,5 ve % 1,0	Bağıışıklık yanıtlarını ve hastalık direncini geliştirir	Brum ve ark. (2017)
<i>Syzygium aromaticum</i> (karanfil yağı)	Öjenol	<i>R. quelen</i>	<i>A. hydrophyla</i> 'nın neden olduğu enfeksiyon	Banyolar (5 ve 10 mg·L ⁻¹)	Sağkalımı destekledi ancak fagositik aktiviteyi, süperoksit anyonu üretimini, serum hemolitik aktivitesini değiştirdi	Sutili ve ark. (2014)
<i>Thymus vulgaris</i>	Thymol	<i>C. carpio</i>	<i>A. hydrophyla</i> 'nın neden olduğu enfeksiyon	60 gün boyunca takviye edilen diyet %0,5, % 1 ve %2	Büyüme, sindirim enzimlerini ve bağışıklığı destekledi, hastalık direncini arttırdı	Ghafari-farsa ni ve ark. (2022)

Esansiyel yağlar gıda endüstrisinde gıdaların bozulmasına neden olan oksidasyonu önlemek için de kullanılırlar. Bu bileşen topluluğunun antioksidan aktivitesi, reaktif oksijen türlerini temizleme yetenekleriyle ilişkili olabilir. Fenolik bileşiklerin antioksidan olarak E, C vitaminleri ve karotenoidlerden daha güçlü olduğu bulunmuştur. Bunlardan, biberiye (*Rosmarinus officinalis*), lavanta (*Lavandula* spp.), okaliptüs (*Eucalyptus oblique*), karanfil (*Syzygium aromaticum*), papatya (*Anthemis nobilis*), zencefil (*Zingiber officinale*), nane (*Mentha piperita*) ve kekik (*Thymus vulgaris*) esansiyel yağları oksidatif hasara karşı etkili bulunmuştur.

Esansiyel yağlar, aromatik bitkilerin sekonder metabolizmasından elde edilen, belirgin bir kokuya sahip organik bileşiklerin lipofilik bir karışımı olarak farklı bileşenler içerir. Dolayısıyla bu yağların bakterilere zarar verme mekanizmaları, bileşimlerine bağlıdır. Genellikle antimikrobiyal aktivite, yalnızca tek bir etki mekanizmasından değil, tüm bakteri hücrelerini içeren bir dizi reaksiyondan elde edilir. Bitkisel esansiyel yağların bu özelliği, bileşimlerinde birkaç kimyasal yapıya ve sonuç olarak birkaç fonksiyonel gruba sahip olmalarından kaynaklanmaktadır (Burt 2004; Nazzaro ve ark.,2013).

Tablo 1.3. Bazı bitkisel esansiyel yağ bileşenlerinin balık türleri üzerindeki fizyolojik etkileri.

Esansiyel yağ bileşeni	Balık türü	Faydaları	Referans
Karvakrol ve timol	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Yem verimliliği,lizozim, ↑ CAT,büyüme performansı, ↓ Toplam anaerob ve <i>Lactobacillus</i> yükü	Giannenas ve ark. (2012)
Karvakrol	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Eser element (mineral) tutulmasını ve immüno modülatör etkiyi güçlendirir	Yılmaz ve ark. (2014, 2015)
	<i>Dicentrarchus labrax</i>	İmmüno modülatör etki ve ↑ <i>Listonella anguillarum</i> 'a karşı direnç	Volpatti ve ark. (2013)
	<i>Oreochromis niloticus</i>	↑ <i>Edwardsiella tarda</i> enfeksiyonuna direnç	Rattanachaykunsopon-Phumkhachorn (2010)
Limonen ve timol	<i>Oreochromis niloticus</i>	Büyüme performansı, ↑ IGF-I,MUC,PEPT1,LPL ALP ve CAT	Aanyu ve ark.(2018)
1,8 sineol, karvakrol veya pulegone	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	↑Büyüme indeksi ve yemden yararlanma	Sönmez ve ark. (2015)
Sinnamaldehit ve timol	<i>Oreochromis niloticus</i>	↑Büyüme indeksi ve yemden yararlanma ↑GR,lizozim aktivitesi IgM,IgG ve CAT ↓MDA	Amer ve ark. (2018)
Timol ve karvakrol	<i>Huso huso</i>	↑Büyüme indeksi ve yemden yararlanma	Ahmadifar ve ark. (2014)
Mentol	<i>Oreochromis Niloticus</i>	↑Büyüme indeksi ve yemden yararlanma ↑Antioksidatif kapasite ↑Bağışıklık yanıtı, Antienflamatuar ilişkili genler ↑Klorpirifos toksisitesine karşı direnç	Dawood ve ark. (2020)

Tablo 1.3.'ün devamı

Ticari ürün c	<i>Sparus aurata</i>	Bağırsakta bir anti-inflamatuar ve antiproliferatif transkriptomik durumu indükler	Pérez-Sánchez ve ark. (2015)
	<i>Huso huso</i>	↑Büyüme ve immünomodülatör etki	Ahmedifar ve ark. (2014)
	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	↑Büyüme, ↑ kanda vücut proteini birikimi ve lenfosit yüzdesi	Ahmedifar ve ark. (2011)
Ticari ürün d	<i>İctaluru punktatus</i>	↓ Filetonun lipid ve ↑ protein içeriği ve ↑ <i>Edwardsiella ictaluri</i> enfeksiyonuna direnç	Peterson ve ark. (2014, 2015)
	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	↑ <i>Aeromonas salmonicida</i> enfeksiyonuna direnç	Menanteau-Ledouble ve ark. (2015)
Ticari ürün e	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	↑ Büyüme, bağırsak mikrobiyotasını modüle etme ve immüno modülatör etki	Giannenas ve ark. (2012)
Ticari ürün f	<i>Oreochromis niloticus</i>	↑ Kadınlarda karaciğer proteini katılımı	Freccia ve ark. (2014)

Sonuç olarak bitki esansiyel yağlarının, bol antioksidan ve antimikrobiyal özellikleriyle, çiftlik hayvanları, kümes hayvanları ve kültürel su canlılarında büyüme performansı, çevresel strese direnç, bulaşıcı hastalıklar, spesifik olmayan bağışıklık sisteminin uyarılması ve bazı kan parametreleri üzerinde olumlu etkiler gösterebildiği araştırmalarla ortaya konulmuştur (Dügenci ve ark., 2003; Kapoorchali ve ark., 2009; Adel ve ark., 2015; Awad ve Awaad, 2017; Abdel-Latif ve ark., 2020; Mohammadi ve ark., 2020; Abdel-Tawwab ve El-Araby, 2021; Ghafarifarsani ve ark., 2021a; Yousefi ve ark., 2021a; Yousefi ve ark., 2021b; Abdel-Latif ve ark., 2022; Kumar ve ark., 2022; Raissy ve ark., 2022; Rashidian ve ark., 2022a,b). Çok sayıda araştırma, artan serum tamamlayıcı seviyeleri, plazma protein içeriği, serum globulin ve lizozim dahil olmak üzere çeşitli bitki özü katkı maddelerinin bağışıklığı artırabileceğini göstermiştir (Greathead, 2003; Wu ve ark., 2007; Windisch ve ark., 2008; Alishahi ve ark., 2011; Harikrishnan ve ark., 2011; Abdel-Tawwab

ve El-Araby, 2021; Ghafarifarsani ve ark., 2021a,b; Alagawany ve ark., 2021; Ghafarifarsani ve ark., 2022; Raissy ve ark., 2022). Ayrıca birçok çalışma da , bitki bileşikleriyle diyetin lezzetini iyileştirmenin, pankreas enzimlerini ve büyümesini uyardığı, kilo alımına neden olduğu ve önemli besin maddelerinin sindirilmesine ve emilmesine de yardımcı olduğunu gözler önüne sermiştir (Frankic ve ark., 2009; Abdel-Tawwab ve ark., 2010).

Beslemede kullanılan yem katkıları, balık büyümesi ve sağlığının yanı sıra üretim maliyeti üzerindeki etkisi nedeniyle son zamanlarda büyük ilgi gören bir araştırma alanıdır. Bu anlamda hematolojik ve biyokimyasal parametreler balık sağlığı hakkında bilgi sağlayan en önemli fizyolojik göstergeler olarak ortaya çıkmaktadır (Blaxhall ve Daisley, 1973, Morgan ve Iwama, 1997; Campbell, 2004). Yapılan bu çalışmada da *Eucalyptus globulus* (okaliptüs) ve *Cinnamomum camphora* (kafur) esansiyel yağlarının, belirlenen konsantrasyonlarda yem içeriğine eklenmesiyle, yavru çipuralarda fizyolojik, biyokimyasal ve antioksidan parametrelerin ortaya konulması ve yeme katkı niteliğinde olan esansiyel yağların desteğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

1.3. *Eucalyptus globulus* (okaliptüs) ve *Cinnamomum camphora* (kafur) Esansiyel Yağları Hakkında Bilgiler

1.3.1. *Eucalyptus globulus* (okaliptüs) esansiyel yağı

Eucalyptus globulus, Myrtaceae familyasına aittir. *Eucalyptus* cinsi, Avustralya'ya özgü, düz gövdeli, yaprak dökmeyen geniş yapraklı olan 700'den fazla türden oluşan bir ağaç türüdür (Goldbeck ve ark., 2014) ve "Mavi sakız" veya Tazmania mavisi sakızı olarak bilinir. *Eucalyptus globulus* çevre koşullarına kolay adapte olması, ekim kolaylığı, hızlı büyüme hızı ve odunsu biyokütledeki artış nedeniyle, günümüzde dünya çapında yaygın bir şekilde yetiştirilmektedir (Mulyaningsih ve ark., 2011; Joshi ve ark., 2016). Yaprakları alternatiftir ve sarımsı yaprak sapları tam olarak mızrak şeklindedir. 10–30 cm uzunluğunda, 2,5–5 cm genişliğinde, her iki yüzeyi de parlak koyu yeşil olan zengin bir uçucu yağ kaynağıdır (Fabiya ve ark., 2020; Göger ve ark., 2020; Harkat-Madouri ve ark., 2015; Pino ve ark., 2021; Almas ve ark., 2021).

Alem : Plantae
Sınıf : Tracheophytes
Ordo : Myrtales
Aile : Myrtaceae
Cins : Eucalyptus
Tür : *Eucalyptus globulus*



Şekil 1.1. *Eucalyptus globulus*'un sistematikteki yeri ve görünümü

Eucalyptus globulus'un uçucu yağ bileşenleri iyi tanımlanmış ve bunların özellikle yaprak parankiması ve ağaç kabuğu boyunca dağılmış bezlerde biriken ve büyük miktarlarda izoprenoid denilen uçucu bileşikler oluşturdukları bildirilmiştir. Geleneksel tıp, okaliptüsten kapsamlı bir şekilde yararlanmaktadır ve uçucu yağı, en popüler ve etkili ilaçlardan biridir. Bu etkilerin çoğuna büyük olasılıkla *Eucalyptus* türlerinin yaprak yağlarının ana bileşeni olan 1,8-sineol neden olmaktadır. 1,8-sineolün oksijenli monoterpen bileşimi, tüm okaliptüs türleri tarafından paylaşılan birincil elementtir ve bu bileşenin miktarındaki değişimler, türler arasındaki farklılıkların nedenini ortaya koymaktadır (Abbasi ve ark., 2020).

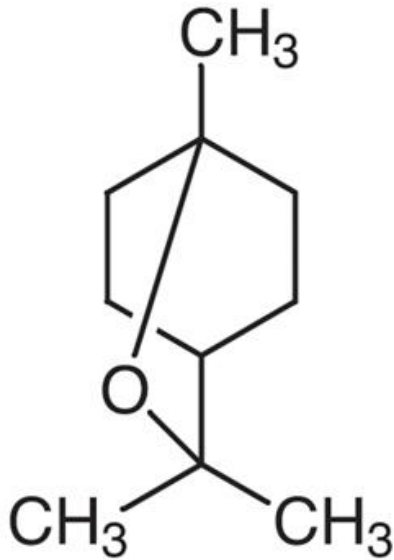
Tablo 1.4. *Eucalyptus globulus* yağının bileşenleri.

Bileşenler	Bileşen oranı
Görünüm	Sıvı
Renk	Soluk sarımsı
Koku	Karakteristik
Bağıl yoğunluk (20 ° C)	0.921
Kırılma indeksi (20 ° C)	1.462

Tablo 1.4.'ün devamı

Peroksit sayısı (mmol O: z/kg)	12.5 mmolOz / kg
Optik dönüş açısı (200C)	1.00°
Alkolde çözünürlük 700 (200C)	2.0 uçuş
1,8-sneol içeriği	%84.031
A-pinen içeriği	%1.665
13-pinen içeriği	%0.254
A-felandren içeriği	%0.186
Limonen içeriği	%4.742
Y-teno içeriği	%0.528
P-cimen içeriği	%1.130

1,8-sineol (11, okalıptol), adaçayı ve okalıptüs yaprakları da dahil olmak üzere birçok bitkinin renksiz aromatik bir bileşenidir ve son zamanlarda adaçayının allelopatik bir ajanı olarak Arabidopsis'te bir rizosfer uçucusu olarak tanımlanmıştır ve tedavi edici olduğu ve inhibe edici olduğu bilinmektedir (Davis, 2010).



Şekil 1.2. 1.8- sineol (%84.031) kimyasal yapısı.

Okaliptüs yaprağı esansiyel yağı, hem gram-pozitif hem de gram-negatif bakterilere karşı antibakteriyel etkinlik (Dixit ve ark., 2012; Dohare ve ark., 2014) ve periodontal hastalıklara karşı kayda değer antibakteriyel etki (Jamil ve ark., 2017) gibi çok çeşitli biyolojik potansiyelleri temsil ettiğinden çok sayıda araştırmacının dikkatini çekmiştir. Bu nedenle, bir anti-inflamatuar ajan (Göger ve ark., 2020; Sharma ve ark., 2021) olduğu için diş bakım ürünlerine dahil edilebilen; antifungal (Bogavac ve ark., 2019; Dixit ve ark., 2014; Noumi ve ark., 2010; Obeizi ve ark., 2021; Usman ve ark., 2020) ve antidiyabetik potansiyele (Usman ve ark. 2020; Jerbi ve ark., 2017) sahip olan; böcek öldürücü (Ebadollahi ve ark., 2010; Elzayyat ve ark., 2018; Kumar ve ark., 2012; Madreseh-Ghahfarokhi ve ark., 2018), akarisit ve kovucu özelliğe sahip; biyolojik olarak parçalanabilen bir pestisit (Dehghani-Samani ve ark., 2015). Ayrıca biyo-nematit etkinliği, fitopatojen kontrolü (Derwich ve ark., 2013; Tomazoni ve ark., 2017) ve antelmintik etkinliği (Taur ve ark., 2010) vardır ve gıda muhafazası için doğal bir ajandır (Ait Ouazzou ve ark., 2011). Ayrıca, bu yaprak esansiyel yağı daha önce "halk tıbbında, soğuk algınlığı, öksürük, burun akıntısı, boğaz ağrısı, astım, burun tıkanıklığı, bronşit ve sinüzit dahil olmak üzere solunum problemlerinin tedavisinde" uygulanmıştır.

Okaliptüs esansiyel yağı, antifungal anlamda da güçlü bir anti-kandidal etkinlik göstererek, ağız yıkama uygulamaları için potansiyel bir aday olduğunu ortaya koymuştur. Özellikle *Candida albicans*'a karşı antifungal etkinlikte, deri, ağız, vajina ve bağırsak yolu üzerindeki mantar enfeksiyonlarını kontrol edebilen bir ilaç olarak, yüksek kimyasal bileşen içeriğiyle (1,8-sineol -%85.8) pozitif dönüşler elde edilmiştir.

1.3.2. *Cinnamomum camphora* (kafur) esansiyel yağı

Kafur, *Cinnamomum camphora* ağacından elde edilen, güçlü bir kokuya ve keskin bir tada sahip beyaz, kristal bir maddedir. Kafur ağacı yereldir ve özellikle Çin, Hindistan, Moğolistan, Japonya ve Tayvan ile bu güzel kokulu yaprak dökmeyen ağacın birçoğu Güney Amerika'da, özellikle Florida'da yetişmektedir. Kafur ağaçları, birkaç on metre (30-40 m) yüksekliğe ve 3 m çapa kadar ulaşabilir ve tipik olarak deniz seviyesinden 900-2500 m yükseklikte büyür. Kabuk sarı veya kahverengidir ve dikey olarak bölünmüştür. Yapraklar dönüşümlü olarak üç ila birkaç farklı damara ve büyük, ipeksi benzeri girintilerle çevrili güçlü hareketsiz tomurcuklara sahiptir (Malabadi ve ark., 2021).

Kafur, topikal analjezik, antiseptik, antispazmodik, antiprütik, antienflamatuar, antienfektif, vs. gibi birçok farmasötik uygulama alanında kullanımı olan bir bitkidir (Hamidpour ve ark., 2013). Geleneksel tıpta bronşit, soğuk algınlığı, ishal, dizanteri, ödem, grip, metabolizma ve kalp hastalıklarını tedavi etmek için kullanılmaktadır. Bu esansiyel yağ kozmetikte bir koku, tatlandırıcı olarak bir gıda katkı maddesi, şekerleme ürünlerinde bir koruyucu, bir böcek kovucu, bir plastikleştirici ve aroma kimyasallarının sentezinde ise bir ara madde olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır (Kumar ve Ando, 2003; Gomes-Carneiro ve ark., 1998). Ayrıca kafur, çiçek hastalığı ve Kara Veba salgını sırasında fümigasyon maddesi olarak kullanılmış, cenaze defnedildiğinde de gülsuyu ile birlikte sürülen geleneksel bir yapı oluşturmuştur.

Alem : Plantae

Bölüm : Magnoliophyta

Sınıf : Magnoliopsida

Ordo : Laurales

Aile : Lauraceae

Cins : *Cinnamomum*

Tür : *Cinnamomum camphora*



Şekil 1.3. *Cinnamomum camphora*'nın sistematikteki yeri ve görünümü

Kafur (*Cinnamomum camphora*) her biri farklı esansiyel yağ bileşimleri içeren birçok kimyasal varyeteye sahiptir. *Cinnamomum camphora*'nın yaprağı, cineol, linalool, öjenol, limonen, safrole, apinen, β pinen, β myrecen, ahumulen, pcymene, nerolidolborneol, camphene ve diğer bazı bileşenlerle birlikte ana bileşen olarak kafur içerir. Esansiyel yağın bileşimi ve içerik oranı, bitki kısımlarına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bitkinin meyveden ekstrakte edilen uçucu yağında sadece 17 bileşen varken, kabuktan ekstrakte edilen uçucu yağında 27 bileşen bulunduğu ortaya konulmuştur.

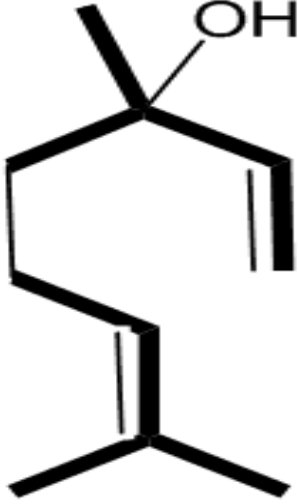
Tablo 1.5. *Cinnamomum camphora* esansiyel yağının bileşenleri.

Bileşenler	Bileşen oranı	Bileşenler	Bileşen oranı
Alpha-Pinene	0.16	Camphor	1.14
Beta-Pinene	-	Safrole	0.06
Limonene	0.15	alpha-Humulene	0.39
L8-Cineol	0.77	Total	95.93
Cis-linalooloxide	0.35	Appearance/odorcolourles/characteristic	
Trans-linalooloxide	0.42	Solubility in waterinsoluble	
Linalool	91.55	Density (20 °C) (gcm ⁻³)	0.850-0.880
Hotrienol	0.33	Flash point (°C)	76
Alpha-Terpineol	0.21	Benzylbenzoate	-
Spathulenol	-	Beta-Selinene	0.18
Geraniol	0.06		
Alpha-Copaene	-		
Gamma-Mourolene	-		

Linalool (% 91.55) *Cinnamomum camphora* esansiyel yağının bileşenlerinin en önemlisidir (Şekil 2.3) ve esas olarak *Lavandula* (Lamiaceae), *Coriandrum* (Apiaceae) ve *Cinnamomum* (Lauraceae) cinslerinde olmak üzere dünya genelinde 200'den fazla bitki türünün esansiyel yağlarında bulunan asiklik bir monoterpen üçüncül alkoldür. Hidroksil grubu içeren, apolar yapılı, organik çözücülerde çözünür fakat suda az çözünür, düşük molekül ağırlıklı bir moleküldür. Linalool hoş bir aromaya sahiptir ve bu nedenle birçok kozmetik ve temizlik ürününde kullanılmaktadır. Ek olarak, çok sayıda in vitro ve in vivo çalışma, bu bileşiğin tıbbi uygulamalar için kullanılan çok çeşitli farmakolojik özellikler (örneğin, antiinflamatuvar, antikanser, antimikrobiyal, nöroprotektif) sergilediğini kanıtlamıştır.

Linaloolün genel biyoaktif özellikleri birkaç moleküler mekanizma ile bağlantılı olmasına rağmen, merkezi sinir sistemindeki etkisi, nörotransmitter reseptörleri ile etkileşimini içermektedir. İlaç verme sistemlerinin kullanımı, terapötik yetkinliğini

geliştirerek suda zayıf çözünürlük gibi bu molekülle ilişkili sınırlamaları azaltmak için iyi bir seçenek olduğu göz ardı edilmemelidir (Gonçalves ve ark., 2020).



Şekil 1.4. Linalool (% 91.55) kimyasal yapısı

1.4. *Eucalyptus globulus* (okaliptüs) ve *Cinnamomum camphora* (kafur) Esansiyel Yağlarının Kullanımı ve Yapılan Çalışmalar

Bitkisel esansiyel yağların, bol miktarda antioksidan ve antimikrobiyal özellikleri ile hayvancılık, kümes hayvanları ve su ürünleri yetiştiriciliğinde büyüme performansı, çevresel strese direnç, bulaşıcı hastalıklar, spesifik olmayan bağışıklık sisteminin uyarılması ve bazı kan parametreleri üzerinde olumlu etkiler gösterdiği yapılan araştırmalarla belirlenmiştir (Dugenci ve ark., 2003; Fallahi Kapoorchali ve ark., 2009; Awad ve Awaad, 2017; Abdel-Latif ve ark., 2020; Mohammadi ve ark., 2020; Bilen ve ark., 2020; Abdel-Tawwab ve El-Araby, 2021; Ghafarifarsani ve ark., 2021a; Yousefi ve ark. 2021a; Yousefi ve ark. 2021b; Raissy ve ark., 2022). Diyet aromasının bitki bileşikleri tarafından iyileştirilmesiyle büyümeyi uyardığı, kilo alımına neden olduğu, pankreas enzimlerinin salgılanmasını uyardığı, önemli besin maddelerinin sindirilmesine ve emilmesine yardımcı olduğu da birçok çalışmayla ortaya konulmuştur (Frankic ve ark. 2009; Abdel-Tawwab ve ark., 2010).

Büyüme performansı, hematolojik parametreler ve doğuştan gelen bağışıklık analizi, suda yaşayan hayvanların durumunu ve sağlık koşullarını değerlendirmek için uygun göstergelerdir. Hematolojik özelliklerin değerlendirilmesi, balıklardaki fizyolojik ve

patolojik değişikliklerin izlenmesinde etkili bir indeks olarak kullanılabilecek önemli bir araçtır. Hematolojik analiz balık tıbbında düzenli olarak kullanılmasa da stres seviyeleri, metabolik bozukluklar, üreme bozuklukları ve hastalıklar hakkında temel bilgiler sağlayabilir (Bouck ve Ball, 1966; McKim ve ark., 1970; Blaxhall 1972; Iwama ve ark., 1976; Soivio ve Oikari 1976; Mishra ve ark., 1977; Huffman ve ark., 1997; Clauss ve ark., 2008; Buscaino ve ark., 2010). Aromatik yağlar ve bitki özleri, büyüme performansını, bağışıklık fonksiyonunu, hematolojik parametreler ve fizyolojik durumu ve dolayısıyla antimikrobiyal aktiviteleri önemli ölçüde desteklemektedirler (Sarhadi ve ark., 2020; Harikrishnan ve ark., 2021).

Prabuseenivasan ve ark. (2006)'nın yaptığı bir çalışmada, *Eucalyptus globulus* ve 21 adet farklı uçucu yağ, dört farklı konsantrasyonda dört gram-negatif bakteriye (*Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus vulgaris*) ve iki gram pozitif bakteri *Bacillus subtilis* ve *Staphylococcus aureus*'a karşı taranmış, çalışma sonucunda bu patojenlere karşı belirli bir aktivite gösterdiği gözlemlenmiştir.

Sheikhzadeh ve ark. (2009)'nın yaptığı bir araştırmada *Eucalyptus globolus* esansiyel yağının hem diyetle hem de banyo uygulamasındaki etkisini belirlemek için sazan balığının (*Cyprinus carpio*) bazı immünolojik değişkenleri üzerinde çalışılmış, elde edilen sonuçlar bazı test gruplarında antikor titreleri ve toplam beyaz kan hücrelerinin kontrol grubundan önemli ölçüde ($p<0.05$) daha yüksek olmasına rağmen, *Eucalyptus globolus* esansiyel yağının bu immünolojik değişkenler üzerinde sınırlı bir immün sistemi uyarıcı etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Maciel ve ark. (2010)'nın gerçekleştirdiğı bir diğer çalışmada, *Eucalyptus globulus* ve yine okaliptüs cinsine ait diğer iki bitki türünden elde edilen uçucu yağların kimyasal bileşimi belirlenmiş ve bunların zoonoz bir enfeksiyon olan Leishmania hastalığının taşıyıcısı *Lutzomyia longipalpis* (bir tür kum sineğı)'in yumurta, larva ve yetişkin fazları üzerindeki böcek öldürücü etkileri değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda okaliptüs uçucu yağlarının, *L. Longipalpis*'in kontrolü için alternatif doğal ürünler olduğu belirlenmiştir.

Sheikhzadeh ve ark. (2011)'da *Eucalyptus globolus* ve *Zataria multiflora* esansiyel yağlarını, sazanların (*Cyprinus carpio*) bazı hematolojik parametreleri ve solunum patlama aktiviteleri üzerindeki etkilerini araştırmak için kullanmışlar ve denemelerinin sonucunda bu esansiyel yağlarla yapılan diyet uygulamasının, sıcaklık stresi sırasında sazanların sağlık durumunu geliştirmek için kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır.

Damjanović-Vratnica ve ark. (2011) tarafından, gıda zehirlenmesi ve bozulma bakterileri ve insan patojenleri dahil olmak üzere 17 mikroorganizmaya karşı değerlendirilen *Eucalyptus globulus*'un, özellikle *Streptococcus pyogenes*, *Escherichia coli*, *Candida albicans*, *Staphylococcus aureus*, *Acinetobacter baumannii* ve *Klebsiella pneumoniae*'ye karşı oldukça güçlü bir antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu ortaya konulmuştur.

Djenane ve ark. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada *Eucalyptus globulus*, *Myrtus communis* ve *Satureja hortensis* esansiyel yağları, *Staphylococcus aureus* CECT 4459 ve *Escherichia coli* O157: H7 CECT 4267'ye karşı değerlendirilmiş ve sonuç olarak *Eucalyptus globulus* ve *S. Hortensis* esansiyel yağlarının çok daha fazla antibakteriyel etkiye sahip olduğu ortaya konulmuştur.

Roomiani ve ark. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada *Eucalyptus globulus* ve artı üç farklı esansiyel yağ, çiftlik balıklarında zoonotik hastalığın nedeni olan *Streptococcus iniae*'ye karşı antimikrobiyal özellikleri yönünden incelenmiş ve *Eucalyptus globulus* esansiyel yağının balık bakteriyel hastalıklarına karşı antimikrobiyal bir ajan olarak kullanılabileceği gözlemlenmiştir.

Park ve ark. (2016)'nın yaptığı bir çalışmada, *Eucalyptus globulus* yağının, yedi adet balık patojeni yönünden (*Edwardsiella tarda*, *Streptococcus iniae*, *S. parauberis*, *Lactococcus garviae*, *Vibrio harveyi*, *V. ichthyenteri* ve *Photobacterium damsela*) MIC ve MBC değerleri belirlenmiş, amoksisilin, tetrasiklin ve kloramfenikol gibi antibiyotiklerle karşılaştırıldığında ise çalışılan esansiyel yağın balık bakteriyel hastalıklarına karşı antimikrobiyal bir ajan olarak kullanılabileceği öne sürülmüştür.

Eucalyptus globulus (okaliptüs) esansiyel yağının biyolojik, tıbbi ve toksikolojik olarak incelendiği bir başka çalışmada (Dhakad ve ark., 2018), okaliptüs yapraklarından ekstrakte edilen dokuz bileşik arasında etil asetat özü ve hidrolize edilebilir tanenlerin hem kimyasal bazlı hem de hücre bazlı antioksidan tahlillerinde yüksek antioksidan aktivite gösterdiği sergilemiştir. Bu çalışma, okaliptüs yapraklarındaki etil asetat özütünün ve hidrolize olabilen tanenlerin farmasötik, yem ve gıda takviyesi endüstrilerinde umut verici doğal antioksidanlar olacağını ortaya koymuştur.

Adnan (2018)'nın yaptığı bir diğer çalışmada DPPH radikallerine karşı antioksidan potansiyel ve insan akciğer kanseri hücrelerine karşı antikanser aktivite açısından *E. globulus* yapraklarından ekstrakte edilen bir uçucu yağın biyoaktif potansiyeli incelenmiş ve bu yağın antibakteriyel ve antikanser aktiviteleri olduğu gözlemlenmiştir.

Hamidpour ve ark. (2012) tarafından yapılan bir başka çalışmada, kafurun (*Cinnamomum camphora*), hem geleneksel hem de modern tıpta çok çeşitli alanlarda yüzyıllar boyunca kullanıldığı ve özellikle *Cinnamomum camphora*'nın bileşenlerinin, insan kanser hücrelerinin sayısında sağlıklı hücrelere zarar vermeden baskılayıcı ve antimutagenik etkiye olduğu ortaya konulmuştur.

Yang ve ark. (2014) tarafından yapılan bir başka çalışmada *Cinnamomum camphora*'nın yaprak özlerinden elde edilen Linalool'un, *Oncomelania hupensis* (bir tür gastropod)'in vücut segmentlerinde hasar oluşturduğu ayrıca *Schistosoma aponicum* (bir tür patojen parazit) enfeksiyonunu da inhibe ettiği gözlemlenmiştir.

Zainudin ve ark. (2010)'nın yaptığı bir çalışmada, *Cinnamomum camphora* esansiyel yağının *Oreochromis niloticus* üzerinde farklı konsantrasyonları denenerek kafur yağının antibakteriyel ve antifungal etkileri çalışılmış, sonuçlar, yüksek kafur konsantrasyonlarının (% 3 ve % 5) balığın bakteriyel enfeksiyona bağlı hastalıklara karşı bağışıklık tepkisini arttırdığını göstermiştir.

Wang ve ark. (2019)'nın yaptığı bir başka çalışmada, *Cinnamomum camphora*'nın yapraklarından elde edilen esansiyel yağın, antibakteriyel ve Quorum Sensing inhibisyon aktivitesi üzerine etkisi araştırılmış, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Escherichia coli* ATCC25922 bakterilerinin *Cinnamomum camphora* esansiyel yağına sırasıyla en yüksek ve en düşük seviyede duyarlılık gösterdikleri belirlenmiştir. Anti-QS aktiviteleri, bu yağın bakteriyel kontaminasyonun önlenmesinde potansiyel bir antibakteriyel ajan ve QS inhibitörü olarak hareket ettiğini açıkça desteklemektedir.

2. MATERİYAL VE METOT

2.1 Yetiştirme Sistemi ve Balık Materyali

Çalışma, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dr. H. Okan KAMACI Yetiştiricilik Araştırma ve Uygulama Ünitesi'nde (Urla/İzmir), Ağustos-Ekim 2021 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir.



Resim 2.1. E.Ü. Su Ürünleri Fakültesi Dr. H. Okan KAMACI Yetiştiricilik Araştırma ve Uygulama Ünitesi

Araştırmada kullanılan yavru çipura balıkları (*Sparus aurata*, Linnaeus, 1758) (Ağırlık 14.62 ± 0.06 g; Boy 10.64 ± 0.20 cm), Ege Bölgesinde deniz balığı yetiştiriciliği yapılan özel bir işletmeden temin edilmiştir. Balıklar deneme başlangıcından önce rastgele seçilmiş, yeni koşullara adaptasyonlarının sağlanabilmesi için bir ay boyunca karantinede tutulduktan sonra, sağlıklı ve doğal yapılarından emin olmak için incelemeye tabi tutulmuşlardır. İlk biyolojik tahlilden sonra, başlangıç ağırlığı 14.62 ± 0.06 g olan tamamen sağlıklı 315 adet balık, içinde havalandırma bulunan ve sürekli filtre edilmiş su girişi olan 45 L'lik (57x39x28 cm) 21 adet tanka (tank başına 15 balık, diyet başına 3 tank) aktarılmıştır. Deneme süresince ortalama su sıcaklığı, 23.65 ± 0.2 °C; çözülmüş oksijen, $5,61 \pm 0,05$ mg/L; pH, $7,42 \pm 0,02$ ve tuzluluk, $35 \pm 0,02$ ppt. olarak ölçülmüştür. Balıklar deneme süresince 12L:12D fotoperiyodu altında tutulmuş ve üçlü gruplara 60 gün boyunca günde iki öğün olmak üzere %2 oranında besleme uygulanmıştır. Fazla dışkı ve yem artıklarının

uzaklaştırılması için tanklar günlük olarak sifon ile temizlenmiş, su kalitesi parametreleri deney boyunca sabit kalmıştır.

Kingdom : Animalia
Phylum : Chordata
Class : Actinopterygii
Order : Perciformes
Family : Sparidae
Genus : Sparus
Species : *S. aurata*



Resim 2.2. Araştırmada kullanılan Çipura balığı (*Sparus aurata*, Linnaeus, 1758).

2.2. Esansiyel Yağlar

Çalışmada kullanılan *Cinnamomum camphora* (kafur) ve *Eucalyptus globulus* (okaliptüs) esansiyel yağları ticari bir şirketten satın alınmıştır. Uçucu yağların kimyasal bileşimleri ve fiziksel özellikleri kimyasal üreticisi tarafından sağlanmıştır (Nu-Ka Defne Essencia, Türkiye). Ticari esansiyel yağların özellikleri Tablo 2.1 ve Tablo 2.2’de gösterilmiştir.



Resim 2.3. Araştırmada kullanılan Ticari Esansiyel Yağlar

Tablo 2.1. Ticari *Cinnamomum camphora* esansiyel yağının özellikleri.

Latince Adı	<i>Cinnamomum camphora</i> (ct.linalool)
Ürün Notu	Kalp Notu
Ürün Kalitesi	Organik
Elde Ediliş Şekli	Damıtma
Menşei	Çin
Koku Tanımı	Soluk sarı renkli, berrak ve hareketli bir sıvıdır, taze kokuludur. Gül ağacı yağını hatırlatır.
Bitkide Oluşumu	Odun
Ambalaj Şekli	5 ml / 10 ml

Tablo 2.2. Ticari *Eucalyptus globulus* esansiyel yağının özellikleri.

Latince Adı	<i>Eucalyptus globulus</i>
Ürün Notu	Baş Notu
Ürün Kalitesi	Organik
Elde Ediliş Şekli	Damıtma
Menşei	Portekiz
Koku Tanımı	Taze, keskin, serinletici
Bitkide Oluşumu	Filiz-Yaprak
Ambalaj Şekli	5 ml / 10 ml / 30 ml

2.3. Yem Materyali

Araştırmada bazal yem olarak, ticari bir firmadan (Inve) temin edilen, balık unu, balık yağı, vitamin ve mineraller karimasından oluşan kaliteli bir yem kullanılmıştır.



Resim 2.4. Araştırmada kullanılan bazal yem

Tablo 2.3. Çalışmada kullanılan ticari diyetin bileşimi.

Bileşen	Miktar
Ham protein	%49,0
Doymuş yağ	%16,0
Ham selüloz(max)	%3
Kül	%13
Vitamin A	14000 IU/kg
Vitamin D ₃	3000 IU/kg
Vitamin E	240mg/kg
Vitamin K ₃	6 mg/kg
Vitamin C	700 mg/kg
Lysine	% 5,5
Arginine	% 5,5
Met+Cys	% 4,0
EPA (min)	% 1,0
DHA (min)	% 1.0



Resim 2.5. Esansiyel yağ katkılı yemlerin hazırlanması.

Deneme 1: % 0 Esansiyel yağ içermeyen yem (Kontrol) (3 paralel)

Deneme 2: % 0,5 Cinnamomum camphora yağı içeren yem (% 0.5 KAF) (3 paralel)

Deneme 3: % 1 Cinnamomum camphora yağı içeren yem (% 1 KAF) (3 paralel)

Deneme 4: % 2 Cinnamomum camphora yağı içeren yem (% 2 KAF) (3 paralel)

Deneme 5: % 0,5 Eucalyptus globulus yağı içeren yem (% 0.5 OKA) (3 paralel)

Deneme 6: % 1 Eucalyptus globulus yağı içeren yem (% 1 OKA) (3 paralel)

Deneme 7: % 2 Eucalyptus globulus yağı içeren yem (% 2 OKA) (3 paralel)

Deneysel rasyonların üretiminde Tablo 2.3'te içeriği bildirilen ticari yem temel alınmıştır. *Eucalyptus globulus* ve *Cinnamomum camphora* yağı ile desteklenmiş ticari balık diyetleri hazırlamak için, her bir esansiyel yağ ayrı olmak üzere (% 0,5, % 1 ve % 2 oranlarında) %5 balık yağı ile birlikte %49 ham protein içeren ticari bazal yeme eklenmiş, karışımı homojenize etmek için % 10 su ilave edilmiştir. Homojen bir karışım elde edildikten sonra, bir kıyma işleme makinesinden geçirilip, yaklaşık 2 mm uzunluğunda topaklar halinde kalıptan çekilmiş ve 24 saat boyunca 40 °C'de kurutularak esansiyel yağ katkılı diyetler haline getirilmiştir. Kontrol diyeti ise herhangi bir katkı maddesi kullanılmadan, diğer balık diyetleri ile aynı işlem uygulanarak hazırlanmıştır.

Diyetlerin düzenli haftalık süreçlerde yapılarak taze hazırlanması sağlanmış, hazırlanan diyetler yemleme sürecine kadar -20 °C'de saklanmıştır.

2.4. Deneme Planı

Denemede kullanılan balıklar, 45 litre su hacmi olan tanklara, her bir tankta 15 adet balık olmak üzere stoklanmıştır. Balıklar bir aylık adaptasyon sonrası, ağırlık ve boy ölçümleri alınarak tanklara yerleştirilmişlerdir. Tartım işlemi esnasında stresi engellemek için balıklara anestezi madde (Sedanol, 0,2-0,4 ml/L) uygulanmıştır.

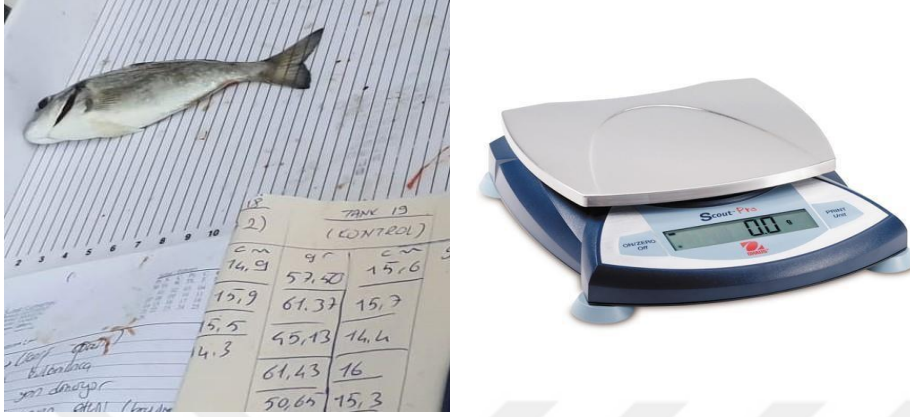
Her bir tankta su girişi sistemleri ayrı olarak uygulanmış ve su üç farklı filtreden (kum, kartuş filtreleri) geçirilerek tanklara ulaştırılmıştır. Deneme grupları 3 tekrarlı olmak üzere toplam 21 adet tankta oluşturulmuş ve her bir tank, homojen bir oksijen sirkülasyonu sağlamak için hava taşları ile desteklenmiştir.

Deneme 60 gün boyunca devam etmiş ve balıklar günde 2 kez (9:00-17:00) canlı ağırlıklarının % 2'si kadar yemlenerek besleme tamamlanmıştır.

2.5. Büyüme Performansı

Beslenme periyodunun sonunda (60. gün), son biyometrilere alınmak üzere balıklar 24 saat boyunca aç bırakılmıştır. Daha sonra, tedavi başına on beş balık (tank başına 5 balık)

rastgele seçilerek sedatif madde ile (Sedanol, 0,2-0,4 ml/L) anestezi uygulanmış ve tüm biyometrik ölçümler ayrı ayrı kaydedilmiştir.



Resim 2.6. Deneme balığının boy ve ağırlık ölçümü (Hassas terazi- Ohaus Scout-Pro SPG402F).

Çalışma sonunda; büyüme parametreleri (ortalama günlük büyüme-%ADG, günlük büyüme katsayısı-% DGC, oransal büyüme oranı-% RGR, spesifik büyüme oranı-% SGR, termal büyüme katsayısı-% TGC), vücut ağırlık artışı (BWI), kondisyon faktörü (CF), yaş ağırlıkta yem dönüşüm verimliliği (% FCE), yem dönüşüm oranı (FCR), yağ etkinlik oranı (LER), protein etkinlik oranı (PER) ve bağıl gıda alımı (RFI) aşağıda verilen denklemlerle hesaplanmış ve grafikleri çıkartılmıştır.

ADG (ortalama günlük büyüme) = (son ağırlık(g)- ilk ağırlık(g)) / gün sayısı

RGR (oransal büyüme oranı)= (son ağırlık (g)– ilk ağırlık (g)) / ilk ağırlık (g) x 100

DGC (günlük büyüme katsayısı) = (son ağırlık^{1/3}-ilk ağırlık^{1/3}) / gün sayısı x 100

SGR (spesifik büyüme oranı) = [Ln (son ağırlık(g)) - Ln (ilk ağırlık(g))] / gün sayısı x 100

BWI (vücut ağırlık artışı) = son ağırlık (g) – ilk ağırlık (g)

CF (kondisyon faktörü) = (vücut ağırlığı(g) / total boy(cm))³ x 100

FCR (yem dönüşüm oranı) = yem tüketimi (g)/ağırlık artışı (g)

LER (yağ etkinlik oranı) = ağırlık kazancı (g) / toplam yağ alımı (g)

PER (protein etkinlik oranı) = canlı ağırlık kazancı (g) / protein alımı (g)

TGC (termal büyüme katsayısı)= (son ağırlık^{1/3}- ilk ağırlık^{1/3}) / sıcaklık(°C) x gün sayısı x 100

RFI (bağıl gıda alımı)= (yem tüketimi(g) x 2) /[(ilk ağırlık (g) + son ağırlık (g)) x gün sayısı]
x 100

2.6. Kan Alma ve Analizler

Sekiz haftalık besleme denemesi sonunda balıklar 24 saat aç bırakılmış ve her tanktan 5'er balık (her grupta 15 balık) sedanol (0,2 ml/L) ile anesteziye tabi tutulmuş ve kanlar 2 ml'lik bir şırınga kullanılarak steril enjektörle kaudal venden alınmıştır (Falahatkar ve ark., 2009). Kan örnekleme her balık için 1 dakikadan az sürmüştür ve tüm örnekler bir gün içinde sabah 10 ile akşam 15 arasında alınmıştır. Daha sonra toplanan kan örneklerinin bir kısmı, tam kan sayımında hematolojik analiz için antikoagülan (EDTA) içeren standart lavanta tepeli kan toplama tüplerine toplanmıştır. Serum izolasyonu için kalan kan örnekleri heparinize edilmemiş tüplere dökülmüş ve 4 saat 4 °C'de bekletildikten sonra 1500 g'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Serum örnekleri daha sonra yeni 1,5 ml'lik mikrosantrifüj tüplerine (Eppendorf) aktarılmış ve sonraki biyokimyasal analizlere kadar -20 °C'de tutulmuştur (Ghadi ve ark., 2015)

Hematolojik indeksler heparinize kan kullanılarak değerlendirilmiştir. Beyaz kan hücresi (WBC) sayımı, optik ve empedans yöntemiyle; kırmızı kan hücresi (RBC/PLT) analizi yine empedans yöntemi ve hemoglobin konsantrasyon (HGB) testi siyanür içermeyen reagent kolorimetri metoduyla otomatik bir analizör (Hasvet VH5R-) yardımıyla analiz edilmiştir.



Resim 2.7. Kan alımı ve hematolojik analizler için örnek stokları.

Serum numunelerinin glukoz (GLU), total protein (TPROT), albümin (ALB), globulin (GLO), trigliserit (TRIG), kolesterol (CHO) içerikleri ve alkalın fosfataz (ALP) ve aspartat aminotransferaz (AST) gibi biyokimyasal parametreleri, biyoanalitik test kitleri (Bioanalytic Diagnostic Industry, Co.) kullanılarak serumda belirlenmiş ve ardından spektrofotometrik yöntemle (Optizen POP UV/VIS) ölçümleri yapılmıştır.

2.7. İstatistikî Analizler

Çalışmada ele alınan tüm değişkenler için, başlangıçta normal dağılıma uygunluk testi yapılarak parametrik test ölçütlerine uyum değerlendirilmiştir. Ayrıca tüm gruplar için deneme başlangıç ve bitiş zamanlarına ait ağırlık ortalama, standart sapma, min, max değerlerle ilgili tüm data analizleri belirlenmiştir. Verilerin normalliği ve varyans homojenliği kontrol edildikten sonra veri analizi için tek yönlü varyans analizi ANOVA (One-Way ANOVA test) kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile değerlendirilmiş ve deneme grupları arasında fark olup olmadığı test edilmiştir. Veriler, ortalama değerler $\pm$ SD olarak ifade edilmiş, $p < 0.05$ ortalama değerlerindeki bir farkın anlamlı olduğu kabul edilmiştir. Tüm istatistiksel veri analizleri için SPSS istatistik paketi yazılımının 27.versiyonu, grafik çizimleri için GraphpadPrism 9 yazılımı kullanılmıştır.

3. BULGULAR

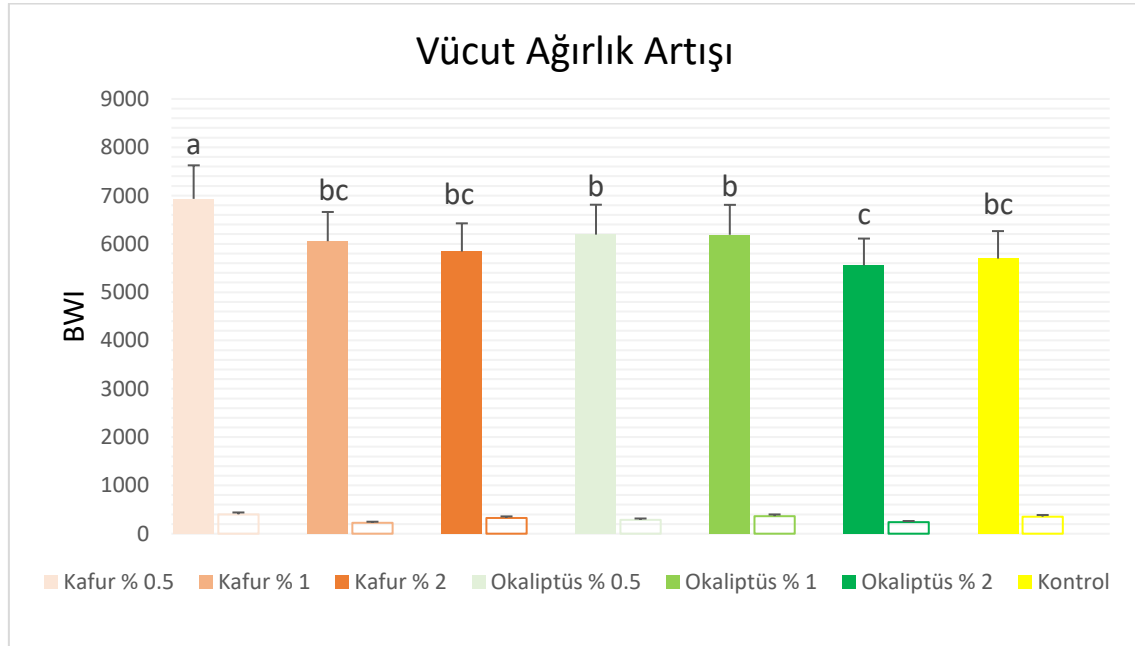
3.1. Büyüme Performansı ve Yemden Yararlanma Verimliliği

Diyetlerine farklı oranlarda *Eucalyptus globulus* (okaliptüs) ve *Cinnamomum camphora* (kafur) yağları eklenen çipura (*Sparus aurata*) yavrularının büyüme performansları, yemden yararlanma etkileri ve kondisyon faktörü aşağıdaki tablo (Tablo 4.1) ve grafiklerde gösterilmektedir. Çalışma sonucunda % 0,5 kafur yağı (KAF) içeren rasyonla takviye edilen balıkların nihai ağırlıklarının kontrol grubuna göre önemli ölçüde daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 3.1. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağı katkılı diyetlerle beslenen çipura yavrularının ilk ve deneme sonrası ağırlıkları

	KAF 0.5	KAF 1	KAF 2	OKA 0.5	OKA 1	OKA 2	KONTROL
İlk Ağırlık (g)	14,68±0,23	14,45±0,38	14,50±0,26	14,72±0,35	14,32±0,26	14,63±0,28	14,70±0,19
Son Ağırlık (g)	66,70±1,35	62,63±1,09	60,47±0,98	63,71±1,08	59,84±0,96	59,02±0,87	60,78±1,28

3.1.1. Vücut ağırlık artışı (BWI)

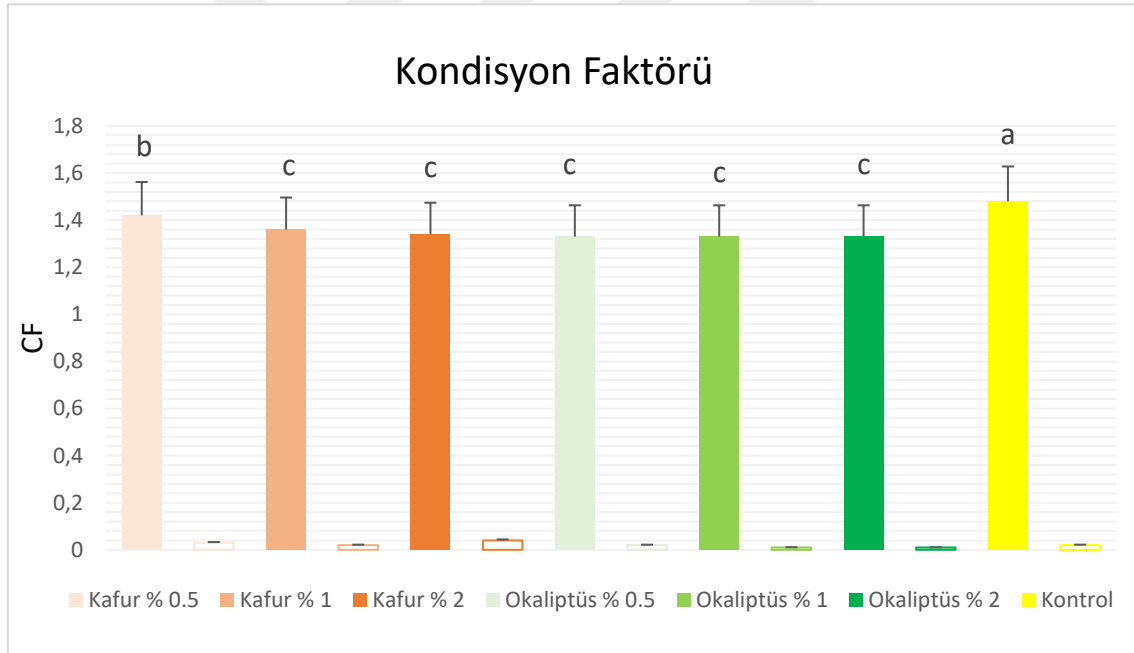


Şekil 3.1. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının vücut ağırlık artışı (BWI). Harfler, deneysel diyetler arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir.

Diyetlerine farklı oranlarda okaliptüs (*Eucalyptus globulus*) ve kafur (*Cinnamomum camphora*) yağları eklenen çipura (*Sparus aurata*) yavrularının vücut ağırlık artışı (BWI) Şekil 3.1 de gösterilmektedir. % 0,5 kafur yağı ($6932 \pm 399,8$) içeren rasyonla takviye edilen balıkların vücut ağırlık artışı, kontrol grubuna ($5694,67 \pm 351,66$) göre önemli ölçüde daha yüksektir ($p < 0,05$).

3.1.2. Kondisyon faktörü (CF)

Diyetlerine farklı oranlarda okaliptüs (*Eucalyptus globulus*) ve kafur (*Cinnamomum camphora*) yağları eklenen çipura (*Sparus aurata*) yavrularının kondisyon faktörü Şekil 3.2 de gösterilmektedir. Kondisyon faktörü yönünden kontrol grubu ($1,48 \pm 0,02$), %0,5 kafur yağı ($1,42 \pm 0,03$) içeren rasyonla beslenen balıklara göre önemli ölçüde daha yüksektir ($p < 0,05$).



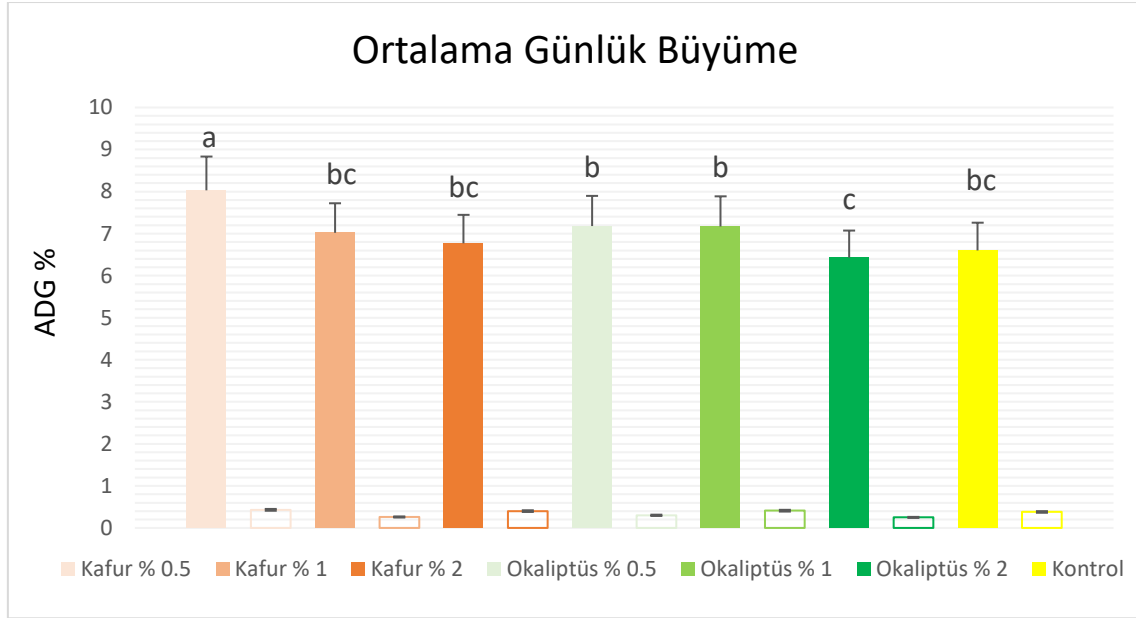
Şekil 3.2. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının kondisyon faktörü (CF). Harfler, deneysel diyetler arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir.

$$CF \text{ (Kondisyon faktörü)} = (\text{vücut ağırlığı(g)} / \text{total boy(cm)})^3 \times 100$$

Okaliptüs % 0,5 - Okaliptüs % 1 – Okaliptüs % 2 – Kafur % 2 – Kafur % 1 < Kafur % 0,5
< Kontrol

3.1.3. Ortalama günlük büyüme (ADG)

Diyetlerine farklı oranlarda okaliptüs (*Eucalyptus globulus*) ve kafur (*Cinnamomum camphora*) yağları eklenen çipura (*Sparus aurata*) yavrularının ortalama günlük büyümesi Şekil 3.3'te gösterilmektedir. % 0,5 kafur yağı ($8,03 \pm 0,43$) içeren rasyonla takviye edilen balıkların ortalama günlük büyümesi, kontrol grubuna ($6,6 \pm 0,38$) ve % 2 okaliptüs grubuna ($6,43 \pm 0,25$) göre önemli ölçüde daha yüksektir ($p < 0,05$).



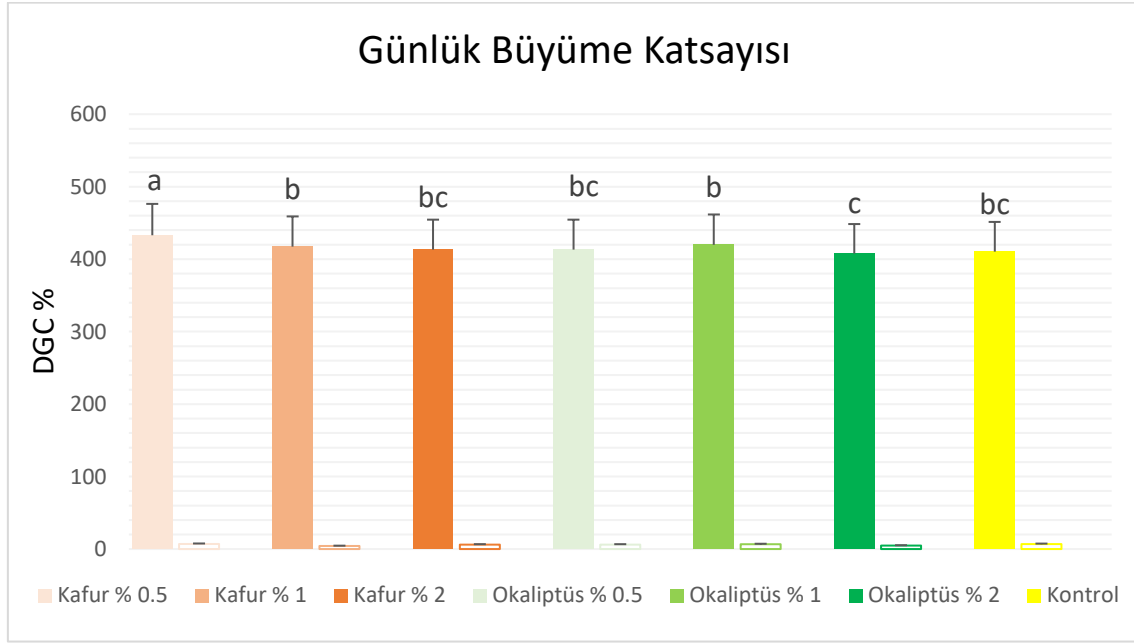
Şekil 3.3. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının ortalama günlük büyüme indeksleri (ADG). Harfler, deneysel diyetler arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir.

$$\text{ADG (Ortalama günlük büyüme)} = (\text{son ağırlık(g)} - \text{ilk ağırlık(g)}) / \text{gün sayısı}$$

Kafur % 0,5 > Okaliptüs % 0,5 > Okaliptüs % 1 > Kafur % 1 > Kafur % 2 > Kontrol > Okaliptüs % 2

3.1.4. Günlük büyüme katsayısı (DGC)

Diyetlerine farklı oranlarda okaliptüs (*Eucalyptus globulus*) ve kafur (*Cinnamomum camphora*) yağları eklenen çipura (*Sparus aurata*) yavrularının günlük büyüme katsayısı Şekil 3.4'te gösterilmektedir. % 0,5 kafur yağı ($432,98 \pm 6,99$) içeren rasyonla takviye edilen balıkların günlük büyüme katsayısı, kontrol grubuna ($410,37 \pm 6,86$) ve % 2 okaliptüs grubuna ($407,68 \pm 4,8$) göre önemli ölçüde daha yüksektir ($p < 0,05$).



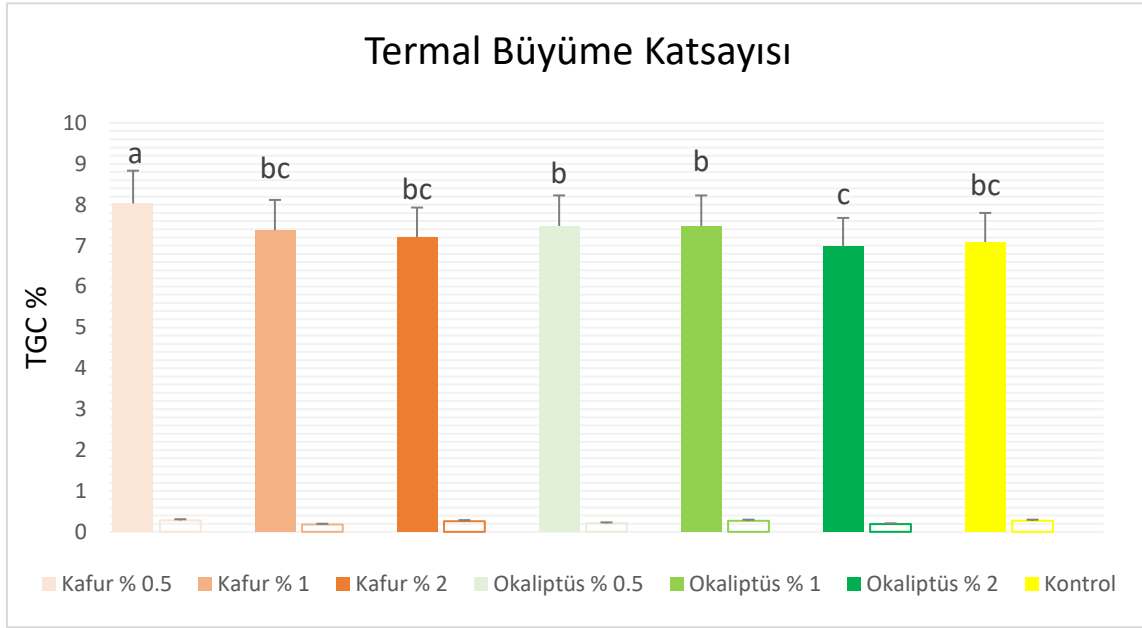
Şekil 3.4. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının günlük büyüme katsayısı (DGC). Harfler, deneysel diyetler arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir.

$$\text{DGC (Günlük büyüme katsayısı)} = (\text{son ağırlık}^{1/3} - \text{ilk ağırlık}^{1/3}) / \text{gün sayısı} \times 100$$

Kafur % 0,5 > Okaliptüs % 1 > Kafur % 1 > Kafur % 2 – Okaliptüs % 0,5 > Kontrol > Okaliptüs % 2

3.1.5. Termal büyüme katsayısı (TGC)

Diyetlerine farklı oranlarda okaliptüs (*Eucalyptus globulus*) ve kafur (*Cinnamomum camphora*) yağları eklenen çipura (*Sparus aurata*) yavrularının termal büyüme katsayısı Şekil 3.5'te gösterilmektedir. % 0,5 kafur yağı ($8,03 \pm 0,28$) içeren rasyonla takviye edilen balıkların termal büyüme katsayısı, kontrol grubuna ($7,09 \pm 0,28$) ve % 2 okaliptüs grubuna ($6,98 \pm 0,19$) göre önemli ölçüde daha yüksektir ($p < 0,05$).



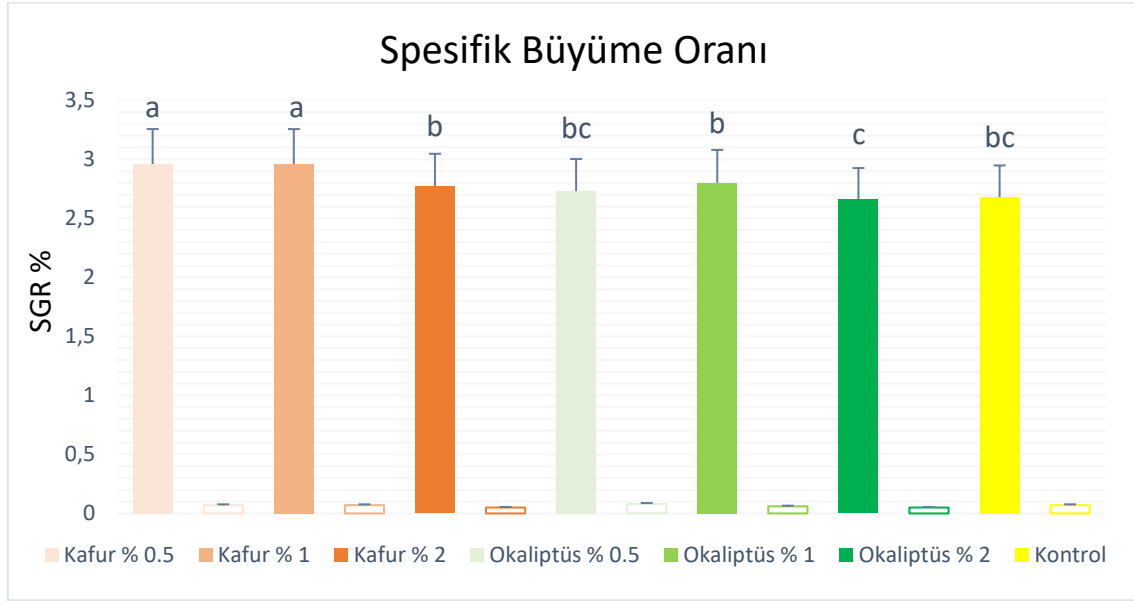
Şekil 3.5. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının termal büyüme katsayısı (TGC). Harfler, deneysel diyetler arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir.

TGC (Termal büyüme katsayısı) = $(\text{son ağırlık}^{1/3} - \text{ilk ağırlık}^{1/3}) / \text{sıcaklık}(\text{°C}) \times \text{gün sayısı} \times 100$

Kafur % 0,5 > Okaliptüs % 0,5 – Okaliptüs % 1 > Kafur % 1 > Kafur % 2 > Kontrol > Okaliptüs % 2

3.1.6. Spesifik büyüme oranı (SGR)

Diyetlerine farklı oranlarda okaliptüs (*Eucalyptus globulus*) ve kafur (*Cinnamomum camphora*) yağları eklenen çipura (*Sparus aurata*) yavrularının spesifik büyüme oranı Şekil 3.6'da gösterilmektedir. % 0,5 kafur yağı ($2,96 \pm 0,07$) içeren rasyonla takviye edilen balıkların spesifik büyüme oranı, kontrol grubuna ($2,68 \pm 0,07$) ve % 2 okaliptüs grubuna ($2,66 \pm 0,05$) göre önemli ölçüde daha yüksektir ($p < 0,05$).



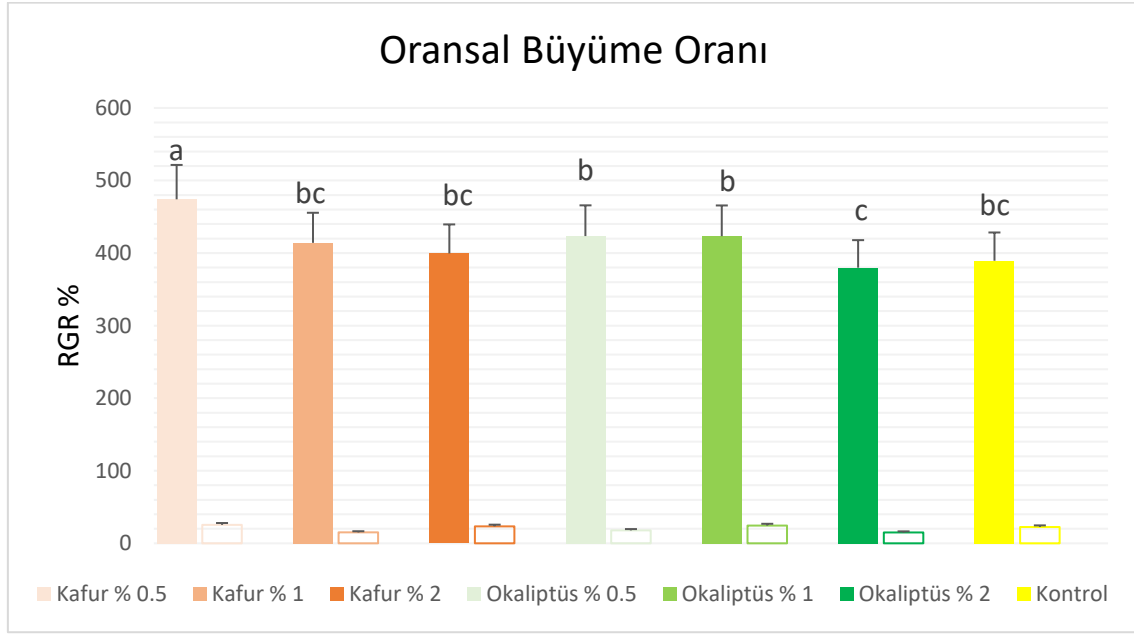
Şekil 3.6. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının spesifik büyüme oranı (SGR). Harfler, deneysel diyetler arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir.

$$\text{SGR (Spesifik büyüme oranı)} = [\text{Ln (son ağırlık(g))} - \text{Ln (ilk ağırlık(g))}] / \text{gün sayısı} \times 100$$

Kafur 0,5 - Kafur % 1 > Okaliptüs % 1 > Kafur % 2 > Okaliptüs % 0,5 > Kontrol > Okaliptüs % 2

3.1.7. Oransal büyüme oranı (RGR)

Diyetlerine farklı oranlarda okaliptüs (*Eucalyptus globulus*) ve kafur (*Cinnamomum camphora*) yağları eklenen çipura (*Sparus aurata*) yavrularının spesifik büyüme oranı Şekil 3.7’de gösterilmektedir. % 0,5 kafur yağı ($474,08 \pm 25,43$) içeren rasyonla takviye edilen balıkların spesifik büyüme oranı, kontrol grubuna ($389,45 \pm 22,47$) ve % 2 okaliptüs grubuna ($379,85 \pm 14,98$) göre önemli ölçüde daha yüksektir ($p < 0,05$).



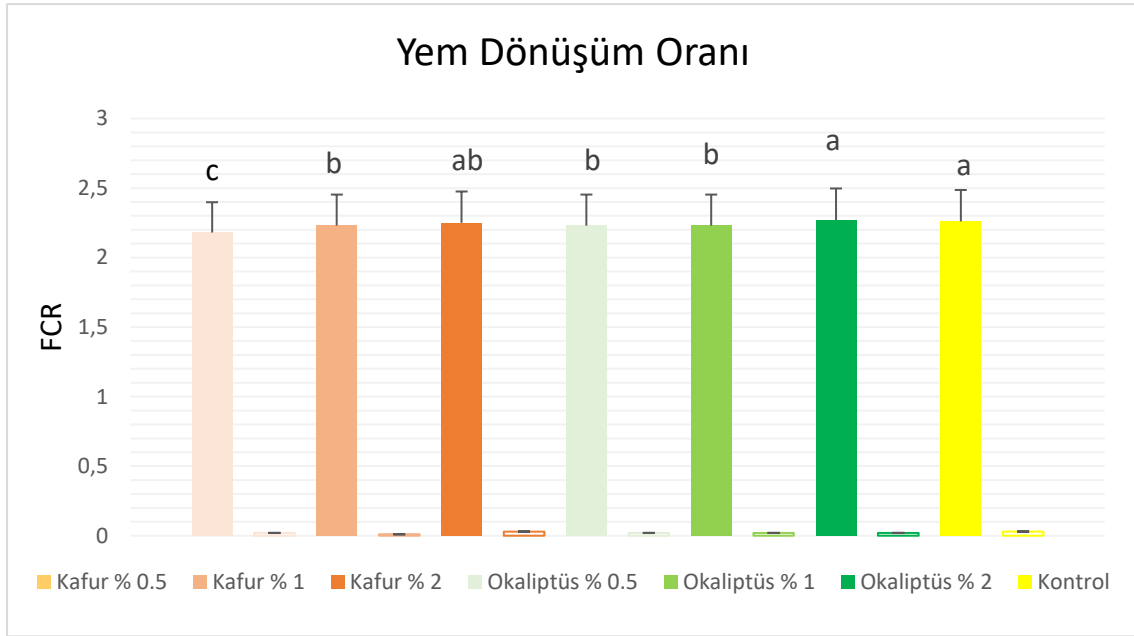
Şekil 3.7. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının oransal büyüme oranı (RGR). Harfler, deneysel diyetler arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir.

$$\text{RGR (Oransal büyüme oranı)} = (\text{son ağırlık (g)} - \text{ilk ağırlık (g)}) / \text{ilk ağırlık (g)} \times 100$$

Kafur % 0,5 > Okaliptüs % 0,5 > Okaliptüs % 1 > Kafur % 1 > Kafur % 2 > Kontrol > Okaliptüs % 2

3.1.8. Yem dönüşüm oranı (FCR)

Diyetlerine farklı oranlarda okaliptüs (*Eucalyptus globulus*) ve kafur (*Cinnamomum camphora*) yağları eklenen çipura (*Sparus aurata*) yavrularının yem dönüşüm oranı Şekil 3.8’de gösterilmektedir. % 0,5 kafur yağı ($2,18 \pm 0,02$) içeren rasyonla takviye edilen balıkların yem dönüşüm oranı, kontrol grubuna ($2,26 \pm 0,03$) ve % 2 okaliptüs grubuna ($2,27 \pm 0,02$) göre önemli ölçüde daha düşüktür ($p < 0,05$).



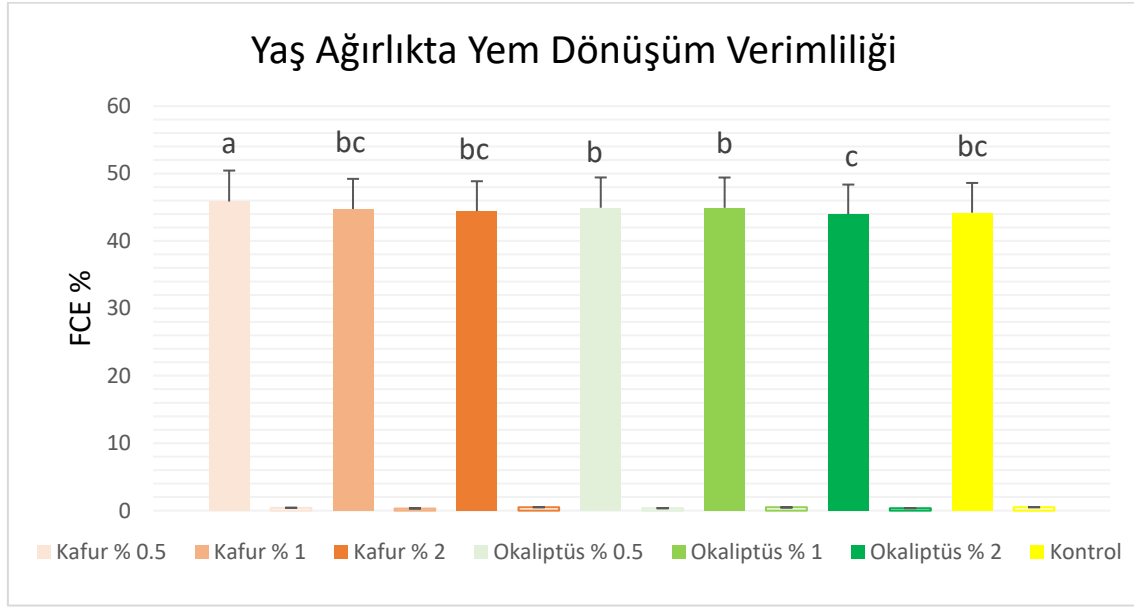
Şekil 3.8. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının yem dönüşüm oranı (FCR). Harfler, deneysel diyetler arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir.

FCR (Yem dönüşüm oranı) = yem tüketimi (g)/ağırlık artışı (g)

Kafur % 0,5 < Kafur % 1 – Okaliptüs % 0,5 – Okaliptüs % 1 < Kafur % 2 < Kontrol < Okaliptüs % 2

3.1.9. Yem dönüşüm verimliliği (FCE)

Diyetlerine farklı oranlarda okaliptüs (*Eucalyptus globulus*) ve kafur (*Cinnamomum camphora*) yağları eklenen çipura (*Sparus aurata*) yavrularının yem dönüşüm verimliliği Şekil 3.9’da gösterilmektedir. % 0,5 kafur yağı ($45,86 \pm 0,42$) içeren rasyonla takviye edilen balıkların yem dönüşüm verimliliği, kontrol grubuna ($44,19 \pm 0,51$) ve % 2 okaliptüs grubuna ($43,97 \pm 0,36$) göre önemli ölçüde daha yüksektir ($p < 0,05$).



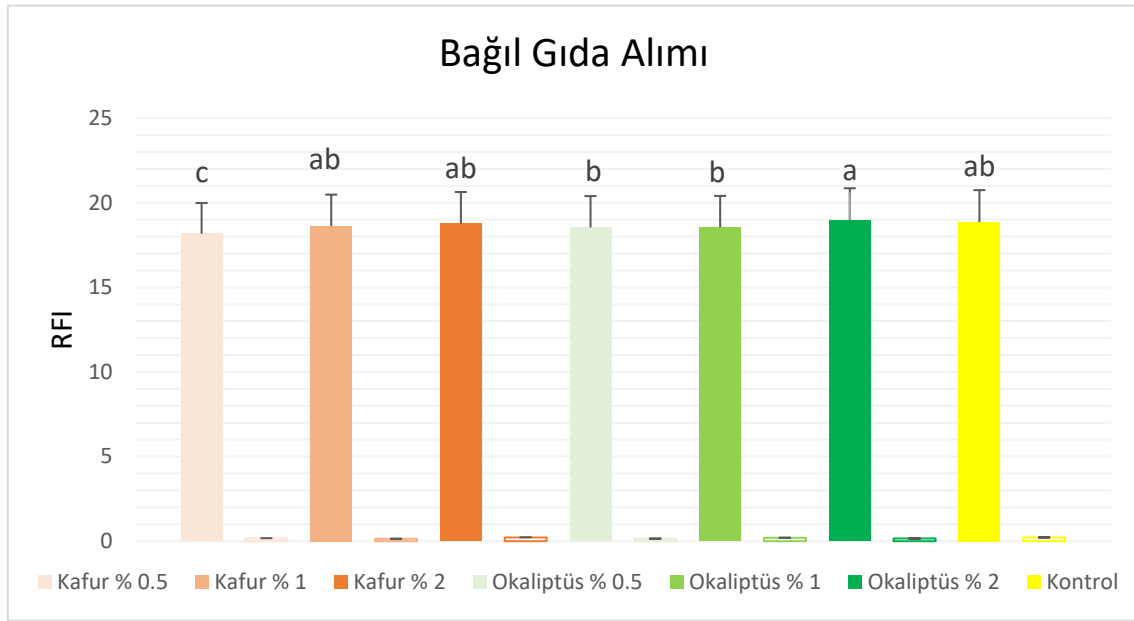
Şekil 3.9. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının yaş ağırlıkta yem dönüşüm verimliliği (FCE). Harfler, deneysel diyetler arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir.

FCE (yem dönüşüm verimliliği) = ağırlık artışı (g) / yem tüketimi (g)

Kafur % 0,5 > Okaliptüs % 0,5 > Okaliptüs % 1 > Kafur % 1 > Kafur % 2 > Kontrol > Okaliptüs % 2

3.1.10. Bağlı gıda alımı (RFI)

Diyetlerine farklı oranlarda okaliptüs (*Eucalyptus globulus*) ve kafur (*Cinnamomum camphora*) yağları eklenen çipura (*Sparus aurata*) yavrularının bağlı gıda alımı Şekil 3.10 da gösterilmektedir. % 0,5 kafur yağı ($18,17 \pm 0,16$) içeren rasyonla takviye edilen balıkların bağlı gıda alımı, kontrol grubuna ($18,6 \pm 0,22$) ve % 2 okaliptüs grubuna ($18,96 \pm 0,16$) göre önemli ölçüde daha düşüktür ($p < 0,05$).



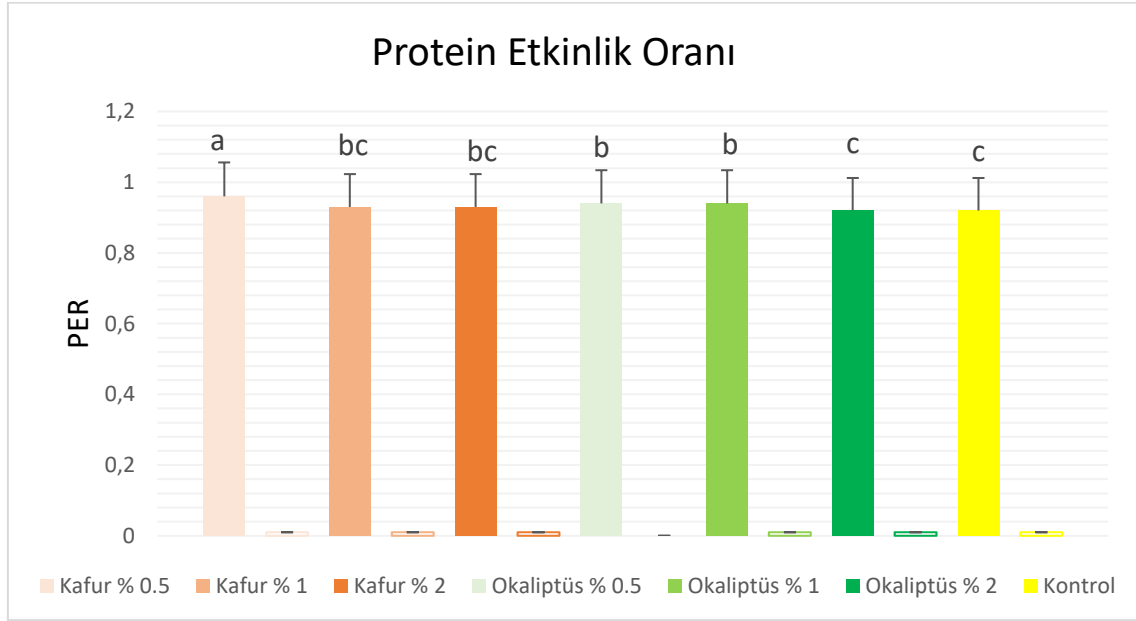
Şekil 3.10. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının bağlı gıda alımı (RFI). Harfler, deneysel diyetler arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir.

RFI (bağlı gıda alımı) = $(\text{yem tüketimi (g)} \times 2) / [(\text{ilk ağırlık (g)} + \text{son ağırlık (g)}) \times \text{gün sayısı}] \times 100$

Kafur % 0,5 < Okaliptüs % 0,5 < Okaliptüs % 1 < Kafur % 1 < Kafur % 2 < Kontrol < Okaliptüs % 2

3.1.11. Protein etkinlik oranı (PER)

Diyetlerine farklı oranlarda okaliptüs (*Eucalyptus globulus*) ve kafur (*Cinnamomum camphora*) yağları eklenen çipura (*Sparus aurata*) yavrularının protein etkinlik oranı Şekil 3.11’de gösterilmektedir. %0,5 kafur yağı ($0,96 \pm 0,01$) içeren rasyonla takviye edilen balıkların protein etkinlik oranı, kontrol grubuna ($0,92 \pm 0,01$) ve % 2 okaliptüs grubuna ($0,92 \pm 0,01$) göre önemli ölçüde daha yüksektir ($p < 0,05$).



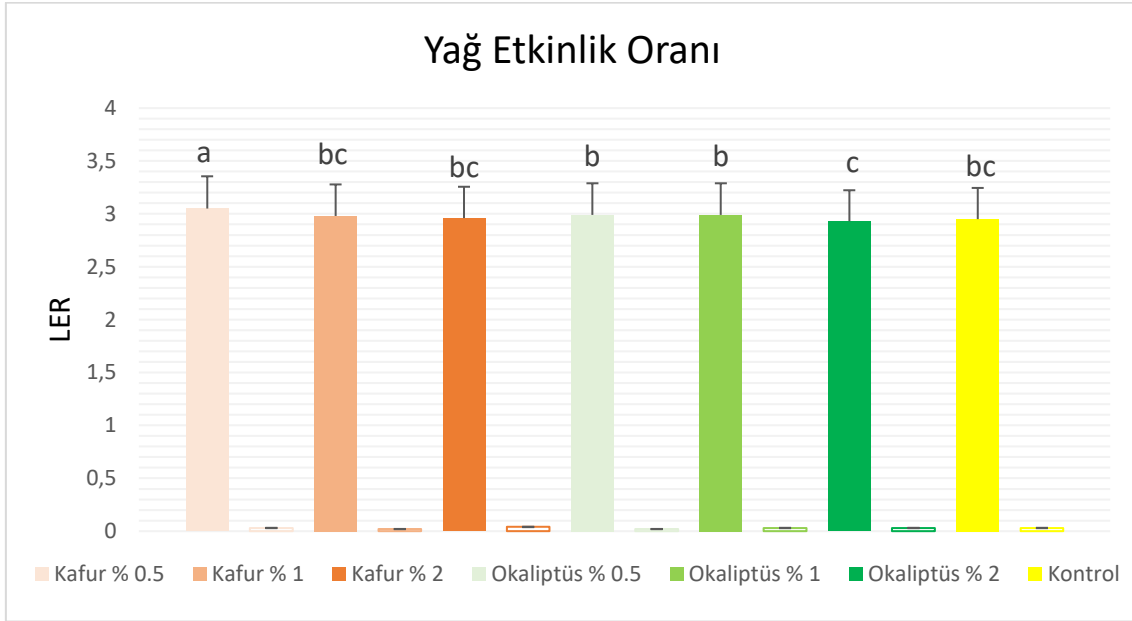
Şekil 3.11. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının protein etkinlik oranı (PER). Harfler, deneysel diyetler arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir.

PER (protein etkinlik oranı) = canlı ağırlık kazancı (g) / protein alımı (g)

Kafur % 0,5 > Okaliptüs % 0,5 > Okaliptüs % 1 > Kafur % 1 > Kafur % 2 > Okaliptüs % 2 > Kontrol

3.1.12. Yağ etkinlik oranı (LER)

Diyetlerine farklı oranlarda okaliptüs (*Eucalyptus globulus*) ve kafur (*Cinnamomum camphora*) yağları eklenen çipura (*Sparus aurata*) yavrularının yağ etkinlik oranı Şekil 3.12’de gösterilmektedir. % 0,5 kafur yağı ($3,05 \pm 0,03$) içeren rasyonla takviye edilen balıkların yağ etkinlik oranı, kontrol grubuna ($2,95 \pm 0,03$) ve % 2 okaliptüs grubuna ($2,93 \pm 0,03$) göre önemli ölçüde daha yüksektir ($p < 0,05$).



Şekil 3.12. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının yağ etkinlik oranı (LER). Harfler, deneysel diyetler arasındaki istatistiksel farkı göstermektedir.

LER (yağ etkinlik oranı) = ağırlık kazancı (g) / toplam yağ alımı (g)

Kafur % 0,5 > Okaliptüs % 0,5 > Okaliptüs % 1 > Kafur % 1 > Kafur % 2 > Kontrol > Okaliptüs % 2

3.2. Hematolojik Parametreler

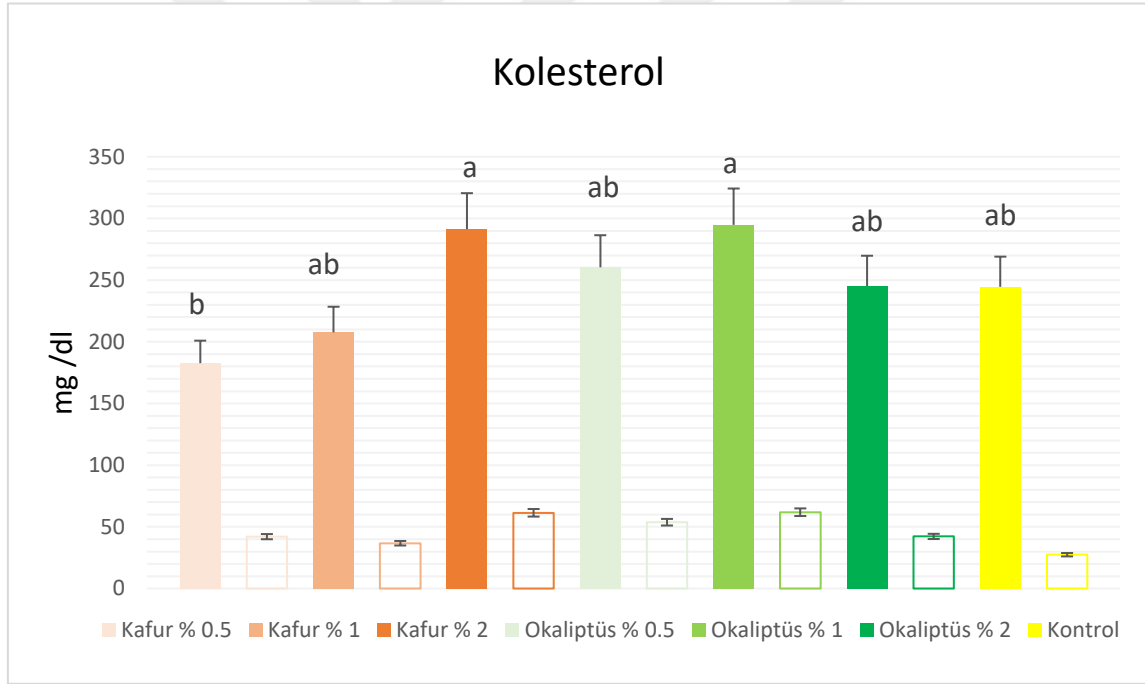
Bu çalışmada, balıklardaki kan hücre ölçümleri incelenmiş ve diyetlerine farklı oranlarda okaliptüs (*Eucalyptus globulus*) ve kafur (*Cinnamomum camphora*) yağları eklenen çipura (*Sparus aurata*) yavrularının hematolojik parametreleri aşağıdaki tabloda (Tablo 3.2) gösterilmiştir. Beyaz kan hücre sayısı (WBC) ve monositler (MON) yönünden % 1 kafur yağı kontrol grubuna göre önemli ölçüde artış göstermiştir ($p<0,05$), aynı zamanda nötrofil (NEU) yönünden en yüksek seviye % 1 okaliptüs grubunda, en düşük seviye ise kontrol grubunda elde edilmiştir. İstatistiki bakımdan sonuçlara göre deneme grupları arasında eozinofil (EOS), bazofil (BASO), lenfosit (LYM), kırmızı kan hücreleri (RBC), hemoglobin (HGB) ve hematokrit (HCT) miktarlarının anlamlı bir farkı yoktur ($p<0,05$). Ayrıca, Wintrobe indeksleri olarak adlandırılan; ortalama eritrosit hacmi (MCV), eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin (MCH), kırmızı kan hücreleri dağılım genişliği (RDW) ve ortalama trombosit hacmi (MPV) de aneminin tespitinde önemlidir. Mevcut çalışmada bu değerler yönünden önemli bir fark gözlemlenmemiştir.

Tablo 3.2. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının hematolojik parametreleri. WBC, lökosit sayısı; LYM, lenfosit; MON, monosit; NEU, nötrofil; EOS, eozinofil; BASO, bazofil; RBC, eritrosit sayısı; HGB, hemogloblin; MCV, ortalama alyuvar hacmi; MCH, ortalama korpüsküler hemogloblin; MPV, ortalama trombosit hacmi. Farklı harflerle takip edilen ortalamalar, deneysel diyetler arasındaki farklılıkları gösterir.

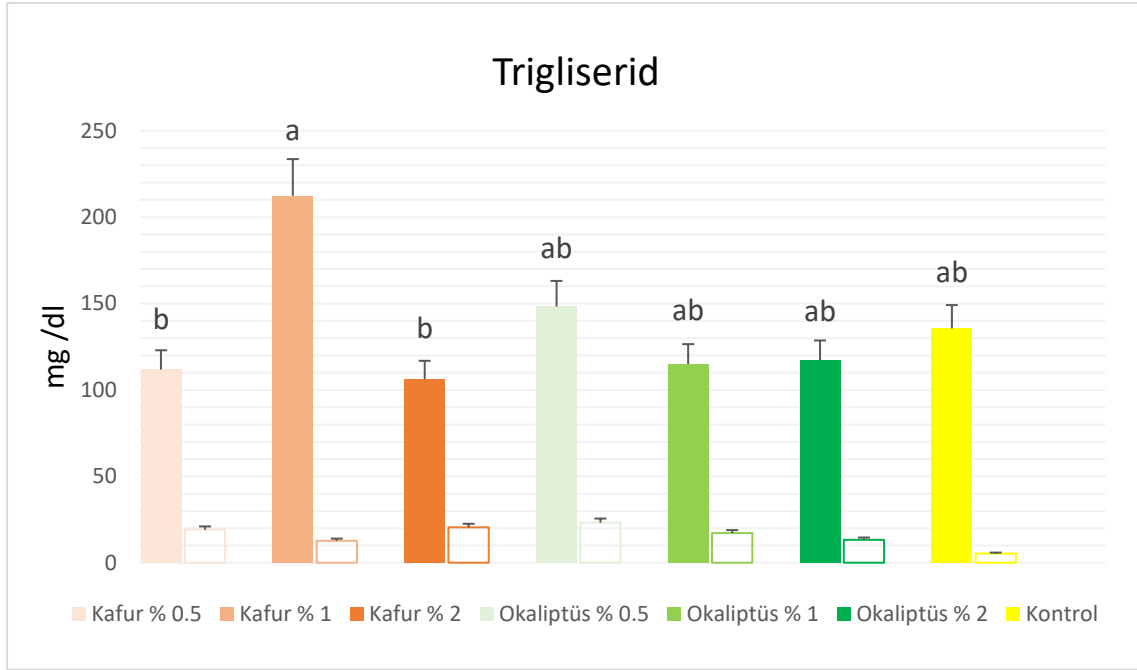
	Kontrol 1	Kafur (% 0,5)	Kafur (%1)	Kafur (%2)	Okaliptüs (%0,5)	Okaliptüs (%1)	Okaliptüs (%2)
WBC (10 ⁹ /L)	3.1 ± 1.06 ^b	7.64 ± 2.22 ^{ab}	17.77 ± 7.89 ^a	8.63 ± 3.02 ^{ab}	16.51 ± 14.04 ^{ab}	15.66 ± 6.09 ^{ab}	7.15 ± 6.29 ^{ab}
LYM (%)	6.26 ± 17.65	9.85 ± 13.96	10.44±0.46	10.47±0.31	13.79±14.8	10.95±0.32	5.83±9.45
MON (%)	8.87±19.54 ^a	4.49±4.01 ^{ab}	9.58±16.51 ^a	2.19±3.31 ^b	1.68±1.5 ^b	3.16±4.84 ^{ab}	6.19±18.02 ^a
NEU (%)	47.15±9.68	65.85±33.43	66.18±12.28	72.65±7.13	72.86±14.46	76.16±11.03	59.65±7.92
EOS (%)	17.43±16.01	19.55±15.62	13.55±8.48	14.31±5.53	11.31±2.56	9.64±11.08	7.78±12.64
BASO (%)	0.29±0.31	0.26±0.17	0.24±0.39	0.37±0.31	0.26±0.41	0.08±0.04	0.55±0.81
RBC (10 ¹² /L)	6.78 ± 0.14 ^a	6.36 ± 1.01 ^{ab}	6.8 ± 0.84 ^a	6.73 ± 1.02 ^a	4.88 ± 1.18 ^b	5.93 ± 0.96 ^{ab}	7.06 ± 1.06 ^a
HGB (g/dL)	22.36 ± 0.4 ^a	20.1 ± 3.05 ^{ab}	20.83 ± 2.87 ^a	19.8 ± 2.23 ^a	13.33 ± 5.32 ^b	17.26 ± 3.25 ^{ab}	20.26 ± 2.91 ^a
MCV (fL)	135.77 ± 3.61	157.47 ± 16.67	153.93 ± 17.89	155.56 ± 17.11	155.4 ± 13.79	164.06 ± 4.71	144.96 ± 24.65
MCH (pg)	32.93 ± 1.07 ^a	31.56 ± 0.61 ^{ab}	30.56 ± 1.7 ^{abc}	29.5 ± 2.51 ^{abc}	26.73 ± 4.5 ^c	28.97 ± 1.4 ^{abc}	28.67 ± 0.4 ^{cb}
RDW CV (%)	14.2 ± 0.69	15.47 ± 10.62	16.47 ± 11.92	9.03 ± 11.76	11.33 ± 7.78	11.2 ± 15.24	13.67 ± 10.12
PLT (10 ⁹ /L)	26 ± 7.21 ^b	37.67 ± 31.18 ^b	44.33 ± 23.03 ^b	23 ± 10.58 ^b	24 ± 42.79 ^b	29.67 ± 22.74 ^b	36.67 ± 5.03 ^b
MPV (fL)	9.6 ± 0.8	10.07 ± 1.53	8.6 ± 1.85	10.23 ± 2.22	10.23 ± 0.06	10.03 ± 1.45	9.83 ± 0.4

3.3. Biyokimyasal Parametreler

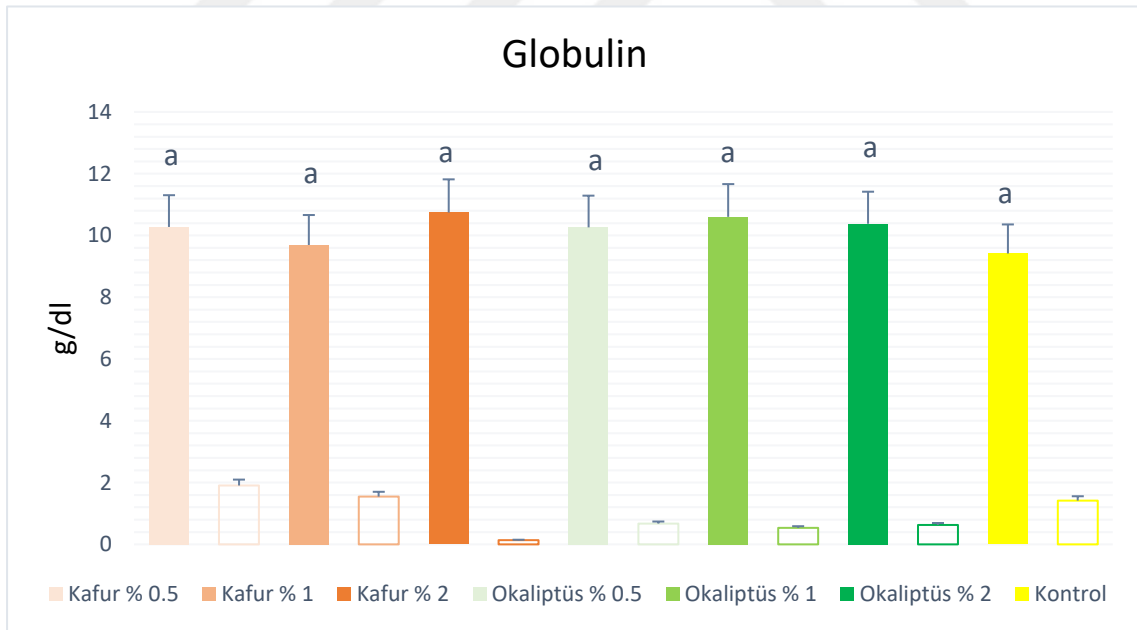
Çipura yavrularının diyetlerine farklı oranlarda kafur ve okaliptüs esansiyel yağlarının eklenmesiyle biyokimyasal parametrelerdeki değişimler aşağıda gösterilmiştir (Şekil 3.13, Şekil 3.14, Şekil 3.15, Şekil 3.16, Şekil 3.17, Şekil 3.16, Şekil 3.17, Şekil 3.18, Şekil 3.19 ve Şekil 3.20). Çalışmada kolesterol artışı % 2 kafur ve % 1 okaliptüs deneme gruplarında görülmüş, buna karşılık en düşük oran ise % 0,5 kafur grubunda elde edilmiştir. Trigliserit oranı bakımından en yüksek oran % 1 kafur grubunda, en düşük oran ise % 0,5 kafur ve % 2 kafur grubunda gözlemlenmiştir. ANOVA sonuçlarına göre deneme grupları arasında istatistikî bakımdan anlamlı bir fark görülmüş ve gruplar kendi içlerinde önemli bir değişim oluşturmuşlardır ($p<0,05$).



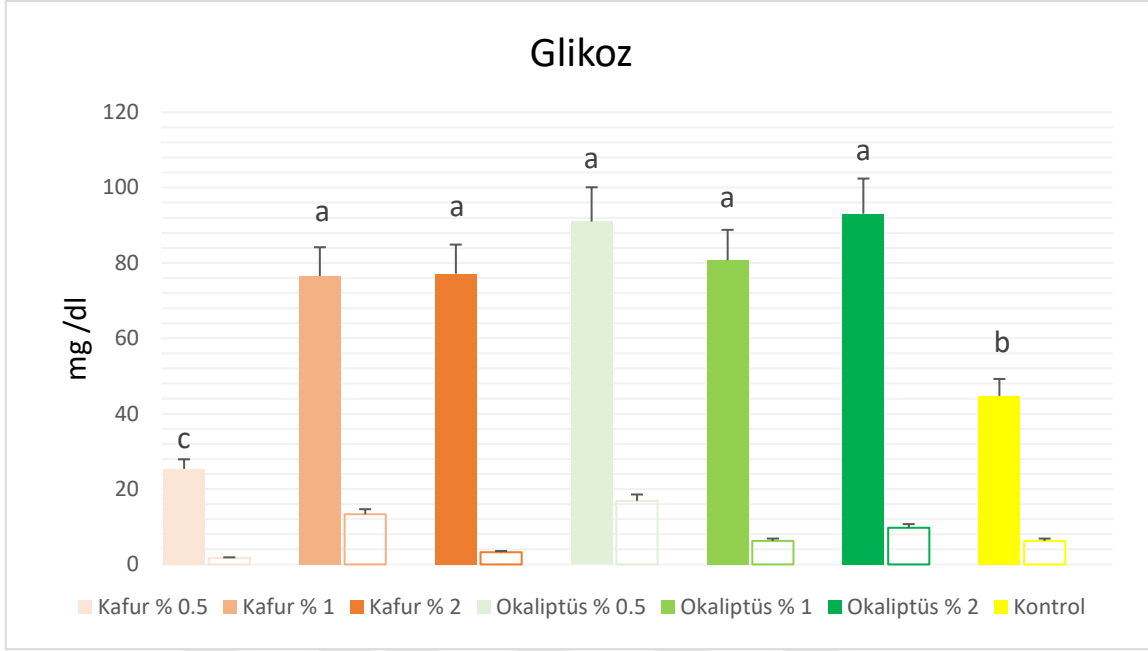
Şekil 3.13. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının kan serumunda kolesterol değerinin değişimi



Şekil 3.14. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının kan serumunda trigliserit değerinin değişimi

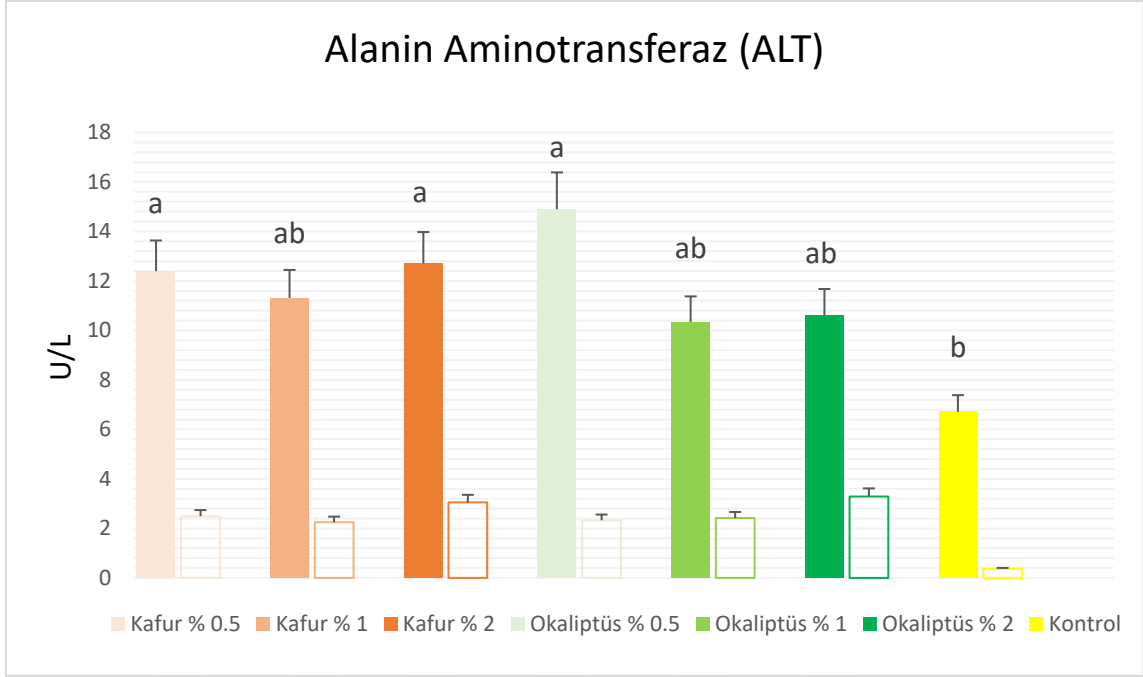


Şekil 3.15. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının kan serumunda globulin değişimi

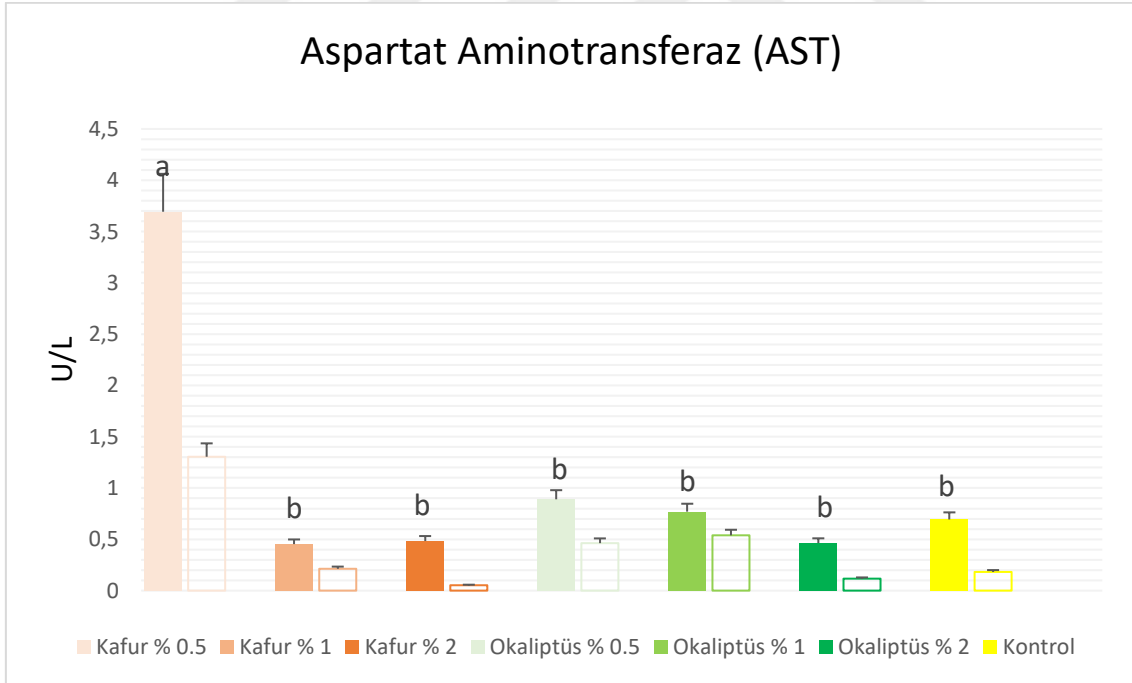


Şekil 3.16. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının kan serumunda glikoz değişimi

Çalışmada deneysel gruplar arasındaki globulin oranında istatistiksel olarak bir fark görülmemiştir ($p>0,05$). Serumdaki glikoz oranında ise en yüksek seviye % 2 okaliptüs grubunda, en düşük seviye ise % 0,5 ile kafur grubunda elde edilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre deneme grupları arasında, kontrol ile % 2 oranındaki okaliptüs grubunda istatistiksel bakımdan anlamlı bir fark gözlemlenmiştir ($p<0,05$).



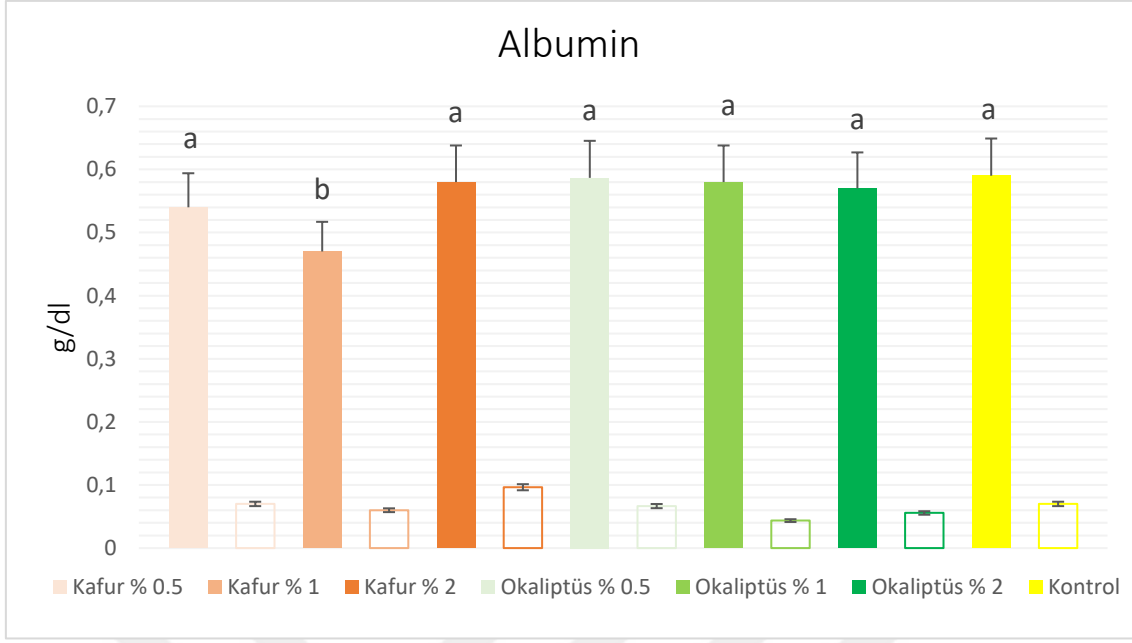
Şekil 3.17. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının kan serumunda ALT değişimi



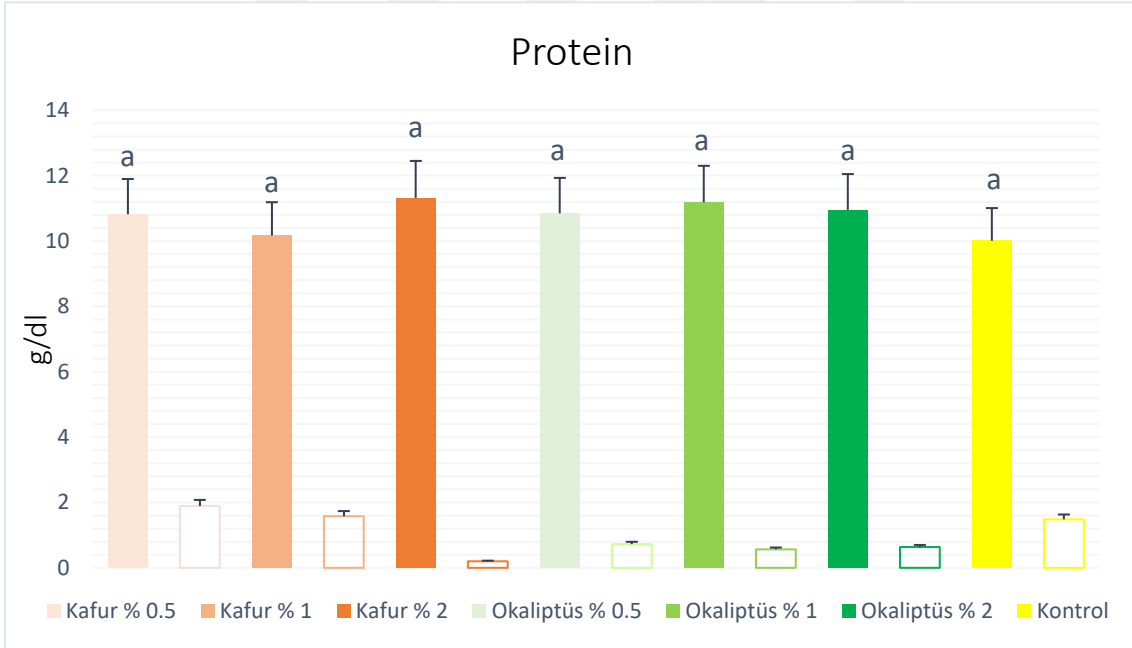
Şekil 3.18. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının kan serumunda AST değişimi

Çalışmada deneme grupları arasında en fazla AST (Aspartat aminotransferaz) artışı % 0,5 kafur grubunda görülmüş, buna karşılık en düşük oran % 1 kafur ve % 2 okaliptüs gruplarında elde edilmiştir. ALT (Alanin aminotransferaz) oranı bakımından en yüksek seviye % 0,5 ile okaliptüs grubunda, en düşük oran ise kontrol grubunda elde edilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre serumdaki ALT (Alanin aminotransferaz) seviyesi bakımından kontrol grubu ve % 0,5 okaliptüs grubu arasında önemli bir fark gözlemlenmiştir ($p<0,05$).





Şekil 3.19. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının kan serumunda albumin değişimi



Şekil 3.20. Farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının kan serumunda protein değişimi

Yapılan besleme çalışmasında balık kan serumlarının albümin oranında %1 kafur grubunda bir değişim gözlenmiş, ancak protein oranı bakımından, deneme grupları arasında önemli bir fark bulunmamıştır.

4. TARTIŞMA

4.1. Büyüme Performansı ve Yemden Yararlanma Verimliliği

Su ürünleri yetiştiriciliğinde dengeli beslenme formülasyonlarının yanı sıra, suda yaşayan hayvanlarda performansı artırmak ve stres kaynaklı bozulmuş sağlık durumunu hafifletmek için fonksiyonel takviyelerin kullanılması önerilmektedir (Dawood, 2021; Mugwanya ve ark., 2021). Yapılan birçok çalışmada diyetteki fitojenik katkı maddeleri veya esansiyel yağların, büyüme performansını, fizyolojik fonksiyonları önemli ölçüde artırdığı ve çeşitli sucul türlerin doğuştan gelen bağışıklığını modüle ettiği gösterilmiştir (Daniels ve Hoseinifar, 2014; Reverter ve ark., 2014; Van Hai, 2015; Yılmaz ve ark., 2022).

Bu çalışmada yavru çipura balığı (*Sparus aurata*) diyetine, farklı dozlarda uçucu yağlardan okaliptüs (*Eucalyptus globulus*) ve kafur (*Cinnamomum camphora*) yağı ilavesinin, büyüme performansı, hematolojik, biyokimyasal ve immünolojik parametreler üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, %0,5 kafur yağı (KAF %0,5) içeren rasyonla takviye edilen balıkların nihai ağırlıklarının, kontrol grubuna göre önemli ölçüde daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum yararlı mikrofloranın oluşmasına bağlı olarak, besinlerin sindiriminin ve yeniden emilmesinin artışına bağlanabilir ve aynı zamanda balık bünyesinin genel sağlığını etkileyen kafur ve okaliptüs esansiyel yağlarının, balık diyetine farklı oranlarda eklenen bazı bileşiklerinin de böylelikle büyümeyi artırabileceği söylenebilir. Buna ilaveten balıklardaki büyüme performansının sebebi, balığın fizyolojik durumunun iyileştirilmesiyle enerjinin daha fazla protein üretimine yönlendirilmesine ve dolaylı olarak bağışıklık durumunun (Citarasu, 2010) iyileştirilmesi ve dolayısıyla direncin çoğalması kaynaklı olduğu da düşünülebilir.

Birçok çalışma *Eucalyptus globulus* ve yine okaliptüs cinsine ait diğer bitki türlerinden elde edilen uçucu yağların güçlü bir antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğunu da ortaya koymuştur. Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlara göre diyet içeriğinde katkı maddesi olarak kullanılan esansiyel yağların, balıkların intestinal sisteminde enfeksiyon giderici etkileriyle fizyolojik özelliği iyileştirerek bağışıklık durumuna katkıda bulunduğu öngörülebilir (Maciel ve ark., 2010; Damjanović-Vratnica ve ark., 2011; Djenane ve ark., 2011; Roomiani ve ark., 2013; Park ve ark., 2016; Adnan 2018;).

Cinnamomum camphora'nın yaprak özlerinden elde edilen Linalool'un antiparaziter ve antibakteriyel özelliğe sahip olduğu birçok çalışmayla ortaya konmuş ve bu yağın içerdiği kimyasal bileşiklerin de ayrı ayrı ele alınması gerektiği böylelikle göz önüne serilmiştir (Yang ve ark., 2014). Mevcut çalışmada kullanılan ticari kafur esansiyel yağı % 93 oranında linalool içeriğine sahiptir ve denemeler sonucunda ortaya çıkan olumlu geri dönüşlerin, bu yüksek oran ile ilişkili olduğu öngörülebilir.

Araştırmalara göre, esansiyel yağlar sindirim enzimleri aktive eder ve besinlerin sindirilmesine ve emilmesine yardım eder (Frenkic ve ark., 2009) ve bağışıklık sistemini iyileştirir (Raa ve ark., 1996). Giannenas ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada timol ve karvakrol ile zenginleştirilmiş yemlerin gökkuşağı alabalığının büyüme performansı ve bağırsak bakteri florası üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu araştırmanın sonuçlarına göre, bu iki diyetle beslenmenin, kontrol tedavisine kıyasla daha fazla kilo alımına ve daha düşük gıda dönüşüm oranına neden olduğu gösterilmiştir. Esansiyel yağlar büyüme uyarıcıları olarak bilinirler. Bu bileşiklerin etkileri çok sayıda çalışmada kanıtlanmıştır (Bilen ve ark., 2020; Xu ve ark., 2020; Wangkahart ve ark., 2022). Bu bitki bileşikleri sindirimi iyileştirebilir ve ayrıca stresi azaltarak enerji tüketimini azaltırlar (Hoseini ve ark., 2018) ve böylece balıkların büyüme performansı için daha fazla enerjinin kullanılabilir olmasını sağlarlar. Araştırma bulgularımızda da yeme katılan % 0,5 oranında kafur (KAF) yağı içeren diyetin, canlı ağırlıkta artışa neden olduğu dolayısıyla gelişme performansını arttırdığı ortaya konulmuştur.

Gowda (2008) ve Bahi ve ark. (2017) tarafından yapılan başka bir çalışma, diyet fitobiyotiklerinin eklenmesiyle büyümede önemli artışlar meydana geldiğini doğrulamıştır. Ancak Motamedi-Tehrani ve ark. (2016)'nın yaptığı bir çalışmada, bitki özleri ve esansiyel yağların büyüme üzerinde gözle görülür bir şekilde öneme sahip olmadığı ortaya konulmuştur. Mevcut çalışmamızda da kontrol ve diğer okaliptüs grupları, % 0,5 kafur yağı içeren gruptaki balıkların nihai ağırlıklarına göre düşük performans göstermişlerdir. Bu sonuçlara göre, fitobiyotik veya esansiyel yağların büyüme performansı parametresi üzerinde olan etki farklılıklarının, kullanılan bitki veya çalışılan balık türleri ile esansiyel yağ bileşenlerindeki çeşitlilikten kaynaklandığı öngörülebilir.

Çalışmada, % 0,5 kafur yağı içeren rasyonla takviye edilen balıkların protein etkinlik (PER) ve yağ etkinlik oranının (LER), kontrol grubuna ve % 2 okaliptüs grubuna göre önemli oranda daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir ($p<0,05$). Bu durum, balığın bağırsağında proteazın uyarılıp salgılanması sonucunda yemin sindiriminin ve emiliminin

artması ve lipit metabolizmasını iyileştirme kabiliyeti oluşturmaya bağlanabilir (Jeong ve ark., 2007). Esansiyel yağların diyet içeriklerine eklenmesiyle iştah özelliklerinin uyarıldığı ve böylelikle kültür balıklarında yem dönüşüm oranının (FCR) iyileştirildiği bildirilmiştir (Reverter ve ark., 2014). Çalışmamızda da en iyi yemden yararlanma oranı, rasyonlarla beslenen gruplarda gözlenmiştir. Bu durum bitki özleriyle iyileştirilmiş olumlu bir yem dönüşümü (FCR) bildiren önceki bir çalışmayla tutarlıdır (Shaluei ve ark., 2017). Buna karşılık daha yüksek seviyelerde kafur ve okaliptüs içeren diyetlerle beslenen gruplarda daha fazla bir yem dönüşüm oranı (FCR) gözlenmiştir. Bunun nedeni, yüksek dozlarda toksisitenin artması ve balık veya bitki türüne göre değişiklik gösterebilen kronik toksisitenin ortaya çıkması olabilir.

Xu ve ark (2020)'nın, Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*) balıklarının diyetlerine sarımsak unu ekleyerek yaptıkları bir çalışmada, ölçüm sonrası kondisyon faktöründe gözle görülür bir oranda fark gözlemlenmiştir. Bizim çalışmamızda da kondisyon faktörü, kafur ve okaliptüs ekstraktından etkilenmiştir. Buna karşılık Aly ve ark. (2008)'nin *Oreochromis niloticus* balıkları üzerindeki Echinacea bitkisinin etkilerini araştırdıkları çalışmada, diyet katkısının kondisyon faktöründe anlamlı bir fark ortaya koymadığını göstermiştir. Ayrıca Faheem ve ark. (2020), *Moringa oleifera* yaprak unu ile beslenen Ot sazanının (*Ctenopharyngodon idella*, Valenciennes 1844) kondisyon faktöründe önemli bir fark kaydetmemiştir. Bu çalışmalarda kaydedilen kondisyon faktöründeki varyasyonun, balığın beslenme yoğunluğu, büyüme hızı ve yaşı gibi faktörlere bağlı olduğu düşünülebilir (Oni ve ark., 1983).

4.2. Hematolojik Parametreler

Su ürünleri yetiştiriciliğinde hematolojik parametreler, balık türlerinin sağlık, stres ve hastalık durumlarını değerlendirmek için temel teşhis araçlarıdır (Blaxhall ve Daisley, 1973). Su ürünleri endüstrisinde balık direncini arttırmanın en iyi yollarından biri, diyet içeriklerinde bitki bileşiklerinin kullanılmasıdır (Agarwal ve Singh, 1999).

Hematoloji testleri ve serum bileşenlerinin analizi, metabolik bozuklukları teşhis etmek, yoğun yetiştirme koşullarında balıkların sağlık durumunu değerlendirmek, farklı balık türlerinin ve anaçların spesifik olmayan direncini değerlendirmek, beslenme durumunu ve balığın etkisini değerlendirmek için uygun bir araç olarak kullanılır (Adel ve ark., 2015).

Hematoloji, hematokrit, hemoglobin ve kırmızı kan hücreleri, oksijen taşıma kapasitesinin belirlenmesinde iyi bir göstergedir ve mevcut oksijen miktarını gösterir ve balığın sağlık durumunu belirlemede iyi bir göstergedir. Bu çalışmada, balıklardaki kan hücre parametreleri incelenmiş ve diyetlere farklı oranlarda okaliptüs (*Eucalyptus globulus*) ve kafur (*Cinnamomum camphora*) yağları eklenen çipura (*Sparus aurata*) yavrularının hematolojik değişimleri gözlemlenmiştir. Beyaz kan hücre sayısı (WBC) ve monosit (MON) oranları yönünden, % 1 kafur yağı eklenen gruplar kontrol grubuna göre önemli ölçüde farklılık göstermiştir ($p<0,05$). Buna karşılık nötrofil (NEU) oranları bakımından en yüksek seviye % 1 okaliptüs grubunda, en düşük seviye ise kontrol grubunda elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre deneme grupları arasında, eozinofil (EOS), bazofil (BASO), lenfosit (LYM), kırmızı kan hücreleri (RBC), hemoglobin (HGB) ve hematokrit (PLT) miktarlarının arasında istatistikî bakımdan anlamlı bir farkı yoktur ($p>0,05$). Ayrıca, Wintrobe indeksleri olarak adlandırılan; ortalama eritrosit hacmi (MCV), eritrosit başına düşen ortalama hemoglobin (MCH), kırmızı kan hücreleri dağılım genişliği (RDW) ve ortalama trombosit hacmi (MPV) gibi parametreler de aneminin tespitinde önemlidir. Mevcut çalışmada bu parametrelerde önemli bir fark gözlemlenmemiştir.

Balıklardaki kan indeksleri (hemoglobin, hematokrit ve kırmızı ve beyaz kan hücreleri gibi) bağışıklık durumunu (eritrositler) ve oksijen taşıma kapasitesini ifade etmektedir (Wendelaar-Bonga, 1997). Beyaz kan hücreleri (WBC), hücrel bağışıklıkta olduğu kadar hastalık yanıtında da önemli rol oynadıkları için spesifik olmayan bağışıklık yanıtında önemli roller oynarlar (Das ve ark., 2012). Spesifik olarak beyaz kan hücreleri (WBC), balıkları ve diğer organizmaları kimyasal faktörlerin ve mikropların neden olduğu enfeksiyonlardan korur (Harikrishnan ve ark., 2003). Bu çalışmada, beyaz kan hücre sayımı (WBC) ve monositler (MON) yönünden % 1 kafur yağı kontrol grubuna göre önemli ölçüde yükselmiştir ($p<0,05$). Mevcut çalışmamızla uyumlu olarak, değişen seviyelerde *Vernonia amygdalina* konsantrasyonları ile desteklenen *Clarias gariepinus*'un (yayın balığı) beyaz kan hücrelerinde (WBC) önemli bir artış rapor edilmiştir (Ajala ve ark., 2015; Okukpe ve ark., 2018). Sheikhzadeh ve ark. (2009)'nın yaptığı bir çalışmada, elde edilen sonuçlar bazı test gruplarında antikor titreleri ve toplam beyaz kan hücrelerinin (WBC) kontrol grubundan önemli ölçüde ($p<0,05$) daha yüksek olmasına rağmen, *Eucalyptus globolus* esansiyel yağının bu immünolojik değişkenler üzerinde sınırlı bir immün sistemi uyarıcı etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Bizim çalışmamızda da kafur yağı ile karşılaştırıldığında okaliptüs esansiyel yağının etkisinin düşük olduğu ortaya konulmuştur.

Bu çalışmanın aksine, Rashidat ve ark. (2018)'nın yaptığı bir araştırma, *Gongronema latifolia* (benth) özleri ile takviye edilmiş diyetlerle beslenen yavru Afrika yayın balığı (*Clarias gariepinus*)'nın beyaz kan hücrelerinde (WBC) azalma olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak beyaz kan hücrelerindeki (WBC) artışın, patojenlere karşı gelişmiş bir koruma anlamına geldiği öngörülebilir.

Trombositler (PLT) kanın yaraları iyileştirmesine ve aşırı kanamayı önlemesine yardımcı olan hücrelerdir. Yüksek veya düşük trombosit seviyeleri ciddi bir durumun işareti olabilir. Bu faktörlerin kanda azalması aneminin tespitinde önemlidir ki bu denemede önemli bir fark görülmemiştir. Haghighi ve ark. (2014), gökkuşağı alabalığına (*Oncorhynchus mykiss*) çeşitli seviyelerde aloe vera özütü verildiğinde MCH ve MCV gibi kırmızı kan hücreleri ile ilgili indekslerde önemli olmayan bir fark olduğunu bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda da MCH değerlerinde bir değişiklik olmamasına karşın, MCV'deki değişiklikler sözü edilen araştırmayla hemen hemen aynı yönde seyretmektedir.

4.3. Biyokimyasal Parametreler

Serum lipitlerinin seviyesi, balık refahının göstergesi olarak kullanılabilir. Çalışmalar, toksik maddelere maruz kalmanın (Mazandarani ve Hoseini, 2017; Elbially ve ark., 2021) veya stresli koşullar altında yetiştirmenin (Abdel-Tawwab ve ark., 2021) serum trigliseridini ve kolesterolu artırdığını göstermiştir. Bitkisel takviyeler ve türevleri, hipolipidemik etkileri ile bilinir. Örneğin, diyet meyan kökü (Adineh ve ark., 2021) veya *Rosmarinus officinalis* özü (Chelemal Dezfoulnejad ve ark., 2022) sazanlarda serum trigliseridini, kolesterolü ve düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL)'i önemli ölçüde azaltmış, ancak yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) düzeylerini artırmıştır. Mevcut çalışmanın sonuçlarına göre, çipura yavrularının diyetlerine farklı oranlarda kafur ve okaliptüs esansiyel yağlarının eklenmesiyle kolesterol artışı, % 2 kafur ve % 1 okaliptüs deneme gruplarında görülmüş, buna karşılık en düşük oran ise % 0,5 kafur grubunda elde edilmiştir. Chakraborty ve Hancz'e (2011) göre, balıkların sağlık durumu serum biyokimyasal değişkenleri kullanılarak değerlendirilebilir. Kortizol ve glikoz yükselmeleri, balıklarda stres kaynaklı olumsuz etkiler için enerji kaynağı sağlayan tipik stres tepkileridir (Barton, 2002). Bizim çalışmamızda trigliserit oranı bakımından en yüksek oran % 1 kafur grubunda, en düşük oran ise % 2 kafur grubunda gözlemlenmiştir. ANOVA sonuçlarına göre deneme grupları arasında

istatistikî bakımdan anlamlı bir fark görülme de, grupların kendi aralarında belirli bir farka sahip oldukları gözlemlenmiştir ($p<0,05$).

Albümin ve globülin balık karaciğeri tarafından üretilen proteinlerdir. Karaciğerdeki bir hasarın serum protein seviyelerini ciddi bir şekilde düşürmesi, kandaki toplam protein ve albümin miktarının ve direkt hepatik fonksiyonun göstergesi olduğunu ortaya koymaktadır (Ghelichpour ve ark., 2017). Balıklar üzerinde yapılan araştırmalar, bitkisel katkı maddelerinin hepatoprotektif etkilere sahip olabileceğini göstermiştir (Yin ve ark., 2011; Jia ve ark., 2019; Taheri-Mirghaed ve ark., 2020). Toplam protein (TP), bağışıklık sistemi ilgilidir (Ren ve ark., 2015). Yılmaz ve ark. (2016) yaptıkları bir çalışmada levrek balıklarının (*Dicentrarchus labrax*) farklı seviyelerde bitkisel olarak (*Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis* ve *Trigonella foenum-graecum*) beslenildiğinde toplam protein seviyelerinde bir artış olduğunu bildirmişlerdir. Mevcut çalışmada ise, farklı konsantrasyonlarda kafur (KAF) ve okaliptüs (OKA) esansiyel yağları ile beslenen çipura yavrularının kan serumunda albümin ve protein değişimi yönünden deneme grupları arasında önemli bir fark bulunmamıştır. Birçok çalışma balıkların farklı formlarda bitkisel esansiyel yağlarla beslenmesiyle kan serumlarındaki globulin içeriğinin arttığını göstermiştir (Hosseini ve ark., 2018; Hosseini ve ark., 2019; Yousefi ve ark., 2019). Bizim çalışmamızda ise okaliptüs (*Eucalyptus globulus*) ve kafur (*Cinnamomum camphora*) yağları arttırıldığında globulin seviyesinde istatistiksel olarak önemli bir fark oluşmasa da yağlarla desteklenen gruplarda kontrol grubuna oranla belirli bir fark gözlemlenmiştir.

Alanin aminotransferaz (ALT) ve aspartat aminotransferaz (AST), balık hepatositinde yüksek konsantrasyonda bulunan hücre içi enzimlerdir ve hücrelere zarar vererek enzimlerin dolaşıma sızmasına neden olurlar. Bu nedenle, dolaşımdaki alanin aminotransferaz (ALT) ve aspartat aminotransferaz (AST) seviyeleri, balıklarda karaciğer sağlığının dolaylı göstergeleridir (Ghelichpour ve ark., 2017). Bu çalışmada deneme grupları arasında aspartat aminotransferaz (AST) artışı % 0,5 kafur grubunda görülmüş, buna karşılık en düşük oran % 1 kafur ve % 2 okaliptüs gruplarında elde edilmiştir. Alanin aminotransferaz (ALT) oranı bakımından en yüksek seviye % 0,5 ile okaliptüs grubunda, en düşük oran ise kontrol grubunda elde edilmiştir. ANOVA sonuçlarına göre serumdaki Alanin aminotransferaz (ALT) seviyesi bakımından kontrol grubu ve % 0,5 okaliptüs grubu arasında önemli bir fark gözlemlenmiştir ($p<0,05$). Bu sonuçlar, hepatik hücrelerin fonksiyonel bütünlüğünün kaybına ve karaciğer hasarı nedeniyle bu enzimin kan dolaşımına hücresel sızıntısına işaret edebilir. Gabriel ve ark. (2015), tilapia (*Oreochromis niloticus*) balığı aloe

vera özüti eklenmiş diyet ile beslendiğinde alanin aminotransferaz (ALT)'da bir artış olduğunu belgelemiştir. Aspartat aminotransferaz (AST), protein metabolizmasında önemli bir rol oynar ve karaciğer hücrelerinde çok aktiftir. Bu çalışmada gözlemlenen aspartat aminotransferaz (AST) artışı, Rashidian ve ark. (2018) tarafından yapılan önceki bir çalışma ile çelişmektedir. Artan aspartat aminotransferaz (AST) ve alanin aminotransferaz (ALT) seviyeleri, karaciğerin hasar görme derecesinde bir değişiklik anlamına gelebilir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Balık yemlerinde bitki kaynaklı yağların kullanılması, büyümeyi hızlandırıcı, sindirimi düzenleyici, bağışıklığı uyarıcı ve antibakteriyel gibi çeşitli olumlu etkiler göstermiştir (Citarasu, 2010). Bununla birlikte hematoloji bilimi de son yıllarda balıklardaki yem değişikliklerini izlemek için etkili ve hassas bir indeks gibi kullanılabilecek önemli bir tanı aracı olarak karşımıza çıkmaktadır (Parrino ve ark., 2018).

Bu araştırmada, yavru çipura (*Sparus aurata*) balıklarının diyetlerine okalıptüs yağı (*Eucalyptus globulus*) ve kafur yağı (*Cinnamomum camphora*) ilavelerinin, büyüme performansı, yemden yararlanma, kan parametrelerinde önemli bir artışa olanak sağladığı gözlemlenmiştir. Araştırma sonucunda, kontrol ve diyet takviye gruplarında kan biyokimyasal indekslerinde anlamlı bir fark oluşmamıştır ($p>0.05$). Ancak % 1 kafur yağı ile beslenen balıklarda beyaz kan hücresi (WBC) ve monosit sayısında (MON) kontrol grubuna göre önemli ölçüde yükselme gözlemlenmiştir ($p<0.05$). Bununla beraber nötrofil oranı itibarıyla (NEU) en yüksek seviye % 1 okalıptüs grubunda, en düşük seviye ise kontrol grubunda elde edilmiştir. Bu çalışma, birincil bağışıklık sistemini güçlendirmenin yanı sıra optimal büyümeyi ve yem verimliliğini artırmak için balık yemlerine % 0,5 kafur yağı ve % 1 okalıptüs yağı eklenmesinin önerilebilir olduğunu ortaya koymuştur. Yapılan bu çalışma öncesinde, çipura balıklarında kafur ve okalıptüs yağlarının kan parametreleri üzerinde yaptığı etkilerle ilgili herhangi bir çalışmanın olmaması, sonuçların karşılaştırmalı yorumlarını kısıtlamıştır. Elde edilen veriler denemede kullanılan esansiyel yağların olumlu sonuçlarını açıkça ortaya koymaktadır. Bunun gibi çalışmaların özellikle deniz balığı türlerinde farklı esansiyel yağ katkıları ile araştırılarak, alınacak olumlu geri dönüşlerin, özellikle balık sağlığı ve dolayısıyla beşerî sağlığın devamı açısından faydalı olacağı açıktır.

Esansiyel yağlar suda yaşayan hayvanların iştahını, mikrobiyal dengesini, bağışıklık tepkilerini, antioksidan kapasitesini ve hastalık direncini iyileştirerek, su ürünleri yetiştiriciliğinde muazzam faydalı etkiler sağlarlar. Yapılan çalışmayla da, balıklarda esansiyel yağ etkinliğinin birincil belirleyicilerinin, yağın kaynağı, konsantrasyonu ve veriliş süresi olduğu ortaya konulmuştur. Bu çalışmalara katkı sağlaması adına, farklı dozlarda farklı esansiyel yağların veya spesifik kimyasal bileşenlerinin etkisi araştırılabilir. Ayrıca farklı balık türü, boyutu, su sıcaklığı vb. değişkenlerle daha kapsamlı çalışmalar ortaya konulabilir.

Bu sonuçlar ışığında, bu tür çalışmaların hem balık sağılığı alanında hem de verim arttırmaya yönelik uygulamalar yönünden olumlu geri dönüşler sağladığı ve bu bileşiklerin biyokimyasal ve fizyolojik etkilerinin belirlenmesi ve kullanım alanlarının yaygınlaştırılması halinde, yetiştiricilik sektörüne ve insan sağılığına katkı sağlayacağı göz ardı edilmemesi gereken konular arasındadır.



6. KAYNAKLAR

- Abbasi, N., Khalighi, Z., Eftekhari, Z., Bahmani, M., 2020. Extraction and phytoanalysis of chemical compounds of Eucalyptus globulus leaf native to Dehloran, Ilam province, Iran by HS-SPME and GC-MS. *Advances in animal and veterinary sciences*, 8(6):647-652.
- Abdel-Latif, H.M., Abdel-Daim, M.M., Shukry, M., Nowosad, J., Kucharczyk, D., 2022. Benefits and applications of *Moringa oleifera* as a plant protein source in Aquafeed: A review. *Aquaculture*, 547:737369.
- Abdel-Latif, H.M., Abdel-Tawwab, M., Khafaga, A.F., Dawood, M.A., 2020. Dietary oregano essential oil improved the growth performance via enhancing the intestinal morphometry and hepato-renal functions of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fingerlings. *Aquaculture*, 526:735432.
- Abdel-Latif, H.M., Dawood, M.A., Menanteau-Ledouble, S., El-Matbouli, M., 2020. The nature and consequences of co-infections in tilapia: A review. *Journal of Fish Diseases*, 43(6):651-664.
- Abdel-Tawwab, M., El-Araby, D.A., 2021. Immune and antioxidative effects of dietary licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) on performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) and its susceptibility to *Aeromonas hydrophila* infection. *Aquaculture*, 530:735828.
- Abdel-Tawwab, M., Ahmad, M.H., Seden, M.E., Sakr, S.F., 2010. Use of green tea, *Camellia sinensis* L., in practical diet for growth and protection of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.), against *Aeromonas hydrophila* infection. *Journal of the World Aquaculture Society*, 41:203-213.
- Abellan, E., Basurco, B., 1999. *Marine finfish species diversification: current situation and prospects in Mediterranean aquaculture*. CIHEAM-IAMZ.
- Acar, Ü., Parrino, V., Kesbiç, O. S., Lo Paro, G., Saoca, C., Abbate, F., Fazio, F., 2018. Effects of different levels of pomegranate seed oil on some blood parameters and disease resistance against *Yersinia ruckeri* in rainbow trout. *Frontiers in Physiology*, 9:596.
- Adel, M., Amiri, A.A., Zorriehzahra, J., Nematolahi, A., Esteban, M.Á., 2015. Effects of dietary peppermint (*Mentha piperita*) on growth performance, chemical body composition and hematological and immune parameters of fry Caspian white fish (*Rutilus frisii kutum*). *Fish & shellfish immunology*, 45(2):841-847.
- Adel, M., Dawood, M.A., Gholamhosseini, A., Sakhaie, F., Banaee, M., 2021. Effect of the extract of lemon verbena (*Aloysia citrodora*) on the growth performance, digestive enzyme activities, and immune-related genes in Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). *Aquaculture*, 541:736797.
- Adineh, H., Naderi, M., Yousefi, M., Khademi Hamidi, M., Ahmadifar, E., Hoseini, S. M., 2021. Dietary licorice (*Glycyrrhiza glabra*) improves growth, lipid metabolism,

- antioxidant and immune responses, and resistance to crowding stress in common carp, *Cyprinus carpio*. *Aquaculture Nutrition*, 27(2):417-426.
- Adnan, M., Tariq, A., Bibi, R., Mussarat, S., Fatima, B., Ali, N., Shinwari, Z.K.**, 2018. Traditional medicines and their in-vitro proof against *Staphylococcus aureus* in Pakistan. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 11(6):355-368.
- Agarwal, S.S., Singh, V.K.**, 1999. Immunomodulators: A review of studies on Indian medicinal plants and synthetic peptides. Part-I: Medicinal plants. *Proceedings of the Indian National Science Academy-Part B: Biological Sciences*, 65(3-4):179-204.
- Ahmadifar, E., Sadegh, T.H., Dawood, M.A., Dadar, M., Sheikhzadeh, N.**, 2020. The effects of dietary *Pediococcus pentosaceus* on growth performance, hemato-immunological parameters and digestive enzyme activities of common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture*, 516:734656.
- Ait-Ouazzou, A., Lorán, S., Bakkali, M., Laglaoui, A., Rota, C., Herrera, A., Conchello, P.**, 2011. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils of *Thymus algeriensis*, *Eucalyptus globulus* and *Rosmarinus officinalis* from Morocco. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(14):2643-2651.
- Ajala, O.O., Owoyemi, A.O., Aina, O.O.**, 2015. Hematological and histological features of the testis and liver of male African catfish (*Clarias gariepinus*) fed ration supplemented with *Vernonia amygdalina* Del. *Philippine Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 41(2).
- Alagawany, M., El-Saadony, M.T., Elnesr, S.S., Farahat, M., Attia, G., Madkour, M., Reda, F.M.**, 2021. Use of lemongrass essential oil as a feed additive in quail's nutrition: its effect on growth, carcass, blood biochemistry, antioxidant and immunological indices, digestive enzymes and intestinal microbiota. *Poultry science*, 100(6):101172.
- Alishahi, A., Mirvaghefi, A., Tehrani, M.R., Farahmand, H., Koshio, S., Dorkoosh, F. A., Elsabee, M.Z.**, 2011. Chitosan nanoparticle to carry vitamin C through the gastrointestinal tract and induce the non-specific immunity system of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Carbohydrate polymers*, 86(1):142-146.
- Almas, I., Innocent, E., Machumi, F., Kisinza, W.**, 2021. Chemical composition of essential oils from *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus maculata* grown in Tanzania. *Scientific African*, 12:e00758.
- Aly, S. M., Atti, N.A., Mohamed, M.F.**, 2008. Effect of garlic on the survival, growth, resistance and quality of *Oreochromis niloticus*. In *From the pharaohs to the future. Eighth International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Proceedings. Cairo, Egypt, 12-14 October, 2008* (pp. 277-296). AQUAFISH Collaborative Research Support Program.
- Aprotosoiaie, A.C., Luca, V.S., Trifan, A., Miron, A.**, 2019. Antigenotoxic potential of some dietary non-phenolic phytochemicals. *Studies in natural products chemistry*, 60:223-297.

- Arabacı, M., Yilmaz, Y., Ceyhun, S., Erdoğan, O., Dorlay, H., Diler, I., Koncagul, S.,** 2010. A review on population characteristics of Gilthead Seabream (*Sparus aurata*). *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9:6.
- Ashley, P.J.,** 2007. Fish welfare: current issues in aquaculture. *Applied Animal Behaviour Science*, 104(3-4):199-235.
- Austin, B., Lawrence, A., Can, E., Carboni, C., Crockett, J., Demirtas, N., Gier, G.Y.,** 2022. Selected topics in sustainable aquaculture research: Current and future focus. *Sustainable Aquatic Research*, 1(2):74-125.
- Awad, E., Awaad, A.,** 2017. Role of medicinal plants on growth performance and immune status in fish. *Fish & shellfish immunology*, 67:40-54.
- Azmir, J., Zaidul, I.S.M., Rahman, M.M., Sharif, K.M., Mohamed, A., Sahena, F., Omar, A.K.M.,** 2013. Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of food engineering*, 117(4):426-436.
- Bahi, A., Guardiola, F.A., Messina, C.M., Mahdhi, A., Cerezuela, R., Santulli, A., Esteban, M.A.,** 2017. Effects of dietary administration of fenugreek seeds, alone or in combination with probiotics, on growth performance parameters, humoral immune response and gene expression of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Fish & shellfish immunology*, 60:50-58.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., Idaomar, M.,** 2008. Biological effects of essential oils—a review. *Food and chemical toxicology*, 46(2):446-475.
- Barman, D., Nen, P., Mandal, S.C., Kumar, V.,** 2013. Immunostimulants for aquaculture health management. *Journal of Marine Science: Research and Development*, 3(3):1-11.
- Barton, B.A.,** 2002. Stress in fishes: a diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. *Integrative and comparative biology*, 42(3):517-525.
- Behr, A., Johnen, L.,** 2009. Myrcene as a natural base chemical in sustainable chemistry: a critical review. *ChemSusChem: Chemistry & Sustainability Energy & Materials*, 2(12):1072-1095.
- Benelli, G., Canale, A., Flamini, G., Cioni, P.L., Demi, F., Ceccarini, L., Conti, B.,** 2013. Biototoxicity of *Melaleuca alternifolia* (Myrtaceae) essential oil against the Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae), and its parasitoid *Psytalia concolor* (Hymenoptera: Braconidae). *Industrial Crops and Products*, 50:596-603.
- Bento, M.H.L., Ouwehand, A.C., Tiïhonen, K., Lahtinen, S., Nurminen, P., Saarinen, M.T., Fischer, J.,** 2013. Essential oils and their use in animal feeds for monogastric animals-Effects on feed quality, gut microbiota, growth performance and food safety: a review. *Veterinari medicina*, 58(9).

- Bilen, S., Altief, T.A.S., Özdemir, K.Y., Salem, M.O.A., Terzi, E., Güney, K., 2020.** Effect of lemon balm (*Melissa officinalis*) extract on growth performance, digestive and antioxidant enzyme activities, and immune responses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish physiology and biochemistry*, 46:471-481.
- Blaxhall, P.C., 1972.** The haematological assessment of the health of freshwater fish: a review of selected literature. *Journal of fish biology*, 4(4):593-604.
- Blaxhall, P.C., Daisley, K.W., 1973.** Routine haematological methods for use with fish blood. *Journal of fish biology*, 5(6):771-781.
- Blaxhall, P.C., Daisley, K.W., 1973.** Routine haematological methods for use with fish blood. *Journal of fish biology*, 5(6):771-781.
- Bogavac, M., Tešanović, K., Marić, J., Jovanović, M., Karaman, M., 2019.** Antimicrobial activity and toxicity of *Eucalyptus globulus* Labill. essential oil against vaginal microorganisms. *Trends in Phytochemical Research*, 3(3):201-206.
- Bondad-Reantaso, M.G., Subasinghe, R.P., Arthur, J.R., Ogawa, K., Chinabut, S., Adlard, R., Shariff, M., 2005.** Disease and health management in Asian aquaculture. *Veterinary parasitology*, 132(3-4):249-272.
- Bouck, G.R., Ball, R.C., 1966.** Influence of capture methods on blood characteristics and mortality in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Transactions of the American Fisheries Society*, 95(2):170-176.
- Brackman, G., Defoirdt, T., Miyamoto, C., Bossier, P., Van Calenbergh, S., Nelis, H., Coenye, T., 2008.** Cinnamaldehyde and cinnamaldehyde derivatives reduce virulence in *Vibrio* spp. by decreasing the DNA-binding activity of the quorum sensing response regulator LuxR. *BMC microbiology*, 8(1):1-14.
- Brenes, A., Roura, E., 2010.** Essential oils in poultry nutrition: Main effects and modes of action. *Animal feed science and technology*, 158(1-2):1-14.
- Buscaino, G., Filiciotto, F., Buffa, G., Bellante, A., Di Stefano, V., Assenza, A., Mazzola, S., 2010.** Impact of an acoustic stimulus on the motility and blood parameters of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) and gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). *Marine environmental research*, 69(3):136-142.
- Butaye, P., Devriese, L.A., Haesebrouck, F., 2003.** Antimicrobial growth promoters used in animal feed: effects of less well known antibiotics on gram-positive bacteria. *Clinical microbiology reviews*, 16(2):175-188.
- Cabello, F.C., 2006.** Heavy use of prophylactic antibiotics in aquaculture: a growing problem for human and animal health and for the environment. *Environmental microbiology*, 8(7):1137-1144.
- Can Baser, K.H., 2008.** Biological and pharmacological activities of carvacrol and carvacrol bearing essential oils. *Current pharmaceutical design*, 14(29):3106-3119.

- Carson, C.F., Hammer, K.A.,** 2011. Chemistry and bioactivity of essential oils. *Lipids and essential oils as antimicrobial agents*, 203-238.
- Cermelli, C., Fabio, A., Fabio, G., Quaglio, P.,** 2008. Effect of eucalyptus essential oil on respiratory bacteria and viruses. *Current microbiology*, 56:89-92.
- Ceylan, A.,** 1983. Tıbbi Bitkiler-II. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayını No:481, Bornova-İzmir.
- Chakraborty, S.B., Hancz, C.,** 2011. Application of phytochemicals as immunostimulant, antipathogenic and antistress agents in finfish culture. *Reviews in Aquaculture*, 3(3):103-119.
- Chelemal D.M., Molayemraftar, T.,** 2022. Use of dietary rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract as a growth promotor and immunostimulant in common carp. *Aquaculture Research*, 53(4):1553-1562.
- Christaki, E., Bonos, E., Giannenas, I., Florou-Paneri, P.,** 2012. Aromatic plants as a source of bioactive compounds. *Agriculture*, 2(3):228-243.
- Citarasu, T.,** 2010. Herbal biomedicines: a new opportunity for aquaculture industry. *Aquaculture International*, 18(3):403-414.
- Clarke, S.,** 2008. Families of compounds that occur in essential oils. *Essential chemistry for aromatherapy*, 41-77.
- Clauss, T.M., Dove, A.D., Arnold, J.E.,** 2008. Hematologic disorders of fish. *Veterinary clinics of North America: Exotic animal practice*, 11(3):445-462.
- Da Cunha, M.A., de Barros, F.M.C., de Oliveira Garcia, L., de Lima Veeck, A.P., Heinzmann, B.M., Loro, V.L., Baldissierotto, B.,** 2010. Essential oil of *Lippia alba*: a new anesthetic for silver catfish, *Rhamdia quelen*. *Aquaculture*, 306(1-4):403-406.
- Damjanović-Vratnica, B., Đakov, T., Suković, D., Damjanović, J.,** 2011. Antimicrobial effect of essential oil isolated from *Eucalyptus globulus* Labill. from Montenegro. *Czech Journal of Food Sciences*, 29(3):277-284.
- Daniels, C., Hoseinifar, S.H.,** 2014. Prebiotic applications in shellfish. *Aquaculture nutrition: gut health, probiotics and prebiotics*, 401-418.
- Das, N., Sikder, K., Ghosh, S., Fromenty, B., Dey, S.,** 2012. *Moringa oleifera* Lam. leaf extract prevents early liver injury and restores antioxidant status in mice fed with high-fat diet. *Indian Journal of Experimental Biology*, 50(6):404-12.
- Davis, E.M.,** 2010. Advances in the enzymology of monoterpene cyclization reactions. *Comprehensive Natural Products II Chemistry and Biology*, 1:585-608.
- Davis, G.E., Bayless, K.J., Mavila, A.,** 2002. Molecular basis of endothelial cell morphogenesis in three-dimensional extracellular matrices. *The Anatomical Record: An Official Publication of the American Association of Anatomists*, 268(3):252-275.

- Dawood, M.A.,** 2021. Nutritional immunity of fish intestines: Important insights for sustainable aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 13(1):642-663.
- Dawood, M.A., Koshio, S., Esteban, M.Á.,** 2018. Beneficial roles of feed additives as immunostimulants in aquaculture: a review. *Reviews in Aquaculture*, 10(4):950-974.
- Dawood, M.A., Metwally, A.E.S., El-Sharawy, M.E., Ghozlan, A.M., Abdel-Latif, H.M., Van Doan, H., Ali, M.A.,** 2020. The influences of ferulic acid on the growth performance, haemato-immunological responses, and immune-related genes of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) exposed to heat stress. *Aquaculture*, 525:735320.
- De Sousa, D.P., Soares Hocayen, P.D.A., Andrade, L.N., Andreatini, R.,** 2015. A systematic review of the anxiolytic-like effects of essential oils in animal models. *Molecules*, 20(10):18620-18660.
- Dehghani-Samani, A., Madreseh-Ghahfarokhi, S., Dehghani-Samani, A., Pirali-Kheirabadi, K.,** 2015. Acaricidal and repellent activities of essential oil of *Eucalyptus globulus* against *Dermanyssus gallinae* (Acari: Mesostigmata). *Journal of HerbMed Pharmacology*, 4(3):81-84.
- Derwich, E., Benziene, Z., Chabir, R., Taouil, R.,** 2011. In vitro antibacterial activity and GC/MS analysis of the essential oil extract of leaves of *Rosmarinus officinalis* grown in Morocco. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 3(3):89-95.
- Dhakad, A.K., Pandey, V.V., Beg, S., Rawat, J.M., Singh, A.,** 2018. Biological, medicinal and toxicological significance of *Eucalyptus* leaf essential oil: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(3):833-848.
- Dixit, A., Pandey, P., Mahajan, R., Dhasmana, D.C.,** 2014. Alcohol based hand sanitizers: Assurance and apprehensions revisited. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 5(1):558-563.
- Dixit, A., Rohilla, A., Singh, V.,** 2012. *Eucalyptus globulus*: A new perspective in therapeutics. *International journal of pharmaceutical and chemical sciences*, 1(4):1678-1683.
- Djenane, D., Yangüela, J., Amrouche, T., Boubrit, S., Boussad, N., Roncalés, P.,** 2011. Chemical composition and antimicrobial effects of essential oils of *Eucalyptus globulus*, *Myrtus communis* and *Satureja hortensis* against *Escherichia coli* O157: H7 and *Staphylococcus aureus* in minced beef. *Food Science and Technology International*, 17(6):505-515.
- Dohare, S., Dubey, S.D., Kalia, M., Verma, P., Pandey, H., Singh, N.K., Agarwal, V.,** 2014. Anti-biofilm activity of *Eucalyptus globulus* oil encapsulated silica nanoparticles against *E. coli* biofilm. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 5(11):5011.
- Düğenci, S.K., Arda, N., Candan, A.,** 2003. Some medicinal plants as immunostimulant for fish. *Journal of ethnopharmacology*, 88(1):99-106.

- Ebadollahi, A., Safaralizadeh, M.H., Pourmirza, A.A., 2010.** Fumigant Toxicity of Essential Oils of *Eucalyptus globulus* Labill and *Lavandula stoechas* L., Grown in Iran, against the two Coleopteran Insect Pests; *Lasioderma serricorne* F. and *Rhyzopertha dominica* F. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 20(1).
- Elbially, Z.I., Salah, A.S., Elsheshtawy, A., Rizk, M., Abualreesh, M.H., Abdel-Daim, M.M., Assar, D.H., 2021.** Exploring the multimodal role of *Yucca schidigera* extract in protection against chronic ammonia exposure targeting: growth, metabolic, stress and inflammatory responses in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Animals*, 11(7):2072.
- Elsharif, S.A., Banerjee, A., Buettner, A., 2015.** Structure-odor relationships of linalool, linalyl acetate and their corresponding oxygenated derivatives. *Frontiers in chemistry*, 57.
- Elzayyat, E., Elleboudy, N., Moustafa, A., Ammar, A., 2018.** Insecticidal, oxidative, and genotoxic activities of *Syzygium aromaticum* and *Eucalyptus globulus* on *Culex pipiens* adults and larvae. *Türkiye Parazitoloji Dergisi*, 42(3):213.
- Etzold, B., Jess, A., Nobis, M., 2009.** Epimerisation of menthol stereoisomers: Kinetic studies of the heterogeneously catalysed menthol production. *Catalysis Today*, 140(1-2):30-36.
- Fabiya, O.A., Atolani, O., Olatunji, G.A., 2020.** Toxicity Effect of *Eucalyptus globulus* on *Pratylenchus* spp. of *Zea mays*. *Sarhad Journal of Agriculture*, 36(4).
- Faheem, M., Khaliq, S., Mustafa, N., Rani, S., Lone, K.P., 2020.** Dietary *Moringa oleifera* leaf meal induce growth, innate immunity and cytokine expression in grass carp, *Ctenopharyngodon idella*. *Aquaculture Nutrition*, 26(4):1164-1172.
- Fazio, F., Ferrantelli, V., Piccione, G., Saoca, C., Levanti, M., Mucciardi, M., 2018.** Biochemical and hematological parameters in European sea bass (*Dicentrarchus labrax* Linnaeus, 1758) and Gilthead sea bream (*Sparus aurata* Linnaeus, 1758) in relation to temperature. *Veterinarski Arhiv*, 88:397-411.
- Fazio, F., Saoca, C., Ferrantelli, V., Cammilleri, G., Capillo, G., Piccione, G., 2019.** Relationship between arsenic accumulation in tissues and hematological parameters in mullet caught in Faro Lake: a preliminary study. *Environmental Science and Pollution Research*, 26:8821-8827.
- Frankić, T., Voljč, M., Salobir, J., Rezar, V., 2009.** Use of herbs and spices and their extracts in animal nutrition. *Acta Agric Slov*, 94(2):95-102.
- Franz, C., Baser, K.H.C., Windisch, W., 2010.** Essential oils and aromatic plants in animal feeding—a European perspective. A review. *Flavour and Fragrance Journal*, 25(5):327-340.
- Gabriel, N.N., Qiang, J., He, J., Ma, X.Y., Kpundeh, M.D., Xu, P., 2015.** Dietary Aloe vera supplementation on growth performance, some haemato-biochemical parameters and disease resistance against *Streptococcus iniae* in tilapia (GIFT). *Fish & Shellfish Immunology*, 44(2):504-514.

- Ghaedi, M., Yousefinejad, M., Safarpour, M., Khafri, H.Z., Purkait, M.K., 2015.** *Rosmarinus officinalis* leaf extract mediated green synthesis of silver nanoparticles and investigation of its antimicrobial properties. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 31:167-172.
- Ghafariarsani, H., Hoseinifar, S.H., Javahery, S., Van Doan, H., 2022.** Effects of dietary vitamin C, thyme essential oil, and quercetin on the immunological and antioxidant status of common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture*, 553:738053.
- Ghafariarsani, H., Kachuei, R., Imani, A., 2021.** Dietary supplementation of garden thyme essential oil ameliorated the deteriorative effects of aflatoxin B1 on growth performance and intestinal inflammatory status of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 531:735928.
- Ghafariarsani, H., Rashidian, G., Sheikhlar, A., Naderi Farsani, M., Hoseinifar, S.H., Van Doan, H., 2021.** The use of dietary oak acorn extract to improve haematological parameters, mucosal and serum immunity, skin mucus bactericidal activity, and disease resistance in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Research*, 52(6):2518-2527.
- Ghelichpour, M., Taheri Mirghaed, A., Mirzargar, S. S., Joshaghani, H., Ebrahimzadeh Mousavi, H., 2017.** Plasma proteins, hepatic enzymes, thyroid hormones and liver histopathology of *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) exposed to an oxadiazin pesticide, indoxacarb. *Aquaculture research*, 48(11):5666-5676.
- Giannenas, I., Bonos, E., Christaki, E., Florou-Paneri, P., 2013.** Essential oils and their applications in animal nutrition. *Medical Aromatic Plants*, 2(140):2167-0412.
- Giannenas, I., Triantafillou, E., Stavrakakis, S., Margaroni, M., Mavridis, S., Steiner, T., Karagouni, E., 2012.** Assessment of dietary supplementation with carvacrol or thymol containing feed additives on performance, intestinal microbiota and antioxidant status of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 350:26-32.
- Goldbeck, J.C., do Nascimento, J.E., Jacob, R.G., Fiorentini, A.M., da Silva, W.P., 2014.** Bioactivity of essential oils from *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus urograndis* against planktonic cells and biofilms of *Streptococcus mutans*. *Industrial Crops and Products*, 60:304-309.
- Gomes-Carneiro, M.R., Felzenszwalb, I., Paumgartten, F.J., 1998.** Mutagenicity testing of ($\pm$)-camphor, 1, 8-cineole, citral, citronellal(-)-menthol and terpineol with the Salmonella/microsome assay. *Mutation research/genetic toxicology and environmental mutagenesis*, 416(1-2):129-136.
- Gómez, G.D., Balcázar, J.L., 2008.** A review on the interactions between gut microbiota and innate immunity of fish. *FEMS Immunology & Medical Microbiology*, 52(2):145-154.
- Gómez-Rincón, C., Langa, E., Murillo, P., Valero, M.S., Berzosa, C., López, V., 2014.** Activity of tea tree (*Melaleuca alternifolia*) essential oil against L3 larvae of *Anisakis simplex*. *BioMed research international*, 2014(549510):6.

- Gonçalves, S., Mansinhos, I., Romano, A., 2020.** Aromatic plants: a source of compounds with antioxidant and neuroprotective effects. In *Oxidative stress and dietary antioxidants in neurological diseases* (pp. 155-173). Academic Press.
- Gora, J., Lis, A., Kula, J., Staniszevska, M., Wołoszyn, A., 2002.** Chemical composition variability of essential oils in the ontogenesis of some plants. *Flavour and Fragrance Journal*, 17(6):445-451.
- Gowda, N.K.S., Ledoux, D.R., Rottinghaus, G.E., Bermudez, A.J., Chen, Y.C., 2008.** Efficacy of turmeric (*Curcuma longa*), containing a known level of curcumin, and a hydrated sodium calcium aluminosilicate to ameliorate the adverse effects of aflatoxin in broiler chicks. *Poultry science*, 87(6):1125-1130.
- Göger, G., Karaca, N., Büyükkılıç, B., Demirci, B., Demirci, F., 2020.** In vitro antimicrobial, antioxidant and anti-inflammatory evaluation of *Eucalyptus globulus* essential oil. *Natural Volatiles and Essential Oils*, 7(3):1-11.
- Greathead, H., 2003.** Plants and plant extracts for improving animal productivity. *Proceedings of the nutrition Society*, 62(2):279-290.
- Guerreiro, E.M., Vestad, B., Steffensen, L.A., Aass, H.C.D., Saeed, M., Øvstebø, R., Søland, T.M., 2018.** Efficient extracellular vesicle isolation by combining cell media modifications, ultrafiltration, and size-exclusion chromatography. *PloS one*, 13(9):e0204276.
- Haghighi, M., Rohani, M.S., 2013.** The effects of powdered ginger (*Zingiber officinale*) on the haematological and immunological parameters of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of medicinal Plant and Herbal therapy research*, 1(1):8-12.
- Hamidpour, R., Hamidpour, S., Hamidpour, M., Shahlari, M., 2013.** Camphor (*Cinnamomum camphora*), a traditional remedy with the history of treating several diseases. *International Journal of Case Reports and Images*, 4(2):86-89.
- Harikrishnan, R., Balasundaram, C., Heo, M.S., 2010.** Herbal supplementation diets on hematology and innate immunity in goldfish against *Aeromonas hydrophila*. *Fish & Shellfish Immunology*, 28(2):354-361.
- Harikrishnan, R., Balasundaram, C., Heo, M.S., 2011.** Impact of plant products on innate and adaptive immune system of cultured finfish and shellfish. *Aquaculture*, 317(1-4):1-15.
- Harikrishnan, R., Devi, G., Van Doan, H., Jawahar, S., Balasundaram, C., Saravanan, K., Jaturasitha, S., 2021.** Study on antioxidant potential, immunological response, and inflammatory cytokines induction of glycyrrhizic acid (GA) in silver carp against vibriosis. *Fish & Shellfish Immunology*, 119:193-208.
- Harikrishnan, R., Rani, M.N., Balasundaram, C., 2003.** Hematological and biochemical parameters in common carp, *Cyprinus carpio*, following herbal treatment for *Aeromonas hydrophila* infection. *Aquaculture*, 221(1-4):41-50.

- Harkat-Madouri, L., Asma, B., Madani, K., Said, Z.B.O.S., Rigou, P., Grenier, D., Boulekbache-Makhlouf, L., 2015.** Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of essential oil of *Eucalyptus globulus* from Algeria. *Industrial Crops and Products*, 78:148-153.
- Harmon, T.S., 2009.** Methods for reducing stressors and maintaining water quality associated with live fish transport in tanks: a review of the basics. *Reviews in Aquaculture*, 1(1):58-66.
- Hernandez, F., Madrid, J., Garcia, V., Orengo, J., Megias, M. D., 2004.** Influence of two plant extracts on broilers performance, digestibility, and digestive organ size. *Poultry science*, 83(2):169-174.
- Hoseini, S.M., Mirghaed, A.T., Iri, Y., Ghelichpour, M., 2018.** Effects of dietary cineole administration on growth performance, hematological and biochemical parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 495:766-772.
- Hoseini, S.M., Taheri Mirghaed, A., Yousefi, M., 2019.** Application of herbal anaesthetics in aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 11(3):550-564.
- Hoseinifar, S.H., Sun, Y.Z., Wang, A., Zhou, Z., 2018.** Probiotics as means of diseases control in aquaculture, a review of current knowledge and future perspectives. *Frontiers in microbiology*, 9:2429.
- Huffman, M.A., Gotoh, S., Turner, L.A., Hamai, M., Yoshida, K., 1997.** Seasonal trends in intestinal nematode infection and medicinal plant use among chimpanzees in the Mahale Mountains, Tanzania. *Primates*, 38:111-125.
- Iguchi, K.I., Ogawa, K., Nagae, M., Ito, F., 2003.** The influence of rearing density on stress response and disease susceptibility of ayu (*Plecoglossus altivelis*). *Aquaculture*, 220(1-4):515-523.
- Inamuco, J., Veenendaal, A.K., Burt, S.A., Post, J.A., Tjeerdsma-van Bokhoven, J.L., Haagsman, H.P., Veldhuizen, E.J., 2012.** Sub-lethal levels of carvacrol reduce *Salmonella typhimurium* motility and invasion of porcine epithelial cells. *Veterinary microbiology*, 157(1-2):200-207.
- Inouye, S., Uchida, K., Abe, S., 2006.** Vapor activity of 72 essential oils against a *Trichophyton mentagrophytes*. *Journal of Infection and Chemotherapy*, 12(4):210-216.
- Iwama, G.K., Greer, G.L., Larkin, P.A., 1976.** Changes in some hematological characteristics of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) in response to acute exposure to dehydroabietic acid (DHAA) at different exercise levels. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 33(2):285-289.
- Jackim, E., Hamlin, J.M., Sonis, S., 1970.** Effects of metal poisoning on five liver enzymes in the killifish (*Fundulus heteroclitus*). *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 27(2):383-390.

- Jafri, H., Ansari, F.A., Ahmad, I., 2019.** Prospects of essential oils in controlling pathogenic biofilm. In *New look to phytomedicine* (pp. 203-236). Academic Press.
- Jamil, K., Asmuddin, M., Ranawat, B., Rao, C., 2017.** Estimation of antibacterial activity of plants extracts from *Phyllanthus emblica*, *Terminalia chebula* and *Eucalyptus globulus* against oral pathogens. *International Journal of Oral and Dental Health*, 3:100-104.
- Jerbi, A., Derbali, A., Elfeki, A., Kammoun, M., 2017.** Essential oil composition and biological activities of *Eucalyptus globulus* leaves extracts from Tunisia. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20(2):438-448.
- Jia, R., Gu, Z., He, Q., Du, J., Cao, L., Jeney, G., Yin, G., 2019.** Anti-oxidative, anti-inflammatory and hepatoprotective effects of Radix Bupleuri extract against oxidative damage in tilapia (*Oreochromis niloticus*) via Nrf2 and TLRs signaling pathway. *Fish & shellfish immunology*, 93:395-405.
- Joshi, A., Sharma, A., Bachheti, R.K., Pandey, D.P., 2016.** A comparative study of the chemical composition of the essential oil from *Eucalyptus globulus* growing in Dehradun (India) and around the world. *Oriental Journal of Chemistry*, 32(1):331-340.
- Kalemba, D., Synowiec, A., 2019.** Agrobiological interactions of essential oils of two menthol mints: *Mentha piperita* and *Mentha arvensis*. *Molecules*, 25(1):59.
- Kamatou, G.P., Vermaak, I., Viljoen, A.M., Lawrence, B.M., 2013.** Menthol: a simple monoterpene with remarkable biological properties. *Phytochemistry*, 96:15-25.
- Kapoorchali, M.F., Fatemi, S.R., Vosoghy, G., Matinfar, M., Sharifian, M., 2009.** Increasing in growth of *Rutilus frisii kutum* larvae with using slurry (fermented organic manure) in Yosefpoor propagation and rearing center (Iran). *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 4(1):22-31.
- Khanjani, M.H., Sharifinia, M., 2020.** Biofloc technology as a promising tool to improve aquaculture production. *Reviews in aquaculture*, 12(3):1836-1850.
- Khanjani, M.H., Sharifinia, M., Hajirezaee, S., 2022.** Recent progress towards the application of biofloc technology for tilapia farming. *Aquaculture*, 738021.
- Kula, J., Majda, T., Stoyanova, A., Georgiev, E., 2007.** Chemical composition of *Origanum vulgare* L. essential oil from Bulgaria. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 10(3):215-220.
- Kumar, M., Ando, Y., 2003.** Camphor—a botanical precursor producing garden of carbon nanotubes. *Diamond and related materials*, 12(3-7):998-1002.
- Kumar, P., Sharma, P.K., 2020.** Soil salinity and food security in India. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4:533781.
- Kumar, S., Zavaliev, R., Wu, Q., Zhou, Y., Cheng, J., Dillard, L., Zhou, P., 2022.** Structural basis of NPR1 in activating plant immunity. *Nature*, 605(7910):561-566.

- Laparra, J.M., Sanz, Y., 2010.** Interactions of gut microbiota with functional food components and nutraceuticals. *Pharmacological research*, 61(3):219-225.
- Ley, R.E., Lozupone, C.A., Hamady, M., Knight, R., Gordon, J.I., 2008.** Worlds within worlds: evolution of the vertebrate gut microbiota. *Nature Reviews Microbiology*, 6(10):776-788.
- Lin, L., Cunshan, Z., Vittayapadung, S., Xiangqian, S., Mingdong, D., 2011.** Opportunities and challenges for biodiesel fuel. *Applied energy*, 88(4):1020-1031.
- Maciel, M.V., Morais, S.M., Bevilaqua, C.M.L., Silva, R.A., Barros, R.S., Sousa, R.N., Souza-Neto, M.A., 2010.** Chemical composition of *Eucalyptus* spp. essential oils and their insecticidal effects on *Lutzomyia longipalpis*. *Veterinary parasitology*, 167(1):1-7.
- Madreseh-Ghahfarokhi, S., Pirali, Y., Dehghani-Samani, A., 2018.** The insecticidal and repellent activity of ginger (*Zingiber officinale*) and eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) essential oils against *Culex theileri* Theobald, 1903 (Diptera: Culicidae). *Annals of parasitology*, 64:4.
- Magouz, F.I., Mahmoud, S.A., El-Morsy, R.A., Paray, B.A., Soliman, A.A., Zaineldin, A.I., Dawood, M.A., 2021.** Dietary menthol essential oil enhanced the growth performance, digestive enzyme activity, immune-related genes, and resistance against acute ammonia exposure in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 530:735944.
- Malabadi, R.B., Kolkar, K.P., Meti, N.T., Chalannavar, R.K., 2021.** Camphor tree, *Cinnamomum camphora* (L.); Ethnobotany and pharmacological updates. *Biomedicine*, 41(2):181-184.
- Manuale, D.L., Betti, C., Marchi, A.J., Yori, J.C., Romeo, E., 2010.** Synthesis of liquid menthol by hydrogenation of dementholized peppermint oil over Ni catalysts. *Química Nova*, 33:1231-1234.
- Mazandarani, M., Hoseini, S.M., 2017.** Anaemia and plasma lipid profile in common carp (*Cyprinus carpio*) exposed to ambient copper sulphate and nano-scale copper oxide. *Aquaculture Research*, 48(3):844-852.
- Merino, G., Barange, M., Blanchard, J.L., Harle, J., Holmes, R., Allen, I., Rodwell, L. D., 2012.** Can marine fisheries and aquaculture meet fish demand from a growing human population in a changing climate? *Global Environmental Change*, 22(4):795-806.
- Michiels, J., Missotten, J., Van Hoorick, A., Oryn, A., Fremaut, D., De Smet, S., Dierick, N., 2010.** Effects of dose and formulation of carvacrol and thymol on bacteria and some functional traits of the gut in piglets after weaning. *Archives of animal nutrition*, 64(2):136-154.
- Miranda, C.D., Zemelman, R., 2002.** Bacterial resistance to oxytetracycline in Chilean salmon farming. *Aquaculture*, 212(1-4):31-47.

- Mirghaed, A.T., Hoseini, S.M., Hoseinifar, S.H., Van Doan, H., 2020.** Effects of dietary thyme (*Zataria multiflora*) extract on antioxidant and immunological responses and immune-related gene expression of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles. *Fish & Shellfish Immunology*, 106:502-509.
- Mishra, N., Pandey, P.K., Munshi, J.S., 1977.** Some Aspects of Haematology of an Air Breathing Indian Mud Eel, *Amphipnous cuchia*. *Japanese Journal of Ichthyology*, 24(3):176-181.
- Mohammadi, G., Rashidian, G., Hoseinifar, S.H., Naserabad, S.S., Van Doan, H., 2020.** Ginger (*Zingiber officinale*) extract affects growth performance, body composition, haematology, serum and mucosal immune parameters in common carp (*Cyprinus carpio*). *Fish & Shellfish Immunology*, 99: 267-273.
- Morgan, J.D., Sakamoto, T., Grau, E.G., Iwama, G.K., 1997.** Physiological and respiratory responses of the Mozambique tilapia (*Oreochromis mossambicus*) to salinity acclimation. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology*, 117(3):391-398.
- Motamedi-Tehrani, J., Ebrahimi-Dorcheh, E., Goli, S.A.H., 2016.** Effect of pistachio (*Pistacia vera*) hull extract on growth performance, body composition, total phenolic compound and fillets peroxide value of common carp, *Cyprinus carpio*. *Aquaculture Nutrition*, 22(2):479-484.
- Mugwanya, M., Dawood, M.A., Kimera, F., Sewilam, H., 2021.** Updating the role of probiotics, prebiotics, and synbiotics for tilapia aquaculture as leading candidates for food sustainability: A review. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 1-28.
- Mulyaningsih, S., Sporer, F., Reichling, J., Wink, M., 2011.** Antibacterial activity of essential oils from *Eucalyptus* and of selected components against multidrug-resistant bacterial pathogens. *Pharmaceutical biology*, 49(9):893-899.
- Nazzaro, F., Fratianni, F., De Martino, L., Coppola, R., De Feo, V., 2013.** Effect of essential oils on pathogenic bacteria. *Pharmaceuticals*, 6(12):1451-1474.
- Niu, Q., Huang, X., Zhang, L., Li, Y., Li, J., Yang, J., Zhang, K., 2006.** A neutral protease from *Bacillus nematocida*, another potential virulence factor in the infection against nematodes. *Archives of microbiology*, 185:439-448.
- Noumi, E., Snoussi, M., Bakhrouf, A., 2010.** In vitro effect of *Melaleuca alternifolia* and *Eucalyptus globulus* essential oils on mycelia formation by oral *Candida albicans* strains. *African Journal of Microbiology Research*, 4(12):1332-1336.
- Obeizi, Z., Benbouzid, H., Bouarroudj, T., Bououdina, M., 2021.** Excellent antimicrobial and anti-biofilm activities of Fe–SnO₂ nanoparticles as promising antiseptics and disinfectants. *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology*, 12(1):015003.
- Oecd, F.A.O., 2022.** OECD-FAO Agricultural Outlook 2022-2031.

- Okukpe, K.M., Yusuf, O.A., Adeyemo, A.D., Omotayo, O.O., Adeyina, A.O., Alli, I.O., Morakinyo, O.S., 2018.** Effects of *Vernonia amygdalina* leaf powder on growth performance of *Clarias gariepinus*. *Nigerian Journal of Animal Science*, 20(3):180-188.
- Oni, S.K., Olayemi, J.Y., Adegboye, J.D., 1983.** Comparative physiology of three ecologically distinct freshwater fishes, *Alestes nurse* Ruppell, *Synodontis schall* Broch & Schneider and *Tilapia zillii* Gervais. *Journal of Fish Biology*, 22(1):105-109.
- Ouwehand, A.C., Tiihonen, K., Kettunen, H., Peuranen, S., Schulze, H., Rautonen, N., 2010.** In vitro effects of essential oils on potential pathogens and beneficial members of the normal microbiota. *Veterinarni Medicina*, 55(2):71-78.
- Park, J.W., Wendt, M., Heo, G.J., 2016.** Antimicrobial activity of essential oil of *Eucalyptus globulus* against fish pathogenic bacteria. *Laboratory Animal Research*, 32:87-90.
- Parrino, V., Cappello, T., Costa, G., Cannavà, C., Sanfilippo, M., Fazio, F., Fasulo, S., 2018.** Comparative study of haematology of two teleost fish (*Mugil cephalus* and *Carassius auratus*) from different environments and feeding habits. *The European Zoological Journal*, 85(1):193-199.
- Patel, T., Ishiuj, Y., Yosipovitch, G., 2007.** Menthol: a refreshing look at this ancient compound. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 57(5):873-878.
- Paula-Freire, L.I.G., Molska, G.R., Andersen, M.L., de Araújo Carlini, E.L., 2016.** *Ocimum gratissimum* essential oil and its isolated compounds (eugenol and myrcene) reduce neuropathic pain in mice. *Planta Medica*, 82(03):211-216.
- Pino, J.A., Moncayo-Molina, L., Spengler, I., Pérez, J.C., 2021.** Chemical composition and antibacterial activity of the leaf essential oil of *Eucalyptus globulus* Labill. from two highs of the canton Cañar, Ecuador. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, 52(1):26-33.
- Prabuseenivasan, S., Jayakumar, M., Ignacimuthu, S., 2006.** In vitro antibacterial activity of some plant essential oils. *BMC complementary and alternative medicine*, 6(1):1-8.
- Prasch, S., Bucar, F., 2015.** Plant derived inhibitors of bacterial efflux pumps: an update. *Phytochemistry reviews*, 14:961-974.
- Raa, J., 1996.** The use of immunostimulatory substances in fish and shellfish farming. *Reviews in Fisheries Science*, 4(3):229-288.
- Rahman, A.U., 2020.** *Studies in natural products chemistry*. Elsevier.
- Raissy, M., Ahmadi Kabootarkhani, M., Sanisales, K., Mohammadi, M., Rashidian, G., 2022.** The Synergistic Effects of Combined Use of *Mentha longifolia*, *Thymus carmanicus*, and *Trachyspermum copticum* on Growth Performance, Feed Utilization,

and Expression of Key Immune Genes in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Frontiers in Veterinary Science*, 8:1596.

- Raissy, M., Ghafarifarsani, H., Hoseinifar, S.H., El-Haroun, E.R., Naserabad, S.S., Van Doan, H., 2022.** The effect of dietary combined herbs extracts (oak acorn, coriander, and common mallow) on growth, digestive enzymes, antioxidant and immune response, and resistance against *Aeromonas hydrophila* infection in common carp, *Cyprinus carpio*. *Aquaculture*, 546:737287.
- Rashidat, T., Ibitayo, A., 2018.** Growth response, nutrient utilization, biochemical and hematological parameters of Juvenile African catfish (*Clarias gariepinus*) fed diet supplemented with *Gongronema latifolia* (benth) extract. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 22(4):167-179.
- Rashidian, G., Bahrami Gorji, S., Farsani, M.N., Prokić, M.D., Faggio, C., 2020.** The oak (*Quercus brantii*) acorn as a growth promotor for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): growth performance, body composition, liver enzymes activity and blood biochemical parameters. *Natural Product Research*, 34(17):2413-2423.
- Rashidian, G., Shahin, K., Elshopakey, G.E., Mahboub, H.H., Fahim, A., Elabd, H., Faggio, C., 2022.** The dietary effects of nutmeg (*Myristica fragrans*) extract on growth, hematological parameters, immunity, antioxidant status, and disease resistance of common carp (*Cyprinus carpio*) against *Aeromonas hydrophila*. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(3):325.
- Ren, M., Habte-Tsion, H.M., Liu, B., Miao, L., Ge, X., Xie, J., Pan, L., 2015.** Dietary leucine level affects growth performance, whole body composition, plasma parameters and relative expression of TOR and TNF- α in juvenile blunt snout bream, *Megalobrama amblycephala*. *Aquaculture*, 448:162-168.
- Reverter, M., Bontemps, N., Lecchini, D., Banaigs, B., Sasal, P., 2014.** Use of plant extracts in fish aquaculture as an alternative to chemotherapy: current status and future perspectives. *Aquaculture*, 433:50-61.
- Rico, A., Phu, T.M., Satapornvanit, K., Min, J., Shahabuddin, A.M., Henriksson, P.J., Van den Brink, P.J., 2013.** Use of veterinary medicines, feed additives and probiotics in four major internationally traded aquaculture species farmed in Asia. *Aquaculture*, 412:231-243.
- Romero Ormazábal, J., Navarrete Wallace, P., Magne, F., Araneda, C., Fuentes, P., Barros, L., Espejo Torres, R., 2012.** PCR-TTGE Analysis of 16S rRNA from Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Gut Microbiota Reveals Host-Specific Communities of Active Bacteria. *PLOS ONE*, 7(2):e31335.
- Roomiani, L., Soltani, M., Akhondzadeh Basti, A., Mahmoodi, A., Taheri, A., Taheri Mirghaed, A., Yadollahi, F., 2013.** Evaluation of the chemical composition and in vitro antimicrobial activity of *Rosmarinus officinalis*, *Zataria multiflora*, *Anethum graveolens* and *Eucalyptus globulus* against *Streptococcus iniae* the cause of zoonotic disease in farmed fish.

- Ruane, N.M., Bonga, S.W., Balm, P.H.M.,** 1999. Differences between rainbow trout and brown trout in the regulation of the pituitary–interrenal axis and physiological performance during confinement. *General and comparative endocrinology*, 115(2):210-219.
- Saccol, E.M.H., Parrado-Sanabria, Y.A., Gagliardi, L., Jerez-Cepa, I., Mourão, R.H. V., Heinzmann, B.M., Martos-Sitcha, J.A.,** 2018. *Myrcia sylvatica* essential oil in the diet of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) attenuates the stress response induced by high stocking density. *Aquaculture Nutrition*, 24(5):1381-1392.
- Sakai, M.,** 1999. Current research status of fish immunostimulants. *Aquaculture*, 172(1-2):63-92.
- Sarhadi, I., Alizadeh, E., Ahmadifar, E., Adineh, H., Dawood, M.A.,** 2020. Skin Mucosal, Serum Immunity and Antioxidant Capacity of Common Carp Fed Artemisia. *Annals of Animal Science*, 20(3):1011-1027.
- Seyfried, E.E., Newton, R.J., Rubert, K.F., Pedersen, J.A., McMahon, K.D.,** 2010. Occurrence of tetracycline resistance genes in aquaculture facilities with varying use of oxytetracycline. *Microbial ecology*, 59:799-807.
- Shaluei, F., Nematollahi, A., Naderi-Farsani, H.R., Rahimi, R., Kaboutari Katadj, J.,** 2017. Effect of ethanolic extract of *Zingiber officinale* on growth performance and mucosal immune responses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition*, 23(4):814-821.
- Shapira, S., Pleban, S., Kazanov, D., Tirosh, P., Arber, N.,** 2016. Terpinen-4-ol: A novel and promising therapeutic agent for human gastrointestinal cancers. *PloS one*, 11(6):e0156540.
- Sharifrohani, M., Sharifpour, I., Sepahdari, A., Darvishi, D., Vali, A., Kodoori, M., Nakhai, N.,** 2012. Effect of *Satureja hortensis* extracted oil on *Aspergillus flavus* fish feed. Iranian Fisheries Science Research Institute, Iran.
- Sharma, A.D., Kaur, I., Singh, N.,** 2021. Synthesis, Characterization, and In Vitro Drug Release and In Vitro Antibacterial Activity of O/W Nanoemulsions Loaded with Natural *Eucalyptus Globulus* Essential Oil. *International Journal of Nanoscience and Nanotechnology*, 17(3):191-207.
- Sheikhzadeh, N., Soltani, M., Mousavi, H.E., Khosravi, A.R., Bagheri, H., Fathi, E., Zargar, A.,** 2009. Effects of *Eucalyptus globules* labill essential oil on some immunological variables of common carp (*Cyprinus carpio*). *Journal of Veterinary Research*, 64(1).
- Sheikhzadeh, N., Soltani, M., Ebrahimzadeh-Mousavi, H. A., Shahbazian, N., Norouzi, M.,** 2011. Effects of *Zataria multiflora* and *Eucalyptus globolus* essential oils on haematological parameters and respiratory burst activity in *Cyprinus carpio*.
- Si, W., Gong, J., Chanas, C., Cui, S., Yu, H., Caballero, C., Friendship, R.M.,** 2006. In vitro assessment of antimicrobial activity of carvacrol, thymol and cinnamaldehyde

- towards *Salmonella* serotype Typhimurium DT104: effects of pig diets and emulsification in hydrocolloids. *Journal of Applied Microbiology*, 101(6):1282-1291.
- Soivio, A., Oikari, A.,** 1976. Haematological effects of stress on a teleost, *Esox lucius* L. *Journal of fish biology*, 8(5):397-411.
- Soltani, M., Sheikhzadeh, N., Ebrahimzadeh-Mousavi, H.A., Zargar, A.,** 2010. Effects of *Zataria multiflora* essential oil on innate immune responses of common carp (*Cyprinus carpio*). *Journal of Fisheries and Aquatic science*, 5(4):191-199.
- Souza, C.F., Baldissera, M.D., Guarda, N.S., Bollick, Y.S., Moresco, R.N., Brusque, I.C.M., Baldisserotto, B.,** 2017. *Melaleuca alternifolia* essential oil nanoparticles ameliorate the hepatic antioxidant/oxidant status of silver catfish experimentally infected with *Pseudomonas aeruginosa*. *Microbial pathogenesis*, 108:61-65.
- Stashenko, E.E., Martínez, J.R.,** 2008. Sampling flower scent for chromatographic analysis. *Journal of Separation Science*, 31(11):2022-2031.
- Stavri, M., Piddock, L.J., Gibbons, S.,** 2007. Bacterial efflux pump inhibitors from natural sources. *Journal of antimicrobial chemotherapy*, 59(6):1247-1260.
- Stentiford, G.D., Bateman, I.J., Hinchliffe, S.J., Bass, D., Hartnell, R., Santos, E.M., Tyler, C.R.,** 2020. Sustainable aquaculture through the One Health lens. *Nature Food*, 1(8):468-474.
- Suttili, F.J., Gatlin III, D.M., Heinzmann, B.M., Baldisserotto, B.,** 2018. Plant essential oils as fish diet additives: benefits on fish health and stability in feed. *Reviews in Aquaculture*, 10(3):716-726.
- Swamy, M.K., Akhtar, M.S., Sinniah, U.R.,** 2016. Antimicrobial properties of plant essential oils against human pathogens and their mode of action: an updated review. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2016:21.
- Tan, M., Zhou, L., Huang, Y., Wang, Y., Hao, X., Wang, J.,** 2008. Antimicrobial activity of globulol isolated from the fruits of *Eucalyptus globulus* Labill. *Natural Product Research*, 22(7):569-575.
- Taştan, Y., Salem, M.O.A.,** 2021. Use of phytochemicals as feed supplements in aquaculture: A review on their effects on growth, immune response, and antioxidant status of finfish. *Journal of Agricultural Production*, 2(1):32-43.
- Taur, D.J., Kulkarni, V.B., Patil, R.Y.,** 2010. Chromatographic evaluation and anthelmintic activity of *Eucalyptus globulus* oil. *Pharmacognosy research*, 2(3):125.
- Thapa, D., Losa, R., Zweifel, B., Wallace, R. J.,** 2012. Sensitivity of pathogenic and commensal bacteria from the human colon to essential oils. *Microbiology*, 158(11):2870-2877.
- Tisserand, R., Young, R.,** 2013. *Essential oil safety: a guide for health care professionals*. Elsevier Health Sciences.

- Tisserand, R., Young, R.,** 2014. Essential oil safety. A Guide for Health Care Professionals. Chapter 13. Essential oil profiles.
- Tomazoni, E.Z., Pauletti, G.F., da Silva Ribeiro, R.T., Moura, S., Schwambach, J.,** 2017. In vitro and in vivo activity of essential oils extracted from *Eucalyptus staigeriana*, *Eucalyptus globulus* and *Cinnamomum camphora* against *Alternaria solani* Sorauer causing early blight in tomato. *Scientia Horticulturae*, 223:72-77.
- Tongnuanchan, P., Benjakul, S.,** 2014. Essential oils: extraction, bioactivities, and their uses for food preservation. *Journal of food science*, 79(7):R1231-R1249.
- Torrealba, D., More-Bayona, J.A., Wakaruk, J., Barreda, D.R.,** 2019. Innate immunity provides biomarkers of health for teleosts exposed to nanoparticles. *Frontiers in immunology*, 9:3074.
- Tort, L.,** 2011. Stress and immune modulation in fish. *Developmental & Comparative Immunology*, 35(12):1366-1375.
- Usman, L.A., Oguntoye, O.S., Ismaeel, R.O.,** 2020. Effect of seasonal variation on chemical composition, antidiabetic and antioxidant potentials of leaf essential oil of *Eucalyptus globulus* L. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 23(6):1314-1323.
- Van Hai, N.,** 2015. The use of medicinal plants as immunostimulants in aquaculture: A review. *Aquaculture*, 446:88-96.
- Venkatramalingam, K., Christopher, J.G., Citarasu, T.,** 2007. *Zingiber officinalis* an herbal appetizer in the tiger shrimp *Penaeus monodon* (Fabricius) larviculture. *Aquaculture Nutrition*, 13(6):439-443.
- Vigo, E., Cepeda, A., Perez-Fernandez, R., Gualillo, O.,** 2004. In-vitro anti-inflammatory effect of *Eucalyptus globulus* and *Thymus vulgaris*: nitric oxide inhibition in J774A. 1 murine macrophages. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 56(2):257-263.
- Walsh, C.,** 2000. Molecular mechanisms that confer antibacterial drug resistance. *Nature*, 406(6797):775-781.
- Wang, W., Li, D., Huang, X., Yang, H., Qiu, Z., Zou, L., Li, Y.,** 2019. Study on antibacterial and quorum-sensing inhibition activities of *Cinnamomum camphora* leaf essential oil. *Molecules*, 24(20):3792.
- Wangkahart, E., Wachiraamonloed, S., Lee, P.T., Subramani, P.A., Qi, Z., Wang, B.,** 2022. Impacts of *Aegle marmelos* fruit extract as a medicinal herb on growth performance, antioxidant and immune responses, digestive enzymes, and disease resistance against *Streptococcus agalactiae* in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Fish & Shellfish Immunology*, 120:402-410.
- Wendelaar Bonga, S.E.,** 1997. The stress response in fish. *Physiological reviews*, 77(3):591-625.
- White, A., Hughes, J.M.,** 2019. Critical importance of a one health approach to antimicrobial resistance. *EcoHealth*, 16:404-409.

- Windisch, W., Schedle, K., Plitzner, C., Kroismayr, A., 2008.** Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of animal science*, 86(suppl_14): E140-E148.
- Wong, S., Rawls, J.F., 2012.** Intestinal microbiota composition in fishes is influenced by host ecology and environment. *Molecular Ecology*, 21(13):3100-2.
- Xu, A., Shang-Guan, J., Li, Z., Gao, Z., Huang, Y.C., Chen, Q., 2020.** Effects of dietary Chinese herbal medicines mixture on feeding attraction activity, growth performance, nonspecific immunity and digestive enzyme activity of Japanese seabass (*Lateolabrax japonicus*). *Aquaculture Reports*, 17:100304.
- Yang, F., Long, E., Wen, J., Cao, L., Zhu, C., Hu, H., Lv, Z., 2014.** Linalool, derived from *Cinnamomum camphora* (L.) Presl leaf extracts, possesses molluscicidal activity against *Oncomelania hupensis* and inhibits infection of *Schistosoma japonicum*. *Parasites & vectors*, 7(1):1-13.
- Yang, X.N., Khan, I., Kang, S.C., 2015.** Chemical composition, mechanism of antibacterial action and antioxidant activity of leaf essential oil of *Forsythia koreana* deciduous shrub. *Asian Pacific journal of tropical medicine*, 8(9):694-700.
- Yap, P.S.X., Yiap, B.C., Ping, H.C., Lim, S.H.E., 2014.** Essential oils, a new horizon in combating bacterial antibiotic resistance. *The open microbiology journal*, 8:6.
- Yilmaz, S., Ergün, S., Çelik, E.Ş., 2016.** Effect of dietary spice supplementations on welfare status of sea bass, *Dicentrarchus labrax* L. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 86:229-237.
- Yilmaz, S., Yilmaz, E., Dawood, M.A., Ringø, E., Ahmadifar, E., Abdel-Latif, H.M., 2022.** Probiotics, prebiotics, and synbiotics used to control vibriosis in fish: A review. *Aquaculture*, 547:737514.
- Yin, G., Cao, L., Xu, P., Jeney, G., Nakao, M., 2011.** Hepatoprotective and antioxidant effects of *Hibiscus sabdariffa* extract against carbon tetrachloride-induced hepatocyte damage in *Cyprinus carpio*. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Animal*, 47:10-15.
- Yousefi, M., Hoseini, S.M., Vatnikov, Y.A., Kulikov, E.V., Drukovsky, S.G., 2019.** Rosemary leaf powder improved growth performance, immune and antioxidant parameters, and crowding stress responses in common carp (*Cyprinus carpio*) fingerlings. *Aquaculture*, 505:473-480.
- Yousefi, M., Zahedi, S., Reverter, M., Adineh, H., Hoseini, S.M., Van Doan, H., Hoseinifar, S.H., 2021.** Enhanced growth performance, oxidative capacity and immune responses of common carp, *Cyprinus carpio* fed with *Artemisia absinthium* extract-supplemented diet. *Aquaculture*, 545:737167.
- Yu, D., Wang, J., Shao, X., Xu, F., Wang, H., 2015.** Antifungal modes of action of tea tree oil and its two characteristic components against *Botrytis cinerea*. *Journal of applied microbiology*, 119(5):1253-1262.

- Zainudin, Z., Azim, M.M., 2010.** Study on the antibacterial and antifungal effects of camphor oil; *Cinnamomum camphora* with emphasis on the control of overpopulation of tilapia. *Doctoral dissertation*, Universiti Putra Malaysia.
- Zeppenfeld, C.C., Toni, C., Becker, A.G., Santos M.D., Parodi, T.V., Heinzmann, B.M., Baldisserotto, B., 2014.** Physiological and biochemical responses of silver catfish, *Rhamdia quelen*, after transport in water with essential oil of *Aloysia triphylla* (L'Herit) Britton. *Aquaculture*, 418:101-107.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Ulviye KARACALAR

Yabancı Dil: İngilizce

Eğitim ve Mesleki Deneyim Bilgileri:

- 1985 yılında Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'ni kazandı. 1987-1992 yılları arasında eğitime bir süre ara verdikten sonra 1994 yılında fakülteden mezun oldu.
- 1995 yılında Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Araştırma Görevliliği sınavını kazandı.
- 2011-2016 yılları arasında Tunceli Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Ürünleri Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimini yaptı.
- 2017 yılında Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Ürünleri Anabilim Dalında doktora eğitimine başladı.

