T.C.

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ

GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss*)'NDA LİMON VE PORTAKAL KABUĞU YAĞININ ANESTEZİK ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Ferhat BAKIR

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEMMUZ 2023

ANTALYA

T.C.

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ

GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss*)'NDA LİMON VE PORTAKAL KABUĞU YAĞININ ANESTEZİK ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Ferhat BAKIR

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEMMUZ 2023

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss*)'NDA LİMON VE PORTAKAL KABUĞU YAĞININ ANESTEZİK ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Ferhat BAKIR
SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FYL-2022-6080 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEMMUZ 2023

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÖKKUŞAĞI ALABALIĞI (*Oncorhynchus mykiss*)'NDA LİMON VE PORTAKAL KABUĞU YAĞININ ANESTEZİK ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Ferhat BAKIR

SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 28/07/2023 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Baki AYDIN (Danışman)

Doç. Dr. Hüseyin SEVGİLİ

Doç. Dr. Mesut YILMAZ

ÖZET

GÖKKUŞAĞI ALABALIĞINDA (*Oncorhynchus mykiss*) LİMON VE PORTAKAL KABUĞU YAĞININ ANESTEZİK ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Ferhat BAKIR

Yüksek Lisans Tezi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Baki AYDIN

Temmuz 2023; 51 sayfa

Son yıllarda insanlarda görülen hastalıkların artışına ve çevre kirliliğine bağlı olarak sentetik ürünler yerine doğal kaynaklı ürünlerin kullanımı giderek artmaktadır. Bu eğilim insan beslenmesinde önemli bir gıda ürünü olan su ürünleri sektöründe de görülmektedir. Bu tez çalışmasında ülkemizde yoğun olarak üretimi yapılan gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) üzerinde limon ve portakal kabuğu yağının anestezik madde olarak kullanılabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla ortalama ağırlığı 51 g olan gökkuşağı alabalığı limon ve portakal kabuğu yağlarının farklı dozlarına (500, 1000, 2000, 3000, 4000 ve 5000 µL/L) maruz bırakılmıştır. Denemede anesteziye giriş ve çıkış süreleri her balık için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Ayrıca limon yağı (2000 ve 5000 µL/L), portakal yağı (2000 ve 5000 µL/L) ve 2-fenoksietanol (250 ve 750 µL/L) ile anestezi sonrasında bu anesteziklerin balıkların kan parametrelerine olan etkilerinin incelenmesi amacıyla kan alımı yapılmıştır. Deneme sonuçlarına göre anestezik madde konsantrasyon değerleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılıkların olduğu, limon ve portakal yağının dozu arttıkça anesteziye giriş süresinin kısaldığı görülmüştür ($P<0,05$). Bununla birlikte, anesteziklerin kullanım dozu arttıkça balıkların anesteziden çıkış sürelerinin de kısaldığı belirlenmiştir ($P<0,05$). Deneme sonucunda balıklar 5000 µL/L limon yağı içeren dozda 3 dakika altında anesteziye girdiği ve 5 dakikadan daha kısa bir sürede anesteziden çıktığı görülmüştür. Portakal yağında ise limon yağına göre balıkları bayıltmada (> 8,0 dakika) ve ayıltmada (> 5,8 dakika) daha geç bir süre gerçekleştiği tespit edilmiştir. Limon yağı, portakal yağı ve 2-fenoksietanol ile bayıltılan balıkların kan serum parametrelerinden trigliserit, kalsiyum ve potasyum değerlerinde gruplar arasında önemli farklılıkların olduğu tespit edilmiştir ($P<0,05$). Elde edilen bulgular ışığında limon yağında en uygun konsantrasyon değerinin 5000 µL/L olduğu ve limon yağının portakal yağına göre gökkuşağı alabalıklarında anestezik olarak daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Anestezi, bitkisel anestezik madde, alabalık, su ürünleri yetiştiriciliği

JÜRİ: Doç. Dr. Baki AYDIN

Doç. Dr. Hüseyin SEVGİLİ

Doç. Dr. Mesut YILMAZ

ABSTRACT

ANESTHETICS EFFICACY OF LEMON AND ORANGE PEEL OIL IN RAINBOW TROUT (*Oncorhynchus mykiss*)

Ferhat BAKIR

MSc Thesis in Aquaculture

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Baki AYDIN

July 2023; 51 pages

In recent years, because of the increase in human diseases and environmental pollution, the use of natural products instead of synthetics has been increasing. This trend is also seen in the aquaculture sector, which is an important food product in human nutrition. In this thesis, the use of lemon and orange peel oil as an anesthetic agent was investigated on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Trout with an average fish weight of 51 g were used in the experiments. For anesthesia, fish were exposed to different doses (500, 1000, 2000, 3000, 4000, and 5000 µL/L) of lemon and orange peel oils. The induction and recovery times for each fish was separately evaluated. In addition, the effects of selected lemon oil (2000 and 5000 µL/L), orange oil (2000 and 5000 µL/L) and 2-phenoxyethanol (250 and 750 µL/L) on the blood parameters of fish after anesthesia were investigated. There were statistically significant differences between the anesthetic substance concentration values, and as the dose of lemon and orange oil increased, the time to enter anesthesia was shortened ($P<0.05$). However, it was determined that as the dose of anesthetics increased, the recovery time from anesthesia decreased ($P<0.05$). It was observed that the fish entered anesthesia in less than 3 minutes at the dose containing 5000 µL/L lemon oil and recovery time of anesthesia in less than 5 minutes. However, orange oil doses showed longer induction (> 8.0 minutes) and recovery (> 5.8 minutes) times than those anesthetized with lemon oil. After the fish were anesthetized with different concentrations of lemon oil, orange oil and 2-phenoxyethanol, the serum parameters of the fish including triglyceride, calcium, and potassium values significantly changed between the groups ($P<0.05$). These findings showed that the optimum concentration of lemon oil was 5000 µL/L, and that lemon oil was more effective as an anesthetic agent in rainbow trout than orange oil.

KEYWORDS: Aquaculture, Anesthesia, Herbal anesthetics, Rainbow trout

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. Baki AYDIN

Assoc. Prof. Dr. Hüseyin SEVGİLİ

Assoc. Prof. Dr. Mesut YILMAZ

ÖNSÖZ

Sürdürülebilir bir su ürünleri yetiştiricilik sektörü için balıkların minimum stres altında yetiştiriliyor olması önemlidir. Su ürünleri araştırmaları ve balık çiftliklerinde sağım, tartım, boylama, aşı, transfer ve hasat gibi işlemlerde balıklarda daha az stres ve daha kolay uygulama yapılabilmesi amacı ile sedatif ve anestezik maddelerin kullanılması gerekmektedir. Ancak, sentetik orjinli anesteziklerin balık ve gıda kalitesi üzerine birçok olumsuz etkileri bulunmaktadır. Sentetik anesteziklerin olumsuz etkenlerine maruz kalınmaması amacı ile son zamanlarda bitkilerden elde edilen yağların anestezik olarak kullanılması ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Bu tez çalışmasında, limon ve portakal kabuğundan elde edilen uçucu yağların gökkuşağı alabalığı üzerindeki anestezik etkileri araştırılmıştır.

Yüksek lisans öğrenimim boyunca beni yönlendiren, desteğini esirgemeyen, her koşulda bana yol göstermeye devam eden, tez çalışmasının her bir anında tüm olanaklara erişmem konusunda yardımını sağlayan saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Baki AYDIN'a teşekkür ederim. Bitkisel yağların temin edilmesi noktasında Talya Bitkisel Ürünler Tic. ve San. A.Ş. firmasına, deneme balıklarının temin edilmesinde, balıkların adaptasyon sürecinde ve istatistiksel analiz sürecinde desteğini gördüğüm Yusuf AKTOP'a teşekkür ederim. Ayrıca, FYL-2022-6080 numaralı proje ile bu araştırmaya maddi destek veren Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim. Tez çalışmasının uygulama sürecinde anestezi denemelerinin gerçekleştirilmesinde laboratuvar desteği sağlayan Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dekanlığı'na teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET i
ABSTRACT ii
ÖNSÖZ iii
İÇİNDEKİLER iv
AKADEMİK BEYAN vi
SİMGELER VE KISALTMALAR vii
ŞEKİLLER DİZİNİ viii
ÇİZELGELER DİZİNİ ix
1. GİRİŞ 10
1.1 Gökkuşağı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) 12
1.2. Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Anestezi 13
1.2.1. Balıklarda anestezi aşamaları 15
1.2.2. Su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan anestezik maddeler 15
1.2.2.1. Tricaine methanesülfonate (MS-222) 15
1.2.2.2. Benzokain 16
1.2.2.3. Kuinaldin 16
1.2.2.4. Metomidate 16
1.2.2.5. Etomidate 16
1.2.2.6. 2-Fenoksietanol 16
1.2.2.7. Karanfil yağı 17
1.2.2.8. Eugenol 17
2. KAYNAK TARAMASI 18
3. MATERYAL VE METOT 21
3.1. Materyal 21
3.1.1. Denemede kullanılan balıklar 21
3.1.2. Denemede kullanılan anestezik maddeler 21
3.1.3. Deneme yeri 23
3.2. Metod 23
3.2.1. Anestezik maddelerin hazırlanması 23
3.2.2. Limon ve portakal yağının anestezik etkinliğinin belirlenmesi 23
3.2.3. Kan örneklerinin alınması ve analizler 24

3.2.4. İstatiksel analizler 25
4. BULGULAR 26
4.1. Limon Yağı ile Bayıltılan Balıklara Ait Bayılma ve Ayılma Süreleri 26
4.1.1 Limon yağı ile bayıltılan balıklara ait bayılma süreleri 26
4.1.2. Limon yağı ile bayıltılan balıklara ait ayılma süreleri 28
4.2. Portakal Yağı ile Bayıltılan Balıklara Ait Bayılma Ve Ayılma Süreleri 29
4.2.1. Portakal yağı ile bayıltılan balıklara ait bayılma süreleri 29
4.2.2. Portakal yağı ile bayıltılan balıklara ait ayılma süreleri 31
4.3. Anesteziklerin Balıkların Kan Parametreleri Üzerine Etkileri 33
5. TARTIŞMA 37
6. SONUÇLAR 42
7. KAYNAKLAR 43
ÖZGEÇMİŞ

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum "Gökkuşağı Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)'nda Limon ve Portakal Kabuğu Yağının Anestezik Etkilerinin Araştırılması" adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

28/07/2023

Ferhat BAKIR

İmzası

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

% : Yüzde

ºC : Santigrat derece

> : Büyük

< : Küçük

Kısaltmalar

cm : Santimetre

L : Litre

g : Gram

mg : Miligram

mL : Mililitre

µL : Mikrolitre

µm : Mikrometre

ppm : Milyonda bir

vd : ve diğerleri

SH : Standart Hata

dk : Dakika

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*, W, 1792).....12

Şekil 3.1. Denemede kullanılan gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) 21

Şekil 3.2. Denemede kullanılan limon ve portakal yağı 22

Şekil 3.2. Balıkların anestezik madde ile bayıltma aşaması 24

Şekil 3.3. Balıkların anestezik madde içermeyen suda ayılma aşaması 24

Şekil 4.1. Limon yağı konsantrasyon değerleri ile gökkuşağı alabalığı bayılma süreleri (Aşama 1) arasındaki ilişkilerin regresyon analizi.....27

Şekil 4.2. Limon yağı konsantrasyon değerleri ile gökkuşağı alabalığı bayılma süreleri (Aşama 2) arasındaki ilişkilerin regresyon analizi.....27

Şekil 4.3. Limon yağı konsantrasyon değerleri ile gökkuşağı alabalığı ayılma süreleri (Aşama 1) arasındaki ilişkilerin regresyon analizi.....28

Şekil 4.4. Limon yağı konsantrasyon değerleri ile gökkuşağı alabalığı ayılma süreleri (Aşama 2) arasındaki ilişkilerin regresyon analizi.....29

Şekil 4.5. Farklı konsantrasyonlardaki portakal yağı ile gökkuşağı alabalığındaki bayılma süreleri (Aşama 1) arasındaki ilişkilerin regresyon analizi.....30

Şekil 4.6. Farklı konsantrasyonlardaki portakal yağı ile gökkuşağı alabalığındaki bayılma süreleri (Aşama 2) arasındaki ilişkilerin regresyon analizi.....31

Şekil 4.7. Farklı konsantrasyonlardaki portakal yağı ile gökkuşağı alabalığındaki ayılma süreleri (Aşama 1) arasındaki ilişkilerin regresyon analizi.....32

Şekil 4.8. Farklı konsantrasyonlardaki portakal yağı ile gökkuşağı alabalığındaki ayılma süreleri (Aşama 2) arasındaki ilişkilerin regresyon analizi.....33

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Türkiye su ürünleri üretim miktarları (Ton) (TÜİK, 2023) 10

Çizelge 1.2. Tür bazında su ürünleri yetiştiricilik üretim miktarları (Ton) (TÜİK, 2023) 11

Çizelge 1.3. Anestezi sırasındaki balık davranışları (Kumlu ve Yanar, 1999) 15

Çizelge 3.1. Limon ve portakal kabuğu yağları aktif madde oranları (%) 22

Çizelge 4.1. Gökkuşağı alabalığının farklı konsantrasyonlardaki limon yağı ile bayılma süreleri 26

Çizelge 4.2. Gökkuşağı alabalığının farklı konsantrasyonlardaki limon yağı ile ayılma süreleri 28

Çizelge 4.3. Gökkuşağı alabalığının farklı konsantrasyonlardaki portakal yağı ile bayılma süreleri 29

Çizelge 4.4. Farklı konsantrasyonlardaki portakal yağı ile bayıltılan gökkuşağı alabalıklarının ayılma süreleri 31

Çizelge 4.5. Limon yağı, portakal yağı ve 2-fenoksietanol ile bayıltılan gökkuşağı alabalığına ait RBC, HCT ve HGB değerleri 33

Çizelge 4.6. Farklı konsantrasyonlarda anestezik madde ile bayıltılan gökkuşağı alabalığına ait serum ALT ve ALP değerleri 34

Çizelge 4.7. Anestezik madde ile bayıltılan gökkuşağı alabalığına ait serum toplam protein, trigliserit, kolesterol ve glikoz değerleri 35

Çizelge 4.8. Anestezik madde ile bayıltılan gökkuşağı alabalığına ait serum kalsiyum, sodyum, potasyum ve klor değerleri 35

Çizelge 5.1. Bazı bitkisel yağların limonene etken madde içerikleri 38

1. GİRİŞ

Ülkemizde en önemli hayvansal protein kaynaklarından biri olan su ürünleri, tarımsal üretim ve insan beslenmesi bakımından önemli bir yere sahiptir. Su ürünleri sektörü, ülke ekonomisinin büyümesinde ve kalkınmasında önemli bir yere sahip olmasının yanı sıra toplumun sağlıklı beslenmesinde de önemli bir role sahiptir. Türkiye'de 2022 yılında toplam 849.808 ton toplam su ürünleri üretimi gerçekleşirken ekonomik değer açısından bu üretim 48.979.475.068 TL (BSGM, 2023) değerinde olduğu açıklanmıştır. Su ürünleri üretimi ülkemizde, avcılık ve su ürünleri yetiştiriciliği yoluyla elde edilmekte olup avcılık yoluyla elde edilen üretim miktarında son on yılda sabit bir düzeyde kalırken su ürünleri yetiştiriciliğinden elde edilen üretim miktarı her yıl bir önceki yıla oranla önemli miktarda arttığı görülmektedir (Çizelge1.1). Ülkemizde 2012 yılında yetiştiricilik yolundan elde edilen üretim miktarı 212.410 ton iken, avcılık yoluyla elde dilen üretim miktarının 432.442 ton olarak gerçekleşmiştir(BSGM, 2023). 2022 yılında bu durum yetiştiricilik üretim miktarı toplam 514.805 ton olduğu, avcılık üretiminin ise 335.003 ton olarak gerçekleşmiş ve yetiştiricilik üretiminin avcılık yoluyla elde edilen üretimden önemli miktarda fazla olduğu görülmektedir (TÜİK, 2023). 2018 yılında ise ülkemizde su ürünleri yetiştiriciliğinden elde edilen üretim miktarının avcılıktan elde edilen üretim miktarını geçtiği görülmektedir.

Çizelge 1.1. Türkiye su ürünleri üretim miktarları (Ton) (BSGM, 2023) (TÜİK, 2023)

Yıl	Avcılık üretimi	Yetiştiricilik üretimi	Toplam üretim
2012	432.442	212.410	644.852
2013	374.121	233.394	607.515
2014	302.212	235.133	537.345
2015	431.907	240.334	672.241
2016	335.320	253.395	588.715
2017	354.318	276.502	630.820
2018	314.094	314.537	628.631
2019	463.168	373.356	836.524
2020	364.400	421.411	785.811
2021	328.158	471.686	799.844
2022	335.003	514.805	849.808

Tür bazında incelendiğinde, ülkemizde su ürünleri yetiştiriciliğinde 2022 yılında en fazla yetiştiricilik üretimi levrek (*Dicentrachus labrax*), daha sonrasında çipura (*Saparus aurata)* balığı ve gökkuşağı alabalığı (*Onchorhynchus mykiss*) olduğu görülmektedir (Çizelge 1.2). 2022 yılı su ürünleri yetiştiricilik üretiminin elde edilmesinde miktar olarak 191.103 ton üretim ile gökkuşağı alabalığı, 156.602 ton üretim ile levrek ve 152.469 ton üretimle çipura balığı aktif rol aldığı görülmektedir (Çizelge 1.2).

Çizelge 1.2. Tür bazında su ürünleri yetiştiricilik üretim miktarları (Ton) (BSGM, 2023) (TÜİK, 2023)

Tür	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**
Alabalık (İçsu)	104.887	116.053	127.905	135.732	145.649
Alabalık (Deniz)	9.610	9.692	18.689	31.554	45.454
Levrek	116.915	137.419	148.907	155.151	156.602
Çipura	76.680	99.730	109.749	133.476	152.469
Sarıağız	1.486	3.375	7.428	5.913	4.771
Midye	907	4.168	4.037	4.585	5.469
Orkinos	3.571	2.327	4.338	4.952	3.879
Diğer türler	481	592	358	323	512
TOPLAM	**314.537**	**373.356**	**421.411**	**471.686**	**514.805**

Su ürünleri yetiştiricilik üretiminin her aşamasında çeşitli seviyelerde üretimi yapılan canlılarda stres oluşabilmektedir. Yetiştiricilik üretimi esnasında sağımda, boylamada, aşılamada, balıkların transfer işlemi gibi birçok üretim faaliyetlerinde balıklarda stres meydana gelmesinin yarattığı olumsuz sonuçlar üretimde arzu edilmeyin bir durumdur (Aydın ve Barbas, 2020; Liu vd., 2022). Fizyolojik açıdan bakılırsa, oluşan stres nedeni ile plazmada kortizol seviyesinin arttığı, bu artış kanda bulunan glikoz seviyesinde yükselişe neden olduğu görülmüştür (Shalaby vd., 2006; Xie vd., 2008). Stres balıkların büyümesinde azalmaya, bağışıklık sisteminde kötüleşmeye, patojen mikroorganizmalara karşı daha duyarlı hale gelmeye ve hatta sperm kalitesinde düşmeye neden olduğu bildirilmektedir (Wendelaar Bonga, 1997).

Günümüz su ürünleri yetiştiriciliğinde yapılan uygulamalarda balıklarda oluşabilecek stresi azaltmak ve oluşabilecek zararları minimuma indirmek için çeşitli anestezikler kullanılmaktadır. Bahse konu bu anestezikler çeşitli dozlarda test edilerek optimum düzey belirlenerek, kuluçkahane uygulamalarında (sağım, markalama vs.), ağırlık ve boy ölçümü esnasında, aşılama ve balıkların hareketsiz bırakılması gereken durumlarda kullanılmaktadır (Yanar ve Genç, 2004; Serezli vd., 2005; Hajek vd., 2006). Su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan anesteziklerde aranan özellikler, düşük konsantrasyonda etki gücünün yüksek olması, insan ve balıkların sağlığına zararlarının olmaması veya en az oranda olması, balıklarda organ hasarlarına ve dokuda birikeme neden olmaması, kanserojen özelliğinin olmaması şeklinde sıralanabilir (Serezli vd., 2005; Aydın ve Barbas, 2020).

Sıralanan özellikler dikkate alındığında sentetik anesteziklere alternatif olarak kullanılabilecek, balık ve insan sağlığına olumsuz etkisi düşük, su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılabilecek ve vücutta birikim yapmayan esansiyel yağların araştırılması, bahse konu bitkisel yağların su ürünlerine kazandırılması önemli görülmektedir.

Bu tez çalışmasında, Türkiye'de yoğun olarak üretimi yapılan portakal ve limonun kabuğundan elde edilen uçucu yağların farklı konsantrasyonlarının gökkuşağı alabalıklarında anestezik etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

1.1 Gökkuşağı Alabalığı

Gökkuşağı alabalığı (Oncorhynchus mykiss, Walbaum, 1792) ülkemize 1950'li yıllarda yurt dışından yumurta olarak getirilmiş ve ilk üretimi yapılmıştır. 1970'li yıllarda ticarileşen alabalık yetiştiriciliği, günümüze kadar artarak devam etmekte olup ülkemiz ekonomisine hem içsulardaki hem de denizdeki üretimi ile önemli bir katma değer sağlamaktadır.



Şekil 1.1. Gökkuşağı Alabalığı (Oncorhynchus mykiss, Walbaum, 1792)

Gökkuşağı alabalığının sistematikte yeri aşağıdaki gibidir (Bat vd., 2008).

Alem: Animalia
Şube: Chordata
Sınıf: Actinopterygii
Takım: Salmoniformes
Familya: Salmonidae
Cins: Oncorhynchus
Tür: *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792)
Türkçe ismi: Gökkuşağı alabalığı (Şekil 1.1)

Gökkuşağı alabalığı olumsuz çevre koşullarına karşı uyum sorunu yaşamayan bir tür olup; soğuk, oksijen oranı yüksek tatlı sularda yaşamaktadırlar. Gökkuşağı alabalığının hem deniz ağ kafeslerinde, hem de tatlı sularda yetiştiriciliği yapılabilmektedir (Tidwell, 2012; Yiğit ve Aral 1999; Yıldırım ve Çantaş, 2022). Bu balık türü soğuksularda yaşamını sürdürmekle birlikte, 13-17 °C sıcaklığa sahip sularda optimum büyüme ve gelişme gösterme olup yumurtaların inkübasyonu 8-12 °C su sıcaklığında gerçekleşmektedir (Okumuş, 2002; Akyüz vd., 2018). Çözünmüş oksijen miktarına bakıldığında Muğla'da üretim yapan bazı çiftliklerin çıkış suyunun miktarı minimum 5,5 mg/L olduğu maksimum değerin ise 10,91 mg/L olduğu bildirilmiştir (Bilgin Yıldırım ve Pulatsu, 2011).

Gökkuşağı alabalığı karnivor beslenen balıklar grubunda olup doğal ortamda besinlerini çeşitli küçük balık, böcek, sinek ve larvaları oluşturmaktadır. Ancak yetiştiricilik koşullarında gökkuşağı alabalığı nispeten protein oranı yüksek, ağız büyüklüğüne göre artan çapa sahip ekstrüde peletlerle kontrollü bir biçimde beslenmektedir. Mevsimsel olarak sonbahar aylarının sonundan ilkbahar aylarının başına

kadar yumurtlama işlemini yaparlar. Bir seferde bir dişi balık 1509-9244 arasında yumurta verebilmektedir (Okumuş, 2002). Dişi anaç gökkuşağı alabalıkları incelendiğinde karın kısmında şişkinlik olduğu anüsün kızarık ve dışa doğru olduğu, anaç erkek balıklarda ise çene kısmının bir çengel misali yukarı çıkıntı yaptığı karın kısmına hafif basıldığında süte benzer bir spermanın çıktığı görülür. Anaç balıklar ortalama 2-3 yaşlarında üreme olgunluğuna ulaşır. Yetiştiricilik esnasında 3 dişi balığa bir erkek balık gelecek şekilde yumurta döllenmesinde verim alınabilir (Emre ve Kürüm, 2007).

Gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliği yapılan *Salmonidae* familyası üyeleri içerisinde tercih edilen bir türdür. Tercih edilme sebebi ise;

- Yüksek su sıcaklık değerlerine ve çeşitli olumsuz çevre şartlarına karşı dayanıklı ve adaptasyon kabiliyetinin yüksek olması,
- Yetiştiricilik esnasında fabrikasyon yemlere daha kolay bir şekilde alışması ve iyi gelişim büyüme göstermesi,
- Kuluçka süresinin diğer aile üyelerine nazaran kısa olması,
- Kuluçkahane koşullarında yumurta ve sperm eldesinin kolay olması olarak sayılabilir.

1.2. Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Anestezi

"Anestezi" Yunanca kökenli bir kelime olmakla birlikte, hissetmemek anlamında kullanılmaktadır. Ameliyat ve cerrahi uygulamalarda hayvanlara belirli konsantrasyon değerlerinde uygulanarak özellikle hayati fonksiyonlarına zarar vermeden sinirsel fonksiyonların baskılanarak duyu ve hissizlik kayıplarına yol açması olarak bilinmektedir. Anestezi uygulamasının etki oranı, o maddenin kandaki miktarı ile doğru orantılıdır (Paruğ, 2012; Aktaş, 2021). Canlıların yaşamsal faaliyetlerinde bilinçlerini azaltarak, metabolizmalarında yavaşlama sağlayıp, özellikle refleks tepkilerini durdurarak, canlılara yapılacak işlemlerin daha kolay yapılmasını sağlamaktadır (Çetinkaya ve Şahin, 2005). Sinirsel işlevlerin baskılanması sonucu vücudun anestezi uygulanan kısımlarında uyuşma ve his kaybı meydana getirir (Summerfelt ve Smith 1990; Brown, 1993; Serezli vd., 2005).

Anestezi işlemleri yapılırken kullanılan anesteziklerin uygun olması ve kullanılacak oranların dışına çıkılmaması önem arz etmektedir. Kullanılacak oranların dışına çıkılması durumunda balık için toksik etkileri olabilmekte, hatta insan tüketiminde çeşitli sorunlar ve riskler doğurabilmektedir (Küçük, 2016; Aktaş, 2021).

Anestezi uygulanan canlılarda, uygulanan anesteziye ve miktarına bağlı olarak; hissizleşme, sakinlik, denge, hareket ve refleks kayıpları meydana gelir. Balık yetiştiriciliğinde, hastalıklarının tedavisinde, araştırma/denemelerde ve laboratuvar çalışmalarında kullanılmaktadır (Marsic-Lucic vd., 2005; Mylonas vd., 2005; Başaran vd., 2007). Anestezik maddeler lokal, bölgesel ve genel anestezik maddeler olarak sınıflara ayrılırlar. Kullanılan genel anestezikler tüm vücutta etkili olabilmektedir. Denge kaybı, refleks ve bilinç kaybı şeklinde etkileri olmaktadır. Balıklarda anestezik maddeler suya eklendiği sırada tüm balıklar suda bulunan anestezik maddeyi solungaçları yardımı ile alarak tüm organlarına kan yolu ile yayılım sağlarlar (Summerfelt ve Smith, 1990; Serezli vd., 2005).

Kültür balıkçılığında ve su ürünlerinde kullanılan anestezik maddelerin düşük oranda yüksek etkiye sahip olması, teminin kolay olması, özellikle vücutta birikim yapmayıp kanserojen etkisinin bulunmaması ve insan gıdası olarak tüketildiğinde herhangi bir soruna yol açmaması oldukça önemlidir (Serezli vd., 2005). Özellikle, kullanılan anesteziklerin toksik etki göstermemeleri ve çevre dostu olmaları adeta zorunlu özelliklerdir (Ross ve Ross, 1999; Mylonas vd., 2005).

Anestizik madde olarak kullanılan bazı sentetik maddelerin insan ve balıklar üzerinde yan etkileri mevcuttur (Velisek vd., 2007; Zahl vd., 2012). Balıklar ve insanlar üzerinde yan etkileri bulunan bu kimyasal anesteziklerin yerine, doğal kökenli bitkisel yağların ve ekstraktların insan ve çevre sağlığı açısından daha uygun olduğu görülmektedir. Esasiyel yağlar, bitkilerin tohum, yaprak, çiçek veya sap gibi kısımlardan elde edilen kendine özgü kokusu ve yapısı bulunan yağlardır (Karakaya, 2003; Özgüven vd., 2005).

Muhteviyatında anestezik özellikte maddeleri bulunduran esansiyel yağların araştırılarak su ürünleri yetiştiriciliğinde sentetik anesteziklere alternatif olarak kullanılması insan ve hayvan sağlığı açısından önem arz etmektedir.

Su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan sentetik anestezik maddelerin insan sağlığı açısından bazı olumsuzluklara yol açtığı bilinmektedir. Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından akuakültürde kullanımına izin verilen sentetik anestezik maddelerden MS-222 maddesinin balıklara uygulanmasından sonra 21 günlük süre içerisinde tüketilmesinin uygun olmadığı bildirilmiştir. Son yıllarda anestezik madde olarak kullanılan bitkisel anestezik maddeler sentetik anesteziklere alternatif olarak karşımıza çıktığı görülmektedir. Ayrıca balık refahının ve sağlığının ön palanda olmasına sebep olan Avrupa Birliği"nin "Directive 2010/63/EU" kararları, anestezik etki gösteren bitkisel uçucu yağların araştırılmasına neden olmuştur (Kızak vd., 2018).

Su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan MS-222 vb. bazı anestezik maddelerin balıklar üzerinde toksik etkilere neden olabileceği bildirilmektedir (Bernstein vd., 1997). Bu nedenle anestezik maddeler kullanılırken birçok kriter göz önüne alınarak değerlendirilmeli, hedef türümüz için en uygun olan anestezik madde optimum düzeyde kullanılmalıdır. Kullanılacak anestezik madde başta çevreye zararı olmamalı, toksik etkisi olmamalı, özellikle dokularda birikime neden olmamalı ve insan tüketimi açısından sıkıntı doğurmamalı ve kolay temin edilebilmedidir (Ross ve Ross, 1999; Mylonas vd., 2005; Aydın vd., 2015). Anestezik olarak kullanılacak maddelerde aranacak bir diğer özellik ise stresi azaltmasıdır. Bazı çalışmalarda uçucu yağların balık kanında yer alan kortizol ve glikoz oranlarını denetim altına alarak, stresin balıklar üzerinde oluşturduğu kötü etkileri minimuma düşürdüğü bildirilmiştir (Bulfon vd., 2015).

Sektörde kullanılan anetezik maddeler istenen özelliklerin bir kısmını taşısalar da, uygulanmaları halinde balıklar üzerinde strese neden olabilmekte, bazı fizyolojik bozulmalar ile beraber hastalıklara zemin oluşabilmekte ve hatta ölümlere neden olabilmektedir. Balıklarda anestezi işlemine bağlı stresi önlemek, yukarıda belirtilen işlemler sırasında balık ölümlerini en aza indirmek, balıkların fizyolojik ve laboratuvar çalışmalarında sorunsuz ve doğru bir çalışma ortamı oluşturmak için tür için uygun ve doğru anestezik madde kullanımına ihtiyaç vardır (Benovit vd. 2012; Martins vd. 2019).

1.2.1. Balıklarda anestezi aşamaları

Anestezik madde balıklara uygulanırken ilk önce anestezik madde suya karıştırılır ve balıklar anestezi içeren suya bırakılır. Sonrasında balıkların solungaçları aracılığıyla anestezik madde kana geçerek vücuda yayılır. Vücuda yayılım sağlandıktan sonra balıklarda sedasyon ve anestezi meydana gelir (Çetinkaya ve Şahin, 2005).

Balık solungaçlarında gaz değişim özelliği ile anestezi uygulanması sırasında canlıya oksijen sağlanarak karbondioksit dışarı atılır. Canlıda bulunan klorid hücreler vasıtası ile suda bulunan iyonlar ve anestezik madde vücuda alınarak anestezi gerçekleşir. Anestezik madde uygulanan balıklar, anestezik maddenin bulunmadığı bir ortama alındığında ise klorid hücreler vasıtası ile kanda bulunan anestezik maddeleri dış ortama atarak kendilerine gelme durumu sağlanır (Çetinkaya ve Şahin, 2005).

Özetle, canlının vücudunu dış ortam ve iç ortam diye ayırmak gerekirse balık iki ortamı da dengelemek için çaba harcayacaktır. Dış ortamdan alınan maddeler solungaçlar vasıtası ile kana karışıp oradan beyne ve vücuda dağılarak balıkta etki oluşturacaktır. Daha az yoğun bir ortama ya da hiç anestezik madde bulunmayan bir ortama geçildiğinde ise canlı vücutta bulunan anestezik maddeyi solungaçları vasıtası ile dışarı atacak, ayılma ve canlanma süreci başlayacaktır. Balıklarda anestezinin aşamaları değerlendirilirken; uygulanan anestezi düzeyinin belirlenmesinde kriter olarak balığın denge ve yüzme aktivitesi yani davranışı ve hareketleri esas alınmakta olup bu düzeylerin araştırmacılar arasında farklı kategorize edilebilmektedir (Kumlu ve Yanar, 1999) (Çizelge 1.3).

Çizelge 1.3. Anestezi sırasındaki balık davranışları (Kumlu ve Yanar, 1999)

Anestezi düzeyi	Balık davranışı
Çok Hafif	Balık sakin yüzer, balık dengesinde kısmi azalmalar gözlenir.
Hafif	Yüzme giderek azalır. Denge yitirilerek yüzmedeki koordinasyonsuzluk artar.
Orta	Yüzme aktivitesi ile dengesinin hemen hemen yitirmesi olarak değerlendirilir.
Derin	Yüzme eğiliminin olmadığı, yatık biz vaziyette hareketsiz bir şekilde durması, kas tonunun olmaması olarak değerlendirilir.

1.2.2. Su ürünleri yetiştiriciliğinde kullanılan bazı anestezik maddeler

1.2.2.1. Tricaine methanesülfonate (MS-222)

Su ürünleri yetiştiriciliğinde 1967 yılından bu yana genel olarak tercih edilen bir anestezik madde olup MS-222 olarak bilinmektedir. Beyaz kristal toz yapıda olan yapısı suda eritilerek kullanılan bu anestezik madde derin anestezilerde de kullanılmaktadır. Suyun pH değerini düşürmesinden ötürü anestezi uygulanan canlıda yan etkilere neden olmaktadır (Paruğ, 2012; Küçük vd., 2016). MS-222 uygulanan balığın insanlar

tarafından tüketilmesi için uygulama yapılan tarihten itibaren 21 günlük sürenin geçmesi gerekmektedir (Marking ve Meyer, 1985; Azad vd. 2014).

1.2.2.2. Benzokain

Benzokain (Ethyl aminobenzoate) kristal, beyaz ve toz yapıda olup suda kolay çözünemediğinden ötürü etil alkol gibi çözücülerde önceden stok çözeltisi hazırlanması gerekir ve su ürünleri sektöründe yaygın olarak kullanılan MS-222 ye göre suda daha zor çözünmektedir (Serezli vd., 2005). Benzokainin pH değeri nötr olduğundan kullanımda pH dengelenmesine ihtiyaç duyulmamaktadır. Uygulanan balıklarda kalıntı bırakabilmekteancak insana zarar vermemektedir (Paruğ, 2012; Küçük vd., 2016).

1.2.2.3. Kuinaldin

Kuinaldin asidik yapıda olup hoş olmayan bir kokuya ve kanserojen etkiye sahip bir sentetik maddedir (Küçükosman, 2019). Kuinaldin anestezik maddesi sarı renkli, yağlı yapıda ve su içerisinde kolay çözünebilen bir anestezik madde olup, uygulandıktan sonra balıkların kendine gelme süreleri kısadır (Paruğ, 2012; Küçük vd., 2016).

1.2.2.4. Metomidate

Metomidate (“metyl 1-(1-phenylethyl)-1imidazole-5-carboxylate) suda çözülebilen toz yapıda bir anestezik madde olup sakinleştirici bir etkiye sahiptir. Su ürünleri yetiştiricilik alanında kullanımı yanında tıp ve veteriner alanlarında da kullanılmaktadır. Uygulanan balıklarda stres ve nabız artışı gibi olumsuzluklara neden olmamakla birlikte, deniz balıkları ve büyük balıklar üzerinde anestezi olarak fazla bir etkiye sahip değildir (Paruğ, 2012; Küçük vd., 2016).

1.2.2.5. Etomidate

Kristal ve toz yapıda olup renksiz ve kokusuzdur. Ticari olarak sıvı halde bulunur, maliyeti oldukça yüksektir. Genellikle alkali ortamlarda etki gösterir. Su sıcaklığı ve pH değerinden etkilenir. Su sıcaklığının artığı durumlarda balıklar üzerinde etkisi azaldığı bildirilmektedir (Paruğ, 2012; Küçük vd., 2016).

1.2.2.6. 2-Fenoksietanol

2-Fenoksietanol eczacılık, kozmetik sanayisi ve aşılarda kullanılabilen saydam görünümde olamayan yağlı bir sedatif ve anestezik maddedir. Koruyucu özelliği nedeni ile mantar ve bakteri patojenlerine karşıda kullanılmaktadır. Düşük maliyetlidir. Balıkların aşılanma, laboratuvar çalışmaları, nakliye *vb*. faaliyetlerinde sıklıkla kullanılmaktadırlar. Toksik etkiye sahip olup cilt ile temasta tahrişe neden olmaktadır. Balıklarda genel olarak 50 ve 750 mg/L konsantrasyon aralıklarında sedasyon ve anestezi amaçlı kullanılabilmekte olup FDA tarafından balıklarda kullanımı onaylanmış bir sentetik maddedir (Coyle vd., 2004; Paruğ, 2012; Küçük vd., 2016).

1.2.2.7. Karanfil yağı

Karanfil ağacından elde edilen uçucu sarı renkli aromatik bir yağdır. Sentetik anesteziklerin yerine doğal anestezik olarak balıklarda kısa sürede anestezik özellik göstermesi ve balıklar üzerinde daha az olumsuz etkisinin olması nedeniyle son yıllarda kullanımı yaygınlaşmaktadır. Suda direkt olarak çözülememesinden ötürü kullanılmadan önce etanol gibi çözücülerde çözdürülmesi gerekmektedir (Paruğ, 2012; Küçük vd., 2016; Aydın vd., 2019).

1.2.2.8. Eugenol

Eugenol (2-methoxy-4-prop-2-enyl-phenol), karanfil yağının ana etken maddesi olarak bulunmakta (%70-95) ve bu etken madde balıklarda sedatif ve anestezik özellik göstermektedir (Boaventura et al., 2022; Cupp et al., 2016). Eugenol diğer bazı anesteziklere göre ucuz olması, kolay bulunabilmesi, hızlı etki göstermesi ve balıklar üzerine daha az olumsuz etkisi nedeniyle öne çıkmaktadır (Romaneli et al., 2018; Tarkhani et al., 2017).

2. KAYNAK TARAMASI

Molinero ve Gonzalez (1995), MS-222 ve 2-Fenoksietanol sedatif maddelerini çipura balıklarının taşınmasında 3 farklı dozda kullanımını çalışmışlar. Çalışmada anestezi edilen ve edilmeyen balık gruplarını karşılaştırmışlar, stresin birincil ve ikincil etkilerine bağlı olarak vücuttaki kortizol, glukoz ve laktat plazma seviyelerini kaydetmiş, yapılan araştırma sonucunda 2-Fenoksietanol'ün en yüksek dozunun (0,1 mg/L), MS-222'nin en yüksek dozundan (30 mg/L) daha etkili ve anestezik etkisinin daha güçlü olduğunu bildirilmişlerdir.

Hseu vd. (1998), Kuinaldin, Kuinat, MS-222, Benzokain ve 2-Fenoksietanol'ün *Sparus sarba* üzerindeki konsantrasyonlarını, kullanılan anestezilerin ekonomik sonuçlarını ve insanlar üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Yapılan araştırma sonucunda 2-Fenoksietanol için etkili konsantrasyonun 400 µL/L olarak belirterek, diğer anastezik maddelere oranla fiyatının daha uygun olduğu, güvenilir olduğunu bildirmişlerdir.

Çetinkaya ve Şahin (2005), anestezi tanım ve terimlerini açıklamış, anestezinin tarihi gelişimi hakkında bilgi vermiş, balıklarda kullanılan anestezinin uygulama alanlarını, kullanılan metotları, anestezi safhalarını açıklamış, balıklarda kullanılan başlıca anestezikler hakkında bilgi vererek ideal bir anestezinin özelliklerini bildirmişlerdir.

Bianchini vd. (2017), *Rhamdia quelen* balıklarında timol ve karvakrolün 12,84 ± 0,34 gr ağırlığa sahip balıklarda anestezik etkileri araştırılmışlardır. Araştırmada balıklara 25, 50, 75, 100 mg/L konsantrasyonlarında uygulanan timol ve karvakrol konsantrasyonlarının balıklarda istemsiz kas kasılmalarına neden olduğu bildirilmiştir.

Taheri Mirghaed vd. (2018a), gökkuşağı alabalıkları (*Oncorhynchus mykiss*) üzerine 1,8-cineol maddesinin anestezik etkisi üzerinde çalışma yapılmış. Yapılan çalışmada 1,8-cineol maddesinin 200, 300, 400, 500, 600 ve 800 µL/L konsantrasyonlarının balıklar üzerindeki bayılma ve ayılma süreleri araştırılmış, denemeler sonucunda 1,8-cineol konsantrasyon değerlerinin artışı balıkların bayılma süresini kısalttığı bildirilmiştir. Konsantrasyon değerlerine bakıldığında 600–800 µL/L cineolün gökkuşağı alabalığında kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

Yousefi vd. (2018), kekik bitkisinden elde edilen yağda bulunan timol etken maddesinin sazan balıkları üzerindeki anestezik etkisini araştırılmış, yapılan çalışmada 6,25, 12,5, 25, 50, 75, 100, 125, 150 ve 200 mg/L konsantrasyon değerlerine sahip 9 farklı konsantrasyon değeri araştırılmış, her timol konsantrasyon değerinde on balık kullanılmış, 6,25 ve 12,5 mg/L oranlarında balıkların bayılmadığı, anestezik etki göstermediği, 25 – 200 mg/L arasındaki değerlerinde balıkların 60 – 850 saniye arasında bayıldıkları, çalışmanın devamı olarak eugenol ile yapılan uygulamada timol uygulamasındaki sonuca benzer sonuçların çıktığı, timolün eugenole göre daha az yan etki gösterdiğini belirtilmişlerdir.

de Oliveira vd. (2019), eugenolün 10, 15, 20, 30, 40, 50 ve 60 µL/L konsantrasyon değerlerinin melek (*Pterophyllum scalare*) balıklarında anestezik etkileri araştırılmış.

Yapılan araştırma sonucunda 50 µL/L konsantrasyon değerlerinin melek balıklarında anestezi amacıyla ideal olduğu bildirilmiştir.

Ribeiro vd. (2019), *Lophiosilurus alexandri* balıklarında eugenol etken maddesinin anestezik etkisinin 80, 160, 320 ve 640 mg/L konsantrasyon değerlerinde 171 g ağırlığındaki balıklarda etkisi araştırılmış, yapılan çalışmada tüm balıklarda yaşama olduğu, eugenol konsantrasyonlarının balıklar üzerinde anestezik etki gösterdiği bildirilmiştir.

Aktaş (2021), nane yağı (*Menta piperita*) ve biberiye yağının (*Rosmarinus officinalis*), karabalıkta (*Clarias gariepinus*) anestezik etkilerinin incelenmesi amacı ile bir çalışma yapmış, yaptığı çalışma sonucunda karabalıklar için uygun nane ve biberiye uçucu yağ konsantrasyonunun 300 µL/L olduğunu bildirmiştir.

Alagöz vd. (2021) çalışmasında sütleğen bitkisinden (*Euphorbia rigida*) elde edilen ekstraktın alabalık (*Oncorhynchus mykiss*) (65,4 g) üzerindeki anestezik etkisini ve bu bitkinin balıklar üzerindeki olası stres seviyesini incelemişler. Çalışmada süpürge bitkisinin 40000, 50000, 6000 ve 70000 µl/L dozlarında sırasıyla 196.67±1.45, 173.00±11.24, 138.33±8.29 ve 136.33±5.23 saniyede balıkları bayılttığı ve balıklar üzerinde anestezik özellik gösterdiği ifade edilmiştir. 2-Fenoksietanolün kontrol olarak kullanıldığı çalışmada, balıkların anestezi sonrasındaki stres seviyeleri kan kortizol değeri incelenmiş ve kontrol ile kıyaslandığında 30000, 40000 ve 60000 µl/L dozlarındaki balıkların kortizol seviyelerinin daha düşük olduğu tespit edilmiş. Sonuç olarak, bu çalışmada sütleğen 40000–70000 µl/L dozlarında gökkuşağı alabalığında kullanılabileceği sonucuna varılmış.

da Silva vd. (2021) okaliptüs (*Eucalyptus globulus*) uçucu yağının 128 g ağırlığındaki gümüş yayın balığı (*Rhamdia quelen*) üzerindeki anestezik etkilerini araştırmışlar. Yapılan araştırmada okaliptus uçucu yağının 600, 650, 700 ve 750 µl/L olarak dört farklı konsantrasyon değerini araştırmışlar. Çalışma sonucunda 700 µl/L konsantrasyon değerinin yayın balığı için en uygun doz olduğunu belirtmiştir. Okaliptus yağının yayın balığı üzerinde oluşturduğu stres seviyesi incelendiğinde ise kandaki plazma glikoz ve laktat seviyesini yükselttiğini bildirmişler. Okaliptus yağının anestezik özellik gösterdiğini ancak plazma glikoz ve laktat seviyesini arttırarak stresi engellemede yeterli olamadığını, bu konuda daha fazla araştırmaların yapılması gerektiğini belirtmişler.

Dincal (2021), lepistes balığı (*Poecilia reticulata*) üzerinde 800, 1000, 1200, 1400, 1600 µL/L oranlarında hazırlanan kakule (*Elettaria cardamomum*) ve zencefil (*Zingiber officinale*) uçucu yağlarının anestezik etkilerini incelemiş, yapılan çalışmada, kakule ve zencefil uçucu yağları için etkili oran 1600 µL/L olduğu bildirilmiş, kakule ve zencefilin kısmen anestetik maddeler olduğu değerlendirilse de, her iki bitkisel uçucu yağın istenilen ideal anestetik madde kriterlerini sağlamaktan uzak olduğu, koku ve gözlem açısından zorluklar içermeleri yanında anestezi ve iyileşme süreleri bakımından istenen sürelerin oldukça dışında oldukları bildirilmiştir.

Yigit ve Kocaayan (2023) çalışmasında kişniş (*Coriandrum sativum*) (20, 50, 70, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600 mg/L) ve kekik (*Origanum onites*) (20, 50, 70

mg/L) yağlarına ait değişik konsantrasyon değerlerini gökkuşağı alabalığı (10 g) üzerindeki anestezik etkilerini 8,2 °C su sıcaklığında incelemişler. Çalışma sonucunda kişniş yağının 50 mg/L konsantrasyon değerinde sedatif özellik gösterdiği, 200 mg/L konsantrasyon değerinde ise anestezik özellik gösterdiği, ancak kekik yağının anestezik olarak balıklar üzerindeki ölümcül etkisinden dolayı önerilmediği sonucu bildirilmiştir.

de Oliveira vd. (2022) *Lippia sidoides* ve *Cymbopogon citratus* bitlilerinden elde edilen yağının akvaryum balığı olan melek balığının (*Pterophyllum scalare*) iki farklı ağırlık değerinde sedatif ve anestezik etkilerini 0, 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200, ve 250 mg/L konsantrasyon değerlerinde araştırmışlar. Çalışmada kullanılan *L. sidoides* bitki yağında anestezik özellik gösteren %44,5 oranında karvakrol olduğu, *C. citratus* de ise α-citral %73,6 oranında olduğu ifade edilmiş. Deneme sonunda en uygun sedatif ve anestezik dozun *L. sidoides* bitkisi için sırasıyla 10 ve 200 mg/L konsantrasyon değerlerinde olduğu, *C. citratus* de ise sırasıyla 25 ve 250 mg/L konsantrasyon değerlerinde olduğu bildirilmiş.

Yiğit vd. (2022a) araştırmasında lavanta (*Lavandula angustifolia*) ve defne (*Laurus nobilis*) (5, 10, 20, 50, 70, 100, 150, 200, 300, 400, 500 ve 600 mg/L) esansiyel yağlarını gökkuşağı alabalığı üzerindeki anestezik etkilerini incelemişler. Araştırma sonucunda lavanta yağında 200 mg/L dozunda 258 s de balıkların bayıldığı, defne de ise 400 mg/L dozunda ise 189,5 s de alabalıkta bayılma görüldüğü, sonuç olarak bu dozların gökkuşağı balığında ideal oranda kullanılabileceğini bildirmişler.

Ferreira vd. (2022) araştırmasında 25 °C su sıcaklığında ortalama ağırlıkları 26,2 g olan tilapia (*Oreochromis niloticus*) balıkları üzerinde *Hesperozygis ringens* bitkisine ait esansiyel yağın anestezik etkisini araştırmışlardır. 1 L kapasiteli tanklarda anestezik 150, 300, 450, 600 µL/L dozlar test edilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular ışığında 450 ve 600 µL/L oranında *Hesperozygis ringens* bitki yağı tilapia balıklarında tavsiye edilmiştir.

Zeng vd. (2022), manolya (*Magnolia denudata*) bitkisine ait çiçeklerin esansiyel yağının Asya levreği (*Lateolabrax maculatus*) (ortalama balık ağırlığı 164 g) üzerindeki olası anastezik etkilerini araştırılmışlardır. Bu amaçla 10, 20, 40, 60, 80, 100, 120 mg/L) ve eugenol (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 mg/L konsantrasyon değerlerinde yapılan anestezik denemeleri sonunda manolya yağının için en düşük dozu olan 100 mg/L seviyesinde balıkların183 s sürede bayıldığı, 90 s de ayıldığı belirlenmiştir. Eugenol için ise 60 mg/L dozunda balıklarda 167 s de bayılma, 269 s de ayılmanın görüldüğü tespit edilmiştir. Optimum manolya ve eugenol dozlarının Asya levreği için yukarıda belirtilen düzeyler olduğu ifade edilmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Denemede kullanılan balık materyali

Araştırmada kullanılan gökkuşağı alabalığı (ortalama balık ağırlığı 50,6 ± 5,9 g) (Şekil 3.1), özel bir alabalık işletmesinden temin edilmiş olup denemenin yapılacağı Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Araştırma Laboratuvarı'na getirilmiştir. Laboratuvara getirilen balıklar 21 günlük bir adaptasyon sürecine tabi tutulmuş, bu süreçte sabah (09.30) ve akşam (16.30) ticari yemle beslenmişlerdir.

Bu çalışmanın balık deneyleri, Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurul'u tarafından 27.01.2022 tarih ve 2022.01.01 protokol numarasıyla onaylanmıştır.



Şekil 3.1. Gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)

3.1.2. Denemede kullanılan anestezikler

Denemede, anestezik madde olarak kullanılan limon (*Citrus limonum*) ve portakal (*Citrus sinensis*) kabuğu yağları, tıbbi aromatik bitkiler ve bunlardan elde edilen esansiyel yağlar üzerine faaliyet gösteren bir firmadan (Talya Bitkisel Ürünler Tic. San. A.Ş.) temin edilmiştir (Şekil 3.2). Limon ve portakal kabuğu yağlarının içeriğindeki aktif madde oranları Çizelge 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Denemede kullanılan limon ve portakal kabuğu yağı

Çizelge 3.1. Limon ve portakal kabuğu yağlarının aktif madde oranları (%)

Aktif madde	Limon kabuğu yağı	Portakal kabuğu yağı
Alpha thujene	0,224	-
Alpha pinene	2,112	0,586
Sabinene	1,168	0,498
Beta pinene	13,464	0,047
Myrcene	1,224	1,822
Cymene	0.112	-
Limonene	70,808	95,533
Gamma terpinene	6,943	-
Alpha terpinolene	0,237	-
Linalool + Nonanal	0,331	-
Neral	0,479	-
Geranial	0,856	-
Neryl acetate	0,424	-
Geranyl acetate	0,339	-
Caryophyllene	0,229	-
Bergamotene	0,405	-
Beta bisabolene	0,644	-
Delta 3-carene	-	0,138
Linalool	-	0,218
Limonene epoxide	-	0,127
Decanal	-	0,212
Valencene	-	0,458
Diğerleri	-	0,363

3.1.3. Deneme yeri

Gökkuşağı alabalığı'nda limon ve portakal kabuğu yağının anestezik etkileri adlı yüksek lisans tez araştırmasının uygulama aşaması Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

3.2. Metot

3.2.1. Anesteziklerin hazırlanması

Araştırmada anestezik madde olarak kullanılan limon ve portakal kabuğu yağının suda çözünebilmesi ve karışım sağlanabilmesi için deneme öncesinde stok çözeltisi hazırlanmıştır. Stok çözeltisi, anestezik madde: % 95 etanol 1:10 oranında karışım yapılarak hazırlanmıştır (Wagner vd. 2003; Uçar, 2010; Benovit vd. 2012; Roohi ve Imanpoor 2015).

3.2.2. Limon ve portakal yağının anestezik etkinliğinin belirlenmesi

Denemede limon (500, 1000, 2000, 3000, 4000 ve 5000 µL/L) ve portakal (1000, 2000, 3000, 4000 ve 5000 µL/L) kabuğu yağının farklı konsantrasyon değerlerinin 15±0,3 °C su sıcaklığında gökkuşağı alabalığı üzerinde anestezik etkileri araştırılmıştır. Anestezi denemesinden önce, balıklar 24 saat süreyle yemleme yapılmamıştır.

Limon ve portakal kabuğu yağlarına ait her konsantrasyon değeri, içerisinde 3 L su olan kaba (5 litre hacminde) ilave edilmiş ve karıştırılmıştır. Anestezi denemesinde her konsantrasyon değeri için 10 balık kullanılmıştır. Karışım sonrası balıklara bireysel olarak anestezi işlemi gerçekleştirilmiştir. Denemede limon veya portakal yağı içeren sudaki bayılma süresi ve sadece su (Anestezik madde içermeyen) bulunan kaptaki ayılma süreleri dijital kronometre yardımıyla her balık için bireysel olarak takip edilmiştir (Şekil 3.2 ve Şekil 3.3). Anestezi seviyesi ve balıkların anesteziden ayılması iki aşama olarak balıkların operkulum, denge ve yüzme hareketlerine göre değerlendirilmiş olup Bayılma Aşama 1: yüzme hareketinin azalması, dış uyarılara cevap vermesi, normal dengenin sağlanması; Bayılma Aşama 2: Dış uyarılara cevap verilmemesi, balığın tabanda yerde yatması, operkulum hareketinin azalması; Ayılma Aşama 1: Operkulum hareketinin artması ve balığın ilk hareket etmeye başlaması; Ayılma Aşama 2: Operkulum ve yüzme hareketinin normal seviyeye gelmesi şeklindedir ve balıklar maksimum 30 dakika olacak şekilde takip edilmiştir (Cunha vd., 2015; Aydın vd., 2019).



Şekil 3.2. Balıkların anestezik madde ile bayıltma aşaması



Şekil 3.3. Balıkların anestezik madde içermeyen suda ayılma aşaması

3.2.3. Kan örneklerinin alınması ve analizler

Bu denemede, her konsantrasyon değerinde 3 adet balık rastgele seçilmiş ve bireysel olarak balıkların ilgili anestezi konsantrasyon değerinde bayıltılması sonrasında balıklardan kan alımı gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada araştırma konusu limon (2000 ve 5000 µL/L konsantrasyon değerlerinde) ve portakal (2000 ve 5000 µL/L konsantrasyon

değerlerinde) yağı yanında yetiştiricilik sektöründe yaygın olarak kullanılan 2-fenoksietanol (250 ve 750 µL/L konsantrasyon değerlerinde) karşılaştırma yapmak amacıyla kullanılıştır. Bayıltılan balıklar zaman kaybetmeden havlu peçete ile kaudal vena bölgesi kurulanarak kan alımına hazır hale getirilmiştir. Kan alımı, 5 ml'lik plastik enjektörle kaudal venadan girilerek hızlı bir şekilde gerçekleştirilmiştir (Baba et al., 2018). Alınan kan örnekleri zaman kaybedilmeden antikoagulanlı ve jelli serum tüplerine konularak hematoloji ve biyokimya parametrelerinin belirlenmesi için özel bir laboratuvara hızlı bir şekilde iletilmiştir. Serum biyokimyasal parametreleri, toplam protein, albumin, globulin, glikoz, kolesterol, trigliserit, alanin aminotransferaz ve alkalin fosfataz değerlerinin belirlenmesi biyoanalitik test kitleri (Roche Diagnostics, Türkiye) yardımıyla otomatik bir cihaz kullanılarak (Cobas Integra 400, Roche Diagnostics, Türkiye) gerçekleştirilmiştir. Hematolojik parametreler ise tam otamatik kan sayım cihazı (ABX Micros 60, Horiba ABX SAS, Montpellier, France) yardımıyla belirlenmiştir (Fazio vd. 2012; Fazio 2019).

3.2.4. İstatiksel analizler

Bu çalışma sonuçlarında varyansların normalliği ve homojenliği Shapiro-Wilk ve Levene testleri yardımıyla test edilmiş ve doğrulanmıştır. Anesteziklerin etkilerini belirlemek için tek yönlü ANOVA ve Duncan testleri çalışmada kullanılmıştır. Varyansların normalliği ve homojenliği sağlanamadığında Kruskal–Wallis testi uygulanmıştır. Tezdeki veriler ortalama ± standart hata olarak sunulmuş olup hesaplanan P değeri 0,05'ten küçük olduğunda farklılıklar istatistiksel olarak önemli olduğu değerlendirilmiştir. Verilerin analizleri SPSS (v25, IBM Corporation, USA) istatistik paket programı, regresyon denklemleri ve grafikleri ise Microsoft Office Excell programı kullanılarak hazırlanmıştır.

4. BULGULAR

Tez çalışmasının bu bölümünde, bitkisel kökenli anestezik madde olarak değerlendirilen limon ve portakal kabuğu yağının gökkuşağı alabalığı üzerindeki anestezik etkileri ve yapılan anestezi sonrası balıklara ait kan parametreleri bulguları verilmiştir.

4.1. Limon Yağı ile Bayıltılan Balıklara Ait Bayılma ve Ayılma Süreleri

4.1.1 Limon yağı ile bayıltılan balıklara ait bayılma süreleri

Deneme sonucunda limon ile bayıltılan balıkların Aşama 1'de bayılma süreleri 0,5±0,1 – 3,3±0,2 dakika arasında değiştiği ve konsantrasyon değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir (P<0,05) (Çizelge 4.1).

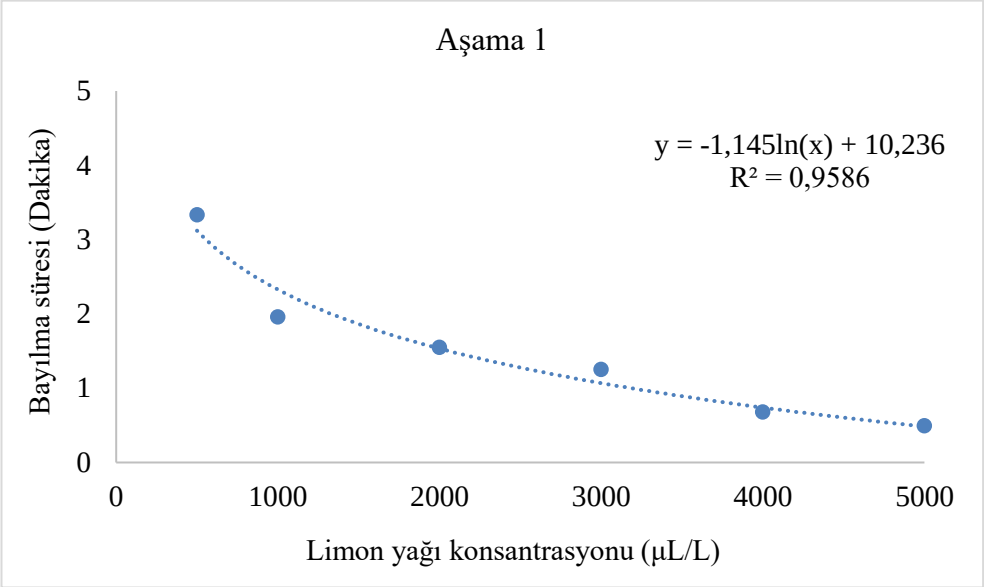
Çizelge 4.1. Gökkuşağı alabalığının farklı konsantrasyonlardaki limon yağı ile bayılma süreleri

Limon yağı konsantrasyonu (µL/L)	Bayılma süresi (Dakika)	
	Aşama 1	Aşama 2
500	$3,3\pm 0,2^{a}$	$25,4 \pm 0,8^{a}$
1000	$2,0 \pm 1,2^{b}$	$19,0 \pm 0,6^{b}$
2000	$1,6 \pm 0,1^{bc}$	$8,1 \pm 0,3^{c}$
3000	$1,3 \pm 0,1^{c}$	$6,8 \pm 0,3^{c}$
4000	$0,7 \pm 1,0^{d}$	$3,5 \pm 0,2^{d}$
5000	$0,5 \pm 0,1^{d}$	$2,8 \pm 0,1^{d}$

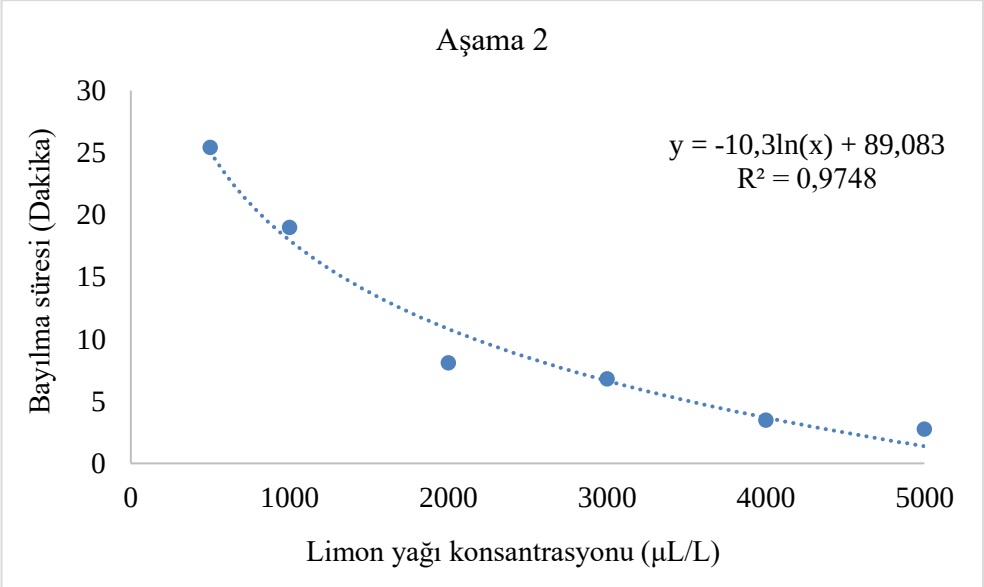
Veriler ortalama ± SH (n=10) olarak ifade edilmiştir.
Her sütunda farklı harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklıdır (P <0.05).

Yapılan regresyon analizi sonucuna göre farklı konsantrasyonlardaki limon yağı ile gökkuşağı alabalığındaki sedasyon (Aşama 1) süreleri arasında yüksek seviyede ve negatif yönde anlamlı bir ilişki olduğu (R^2=0,9586) (Şekil 4.1), limon yağının konsantrasyon değeri arttıkça balıkların bayılma sürelerinin (Aşama 1) logaritmik olarak kısaldığı görülmektedir.

Aşama 2'de limon yağı ile bayıltılan balıkların bayılma süreleri 2,8 ± 0,1 – 25,4±0,8 dakika arasında değiştiği ve konsantrasyon değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir (P<0,05) (Çizelge 4.1). Ancak 2000 µL/L ile 3000 µL/L arasında ve 4000 µL/L ile 5000 µL/L konsantrasyon değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığı bulunmuştur (P>0,05). Farklı konsantrasyonlardaki limon yağı ile gökkuşağı alabalığındaki bayılma (Aşama 2) süreleri arasında yüksek seviyede ve negatif yönde bir ilişki olduğu (R^2=0,9748) görülmektedir (Şekil 4.2). Şekil 4.2 incelendiğinde kullanılan limon yağının dozu arttıkça balıkların bayılma sürelerinin (Aşama 2) logaritmik olarak azaldığı görülmektedir. Bu sonuçlarla balıkların anesteziye girme süresi ile uygulanan dozun miktarı arasında ters orantı mevcuttur.



Şekil 4.1. Limon yağı konsantrasyon değerleri ile gökkuşağı alabalığı bayılma süreleri (Aşama 1) arasındaki ilişkilerin regresyon analizi



Şekil 4.2. Limon yağı konsantrasyon değerleri ile gökkuşağı alabalığı bayılma süreleri (Aşama 2) arasındaki ilişkilerin regresyon analizi

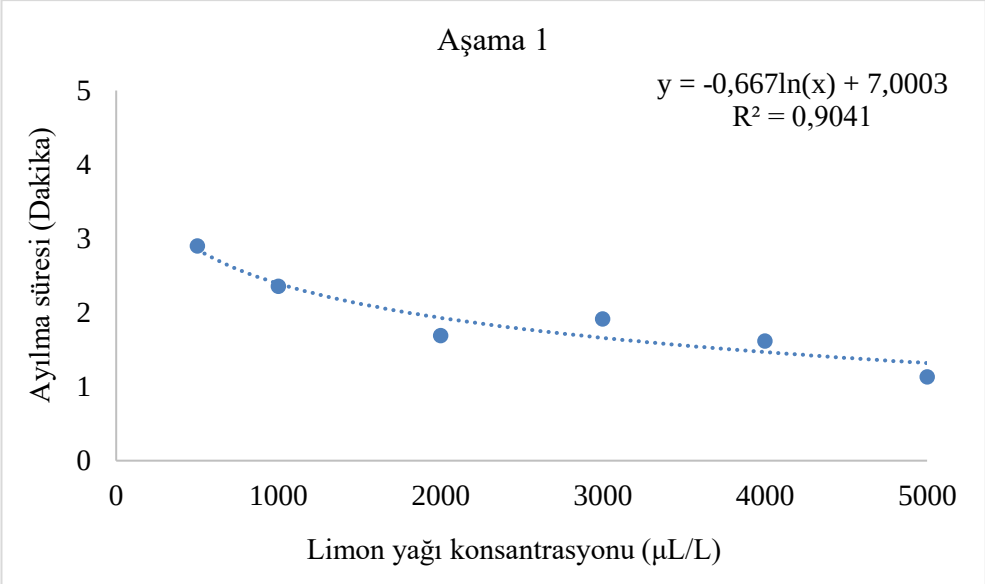
4.1.2. Limon yağı ile bayıltılan balıklara ait ayılma süreleri

Çizelge 4.2. Gökkuşağı alabalığının farklı konsantrasyonlardaki limon yağı ile ayılma süreleri

Limon yağı konsantrasyonu (µL/L)	Ayılma süresi (Dakika)	
	Aşama 1	Aşama 2
500	2,9± 0,3^{a}	7,3 ± 0,6^{a}
1000	2,4 ± 0,2^{ab}	5,2 ± 0,3^{b}
2000	1,7 ± 0,1^{bcd}	4,0 ± 0,2^{bc}
3000	1,9 ± 0,2^{bc}	4,0 ± 0,2^{bc}
4000	1,6 ± 0,1^{cd}	4,1 ± 0,2^{bc}
5000	1,1 ± 0,1^{d}	3,3 ± 0,2^{c}

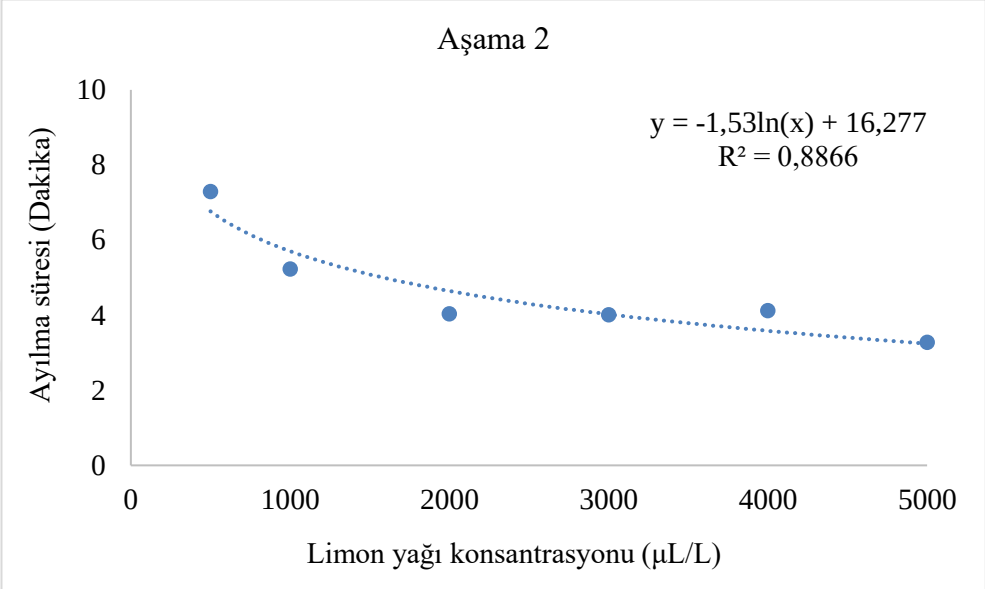
Veriler ortalama ± SH (n=10) olarak ifade edilmiştir.
Her sütunda farklı harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklıdır (P <0.05).

Limon yağının farklı konsantrasyon değerleri ile bayıltılan balıkların ayılma süreleri Aşama 1'de 1,1±0.1 – 2,9±0,3 dakika arasında değiştiği ve konsantrasyon değerleri arasında istatistiksel açıdan balıkların bayılma aşamalarında da olduğu gibi önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir (P<0,05) (Çizelge 4.2). Farklı konsantrasyonlardaki limon yağı ile gökkuşağı alabalığının ayılma (Aşama 1) süreleri arasında yüksek seviyede ve negatif yönde bir ilişki olduğu (R^2=0,9041) görülmektedir (Şekil 4.3). Şekil 4.3 incelendiğinde kullanılan limon yağının dozu arttıkça balıkların ayılma sürelerinin (Aşama 1) logaritmik olarak azaldığı görülmektedir.



Şekil 4.3. Limon yağı konsantrasyon değerleri ile gökkuşağı alabalığı ayılma süreleri (Aşama 1) arasındaki ilişkilerin regresyon analizi

Farklı konsantrasyon değerlerindeki limon yağı ile bayıltılan balıkların Aşama 2'de ayılma süreleri 3,3±0,2 – 7,3±0,6 dakika arasında değiştiği ve konsantrasyon değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir (P<0,05) (Çizelge 4.2). Ancak 1000 µL/L ile 4000 µL/L konsantrasyon değerleri arasında ve 2000 µL/L ile 5000 µL/L konsantrasyon değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılığın olmadığı görülmektedir (P>0,05).



Şekil 4.4. Limon yağı konsantrasyon değerleri ile gökkuşağı alabalığı ayılma süreleri (Aşama 2) arasındaki ilişkilerin regresyon analizi

4.2. Portakal Yağı ile Bayıltılan Balıklara Ait Bayılma ve Ayılma Süreleri

4.2.1. Portakal yağı ile bayıltılan balıklara ait bayılma süreleri

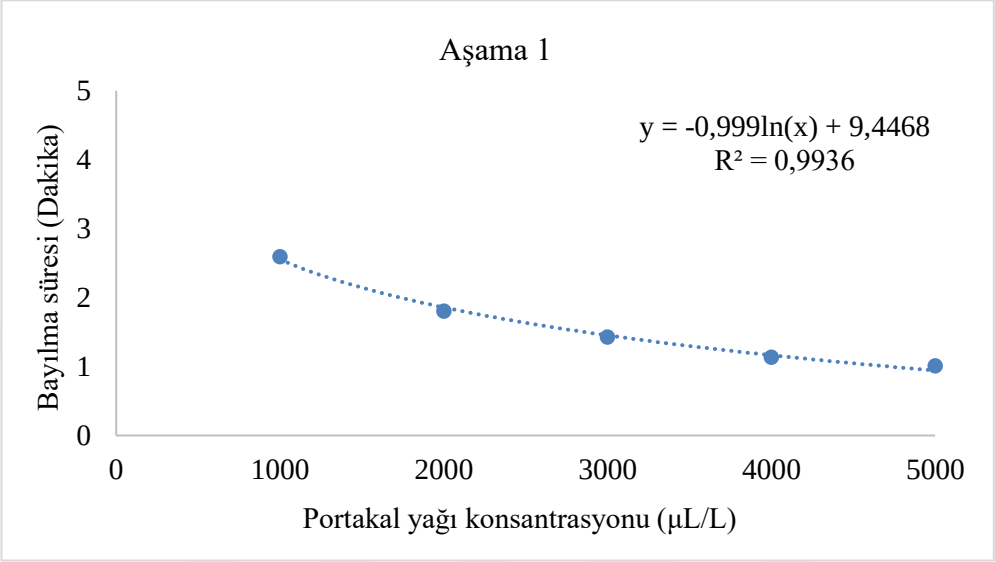
Çizelge 4.3. Gökkuşağı alabalığının farklı konsantrasyonlardaki portakal yağı ile bayılma süreleri

Portakal yağı konsantrasyonu (µL/L)	Bayılma süresi (Dakika)	
	Aşama 1	Aşama 2
1000	2,6 ± 0,2^{a}	28,6 ± 0,3^{a}
2000	1,8 ± 0,1^{b}	21,4 ± 1,4^{b}
3000	1,4 ± 0,1^{bc}	14,2 ± 0,9^{c}
4000	1,1 ± 0,1^{c}	10,1 ± 0,6^{d}
5000	1,0 ± 0,1^{c}	8,0 ± 0,5^{d}

Veriler ortalama ± SH (n=10) olarak ifade edilmiştir.
Her sütunda farklı harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklıdır (P <0.05). 1000 µL/L konsantrasyon değerinde 4 balık 30 dakikada bayılmadığından, değerler 6 balığın ortalaması olarak verilmiştir.

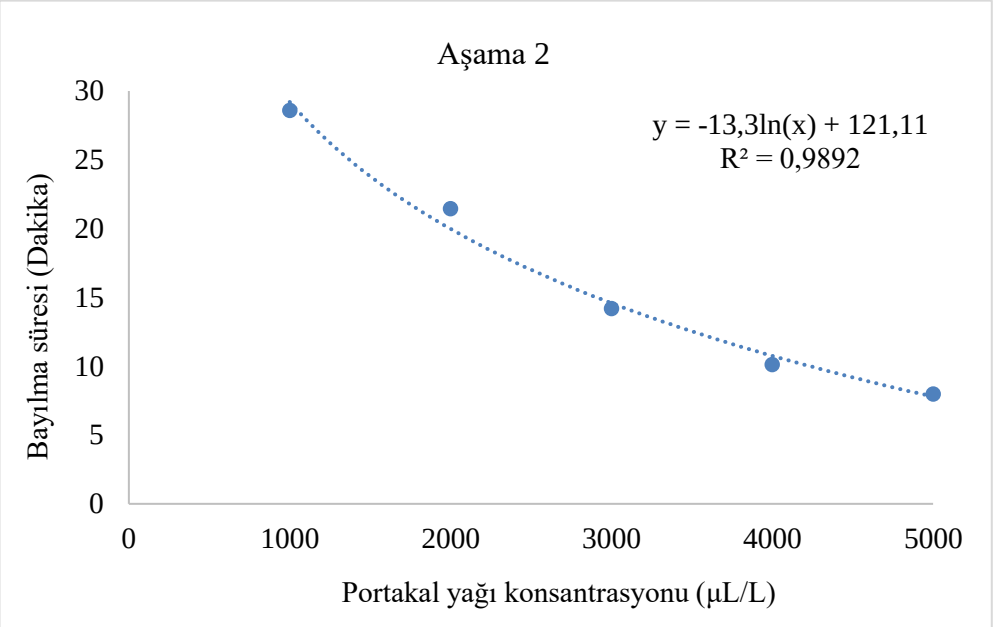
Portakal yağı ile yapılan deneme sonucunda Aşama 1'de balıkların bayılma süreleri 1,0±0,1 – 2,6±0,2 dakika arasında değiştiği ve portakal yağı konsantrasyon değerleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir (P<0,05)

(Çizelge 4.3). Portakal yağının farklı konsantrasyonları ile gökkuşağı alabalığındaki sedasyon (Aşama 1) süreleri arasında yüksek seviyede ve negatif yönde anlamlı bir ilişki olduğu Şekil 4.5 incelendiğinde görülmektedir (R^2=0,9936). Portakal yağının dozu arttıkça balıkların bayılma sürelerinin (Aşama 1) logaritmik olarak azaldığı görülmektedir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda 2000 µL/L ile 3000 µL/L arasında ve 3000 µL/L ile 5000 µL/L arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığı anlaşılmaktadır (P>0,05).



Şekil 4.5. Farklı konsantrasyonlardaki portakal yağı ile gökkuşağı alabalığındaki bayılma süreleri (Aşama 1) arasındaki ilişkilerin regresyon analizi

Aşama 2'de balıkların bayılma süreleri 8,0 ± 0,6 – 28,6 ± 0,3 dakika arasında değiştiği ve portakal yağı konsantrasyon değerleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir (P<0,05) (Çizelge 4.3). Portakal yağının farklı konsantrasyonları ile gökkuşağı alabalığındaki bayılma (Aşama 2) süreleri arasında yüksek seviyede ve negatif yönde anlamlı bir ilişki olduğu Şekil 4.6 incelendiğinde görülmektedir (R^2=0,9892). Portakal yağının dozu arttıkça balıkların bayılma sürelerinin (Aşama 2) logaritmik olarak azaldığı görülmektedir (Şekil 4.6). İstatistiksel analiz sonucunda 4000 µL/L ile 5000 µL/L arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığı tespit edilmiştir (P>0,05).



Şekil 4.6. Farklı konsantrasyonlardaki portakal yağı ile gökkuşağı alabalığındaki bayılma süreleri (Aşama 2) arasındaki ilişkilerin regresyon analizi

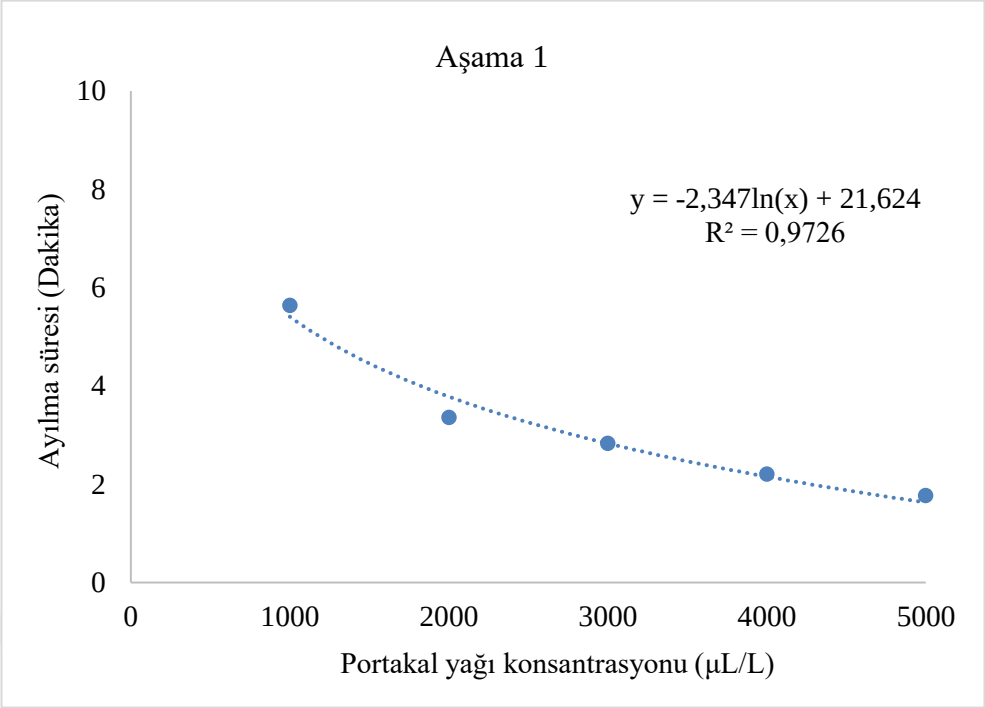
4.2.2. Portakal yağı ile bayıltılan balıklara ait ayılma süreleri

Çizelge 4.4. Farklı konsantrasyonlardaki portakal yağı ile bayıltılan gökkuşağı alabalıklarının ayılma süreleri

Portakal yağı konsantrasyonu (µL/L)	Ayılma süresi (dakika)	
	Aşama 1	Aşama 2
1000	$5,6 \pm 0,3^{a}$	$14,9 \pm 0,6^{a}$
2000	$3,4 \pm 0,3^{b}$	$10,4 \pm 0,8^{b}$
3000	$2,8 \pm 0,3^{bc}$	$7,8 \pm 0,8^{bc}$
4000	$2,2 \pm 0,2^{cd}$	$6,8 \pm 0,5^{c}$
5000	$1,8 \pm 0,2^{d}$	$5,8 \pm 0,4^{c}$

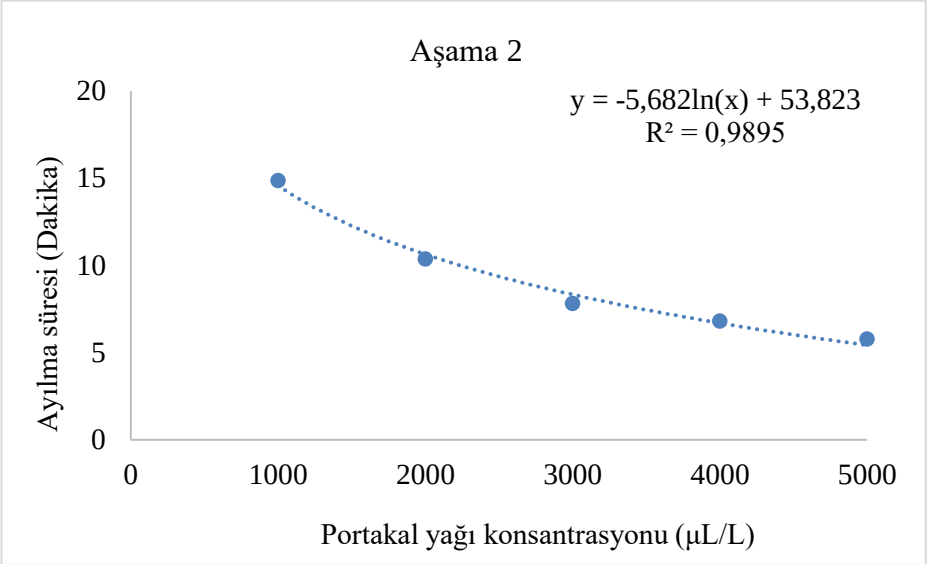
Veriler ortalama ± SH (n=10) olarak ifade edilmiştir.
Her sütunda farklı harflere sahip değerler istatistiksel olarak önemli ölçüde farklıdır (P <0.05). 1000 µL/L konsantrasyon değerinde 4 balık 30 dakikada bayılmadığından değerler 6 balık ortalaması olarak verilmiştir.

Portakal yağı ile bayıltılan balıkların Aşama 1'de ayılma süreleri 1,8±0,2 – 5,6±0,3 dakika arasında değiştiği ve konsantrasyon değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir (P<0,05) (Çizelge 4.4). Farklı konsantrasyonlardaki portakal yağı ile gökkuşağı alabalığının ayılma (Aşama 1) süreleri arasında yüksek seviyede ve negatif yönde bir ilişki olduğu (R^2=0,9726) görülmektedir (Şekil 4.7). Şekil 4.7 incelendiğinde kullanılan portakal yağının konsantrasyon değeri arttıkça balıkların ayılma sürelerinin (Aşama 1) logaritmik olarak azaldığı görülmektedir.



Şekil 4.7. Farklı konsantrasyonlardaki portakal yağı ile gökkuşağı alabalığındaki ayılma süreleri (Aşama 1) arasındaki ilişkilerin regresyon analizi

Portakal yağı ile bayıltılan balıkların Aşama 2'de ise ayılma süreleri 5,8±0.4 – 14,9±0,6 dakika arasında değiştiği ve konsantrasyon değerleri arasında Aşama 1'de olduğu gibi istatistiksel açıdan önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$) (Çizelge 4.4). Farklı konsantrasyonlardaki portakal yağı ile gökkuşağı alabalığının ayılma (Aşama 2) süreleri arasında yüksek seviyede ve negatif yönde bir ilişki olduğu ($R^2=0,9895$) görülmektedir (Şekil 4.8). Kullanılan portakal yağının konsantrasyon değeri arttıkça balıkların ayılma sürelerinin (Aşama 2) logaritmik olarak azaldığı tespit edilmiştir. İstatistiksel analiz sonucunda 2000 µL/L ile 3000 µL/L ve 3000 µL/L ile 5000 µL/L konsantrasyon değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın olmadığı tespit edilmiştir ($P>0,05$).



Şekil 4.8. Farklı konsantrasyonlardaki portakal yağı ile gökkuşağı alabalığındaki ayılma süreleri (Aşama 2) arasındaki ilişkilerin regresyon analizi

4.3. Anesteziklerin Balıkların Kan Parametreleri Üzerine Etkileri

Limon yağı, portakal yağı ve 2-fenoksietanol için seçilen düşük ve yüksek konsantrasyon uygulamalarında gökkuşağı alabalığının bayıltılması sonrasında elde edilen kan parametrelerine ilişkin bulgular Çizelge 4.5, Çizelge 4.6, Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Limon yağı, portakal yağı ve 2-fenoksietanol ile bayıltılan gökkuşağı alabalığına ait RBC, HCT ve HGB değerleri

Deneme grupları	Parametreler		
	RBC ($x10^6/mm^3$)	HCT (%)	HGB (g/dL)
L2000	1,31 ± 0,17	31,60 ± 3,50	10,55 ± 1,55
P2000	1,34 ± 0,15	32,30 ± 3,69	11,40 ± 1,36
F250	1,53 ± 0,15	36,33 ± 3,59	12,63 ± 0,91
L5000	1,21 ± 0,10	28,86 ± 2,09	9,97 ± 0,79
P5000	1,49 ± 0,05	40,45 ± 3,85	11,90 ± 0,20
F750	1,51 ± 0,16	36,13 ± 3,59	12,87 ± 1,10

Değerler ortalama ± SH şeklinde olup aynı sütunda farklı harfle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğunu göstermektedir (P< 0,05). Kısaltmalar = L2000: 2000 µL/L limon konsantrasyonu; P2000: 2000 µL/L portakal konsantrasyonu; F250: 250 µL/L 2-fenoksietanol konsantrasyonu; L5000: 5000 µL/L limon konsantrasyonu; P5000: 5000 µL/L portakal konsantrasyonu; F750: 750 µL/L 2-fenoksietanol konsantrasyonu. RBC: Eritrosit hücreleri; HCT: Hematokrit; HGB: Hemoglobin

Balıkların anestezik maddeler ile bayıltılması sonrasında eritrosit (RBC), hematokrit (HTC) ve hemoglobin (HGB) değerlerinde gruplar arasında önemli farklılıkların olmadığı sonucuna varılmıştır (P>0,05) (Çizelge 4.5). Benzer şekilde serum alanin aminotransferaz (ALT) ve alkalin fosfataz (ALP) değerlerinde de gruplar arasında önemli bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir (P>0,05) (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Farklı konsantrasyonlarda anestezik madde ile bayıltılan gökkuşağı alabalığına ait serum ALT ve ALP değerleri

Deneme grupları	Parametreler	
	ALT (IU/L)	ALP (IU/L)
L2000	47,00 ± 14,98	85,33 ± 7,97
P2000	72,33 ± 28,48	66,67 ± 16,27
F250	112,33 ± 52,49	59,00 ± 7,51
L5000	72,00 ± 20,95	69,00 ± 18,25
P5000	78,00 ± 11,79	61,00 ± 7,02
F750	155,67 ± 77,15	52,67 ± 8,21

Değerler ortalama ± standart hata şeklinde olup aynı sütunda farklı harfle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğunu göstermektedir (P< 0,05). Kısaltmalar = L2000: 2000 µL/L limon konsantrasyonu; P2000: 2000 µL/L portakal konsantrasyonu; F250: 250 µL/L 2-fenoksietanol konsantrasyonu; L5000: 5000 µL/L limon konsantrasyonu; P5000: 5000 µL/L portakal konsantrasyonu; F750: 750 µL/L 2-fenoksietanol konsantrasyonu; ALT: alanin aminotransferaz; ALP: alkalin fosfataz

Toplam protein değeri en düşük 3,23 ± 0,40 mg/dL ile P2000 grubunda bulunurken en yüksek 4,00 ± 0,36 mg/dL ile P5000 grubunda bulunmuş olup toplam protein değerleri arasındaki farklılıklar gruplar arasında önemsiz bulunmuştur (P>0,05) (Çizelge 4.7). Benzer şekilde, kolesterol ve glikoz değerleri incelendiğinde gruplar arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak önemsiz olduğu bulunmuştur (P>0,05). Ancak trigliserit değerlerine bakıldığında gruplar arasında önemli farklılıkların olduğu (P<0,05), en düşük trigliserit değerinin 151,67 ± 27,48 mg/dL ile F250 grubunda olduğu, en yüksek değerin ise 267,00 ± 21,59 mg/dL ile L5000 grubunda olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7. Farklı konsantrasyonlarda anestezik madde ile bayıltılan gökkuşağı alabalığına ait serum toplam protein, trigliserit, kolesterol ve glikoz değerleri

Deneme grupları	Parametreler			
	Toplam protein (g/dL)	Trigliserit (mg/dL)	Kolesterol (mg/dL)	Glikoz (mg/dL)
L2000	3,57 ± 0,24	225,00 ± 7,00^{ab}	200,66 ± 31,22	61,33 ± 2,40
P2000	3,23 ± 0,40	239,33 ± 23,81^{a}	165,00± 13,43	72,67 ± 15,39
F250	3,50 ± 0,30	151,67 ± 27,48^{b}	189,33 ± 27,76	99,00 ± 24,64
L5000	3,57 ± 0,14	267,00 ± 21,59^{a}	216,00 ± 13,61	57,33 ± 10,74
P5000	4,00 ± 0,36	235,67 ± 22,10^{a}	205,66 ± 16,47	73,67 ± 7,96
F750	3,50 ± 0,21	210,00 ± 29,54^{ab}	182,00 ± 9,50	99,00 ± 10,58

Değerler ortalama ± standart hata şeklinde olup aynı sütunda farklı harfle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğunu göstermektedir (P< 0,05). Kısaltmalar = L2000: 2000 µL/L limon konsantrasyonu; P2000: 2000 µL/L portakal konsantrasyonu; F250: 250 µL/L 2-fenoksietanol konsantrasyonu; L5000: 5000 µL/L limon konsantrasyonu; P5000: 5000 µL/L portakal konsantrasyonu; F750: 750 µL/L 2-fenoksietanol konsantrasyonu.

Farklı konsantrasyon değerlerinde limon yağı, portakal yağı ve 2-fenoksietanol ile bayıltılan gökkuşağı alabalığına ait serum kalsiyum, sodyum, potasyum ve klor değerleri Çizelge 4.8'de verilmiştir. Serum kalsiyum değerleri 11,33 ± 0,22 mmol/L ile 13,83 ± 0,77 mmol/L arasında değiştiği ve gruplar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıkların olduğu tespit edilmiştir (P<0,05).

Çizelge 4.8. Farklı konsantrasyonlarda anestezik madde ile bayıltılan gökkuşağı alabalığına ait serum kalsiyum, sodyum, potasyum ve klor değerleri

Deneme grupları	Parametreler			
	Kalsiyum (mmol/L)	Sodyum (mmol/L)	Potasyum (mmol/L)	Klor (mmol/L)
L2000	11,97 ± 0,38^{bc}	150,67 ± 0,82	2,37 ± 0,33^{ab}	127,53 ± 2,19
P2000	13,23 ± 0,37^{ab}	147,23 ± 2,84	3,53 ± 1,03^{a}	125,00 ± 4,05
F250	11,37 ± 0,27^{c}	148,24 ± 0,65	1,37 ± 0,54^{b}	128,60 ± 1,99
L5000	11,33 ± 0,22^{c}	149,43 ± 0,75	2,13 ± 0,69^{ab}	124,87 ± 0,47
P5000	13,83 ± 0,77^{a}	150,67 ± 1,32	2,10 ± 0,45^{ab}	129,20 ± 2,97
F750	11,80 ± 0,25^{c}	148,50 ± 1,33	1,50 ± 0,51^{ab}	121,86 ± 7,69

Değerler ortalama ± SH şeklinde olup aynı sütunda farklı harfle gösterilen değerler istatistiksel olarak birbirinden farklı olduğunu göstermektedir (P<0,05). Kısaltmalar = L2000: 2000 µL/L limon konsantrasyonu; P2000: 2000 µL/L portakal konsantrasyonu; F250: 250 µL/L 2-fenoksietanol konsantrasyonu; L5000: 5000 µL/L limon konsantrasyonu; P5000: 5000 µL/L portakal konsantrasyonu; F750: 750 µL/L 2-fenoksietanol konsantrasyonu.

Benzer şekilde serum potasyum değerinde gruplar arasında önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir ($P<0,05$). Serum sodyum ve klor değerlerinin ise gruplar arasında istatistiksel olarak önemli farklılık göstermediği sonucuna varılmıştır ($P>0,05$).

5. TARTIŞMA

Su ürünleri yetiştiricilik sektörünün sürdürülebilirliği için balıkların minimum stres şartlarında yetiştirilmesi gerekmektedir (Ebrahimzadeh Mousavi vd. 2023). Su ürünleri araştırmaları ve balık çiftliklerinde sağım, tartım, boylama, aşı, transfer ve hasat gibi işlemlerin balıklar için daha az stresli ve daha kolay uygulama yapılabilmesi amacı ile sedatif ve anestezik maddelerin kullanılması gerekmektedir (Javahery vd. 2012; Ak vd. 2022; Yigit ve Kocaayan 2023). Su ürünleri yetiştiricilik sektöründe en yaygın kullanılan anesteziklerin MS-222, kuinaldin, benzokain, 2-fenoksietanol, methomidate, eugenol ve karanfil yağı olduğu bilinmektedir (Aydın ve Barbas, 2020; Yigit ve Kocaayan 2023). Anestezik olarak kullanılan sentetik maddelerin balıklar üzerinde yan etkilere yol açtığı, balıklarda oluşturdukları birikimlerin ise bunları tüketen insanların sağlığını olumsuz yönde etkilediği ve çevre üzerine olumsuz etkiler bıraktığı bildirilmektedir (Boaventura vd. 2020; Ak vd. 2022). Sentetik anesteziklerin olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak amacı ile son yıllarda bitkilerden elde edilen yağların anestezik olarak kullanılması gündeme gelmiş ve konu ile ilgili birçok çalışma yapılmaktadır. Yapılan bu tez çalışmasında ise limon ve portakal kabuğundan elde edilen uçucu yağların gökkuşağı alabalığı üzerindeki anestezik etkileri incelenmiştir.

Anestezik madde olarak kullanılan bitkisel yağların içeriğindeki etken maddelerin ne olduğu ve hangi oranlarda bulunduğu, o yağın balıklar üzerindeki anestezik etkinliği açısından büyük öneme sahiptir. Bu çalışmada anestezik olarak kullanılan bitki yağlarındaki etken maddelerinin içeriğine bakıldığında limon yağında %70,81 oranında limonene, %13,46 beta pinene ve %6,94 oranında da gamma terpinene olduğu, portakal yağında ise limonene oranının %95,53 olduğu görülmektedir (Çizelge 3.1). Çizelge 5.1'de sunulan araştırma sonuçlarına bakıldığında limonene içeriğinin bitkiler arasında değişken olduğu, hatta aynı bitkisel yağda bile birçok faktörden bu oranların etkilendiği bildirilmektedir. Bu çalışmada kullanılan portakal yağında limonene etken maddesi %95,53 oranında iken bir başka bitki *Hesperozygis ringens* yağında limonene oranının %1,28 olduğu, pulegone ise %95,18 oranında ana etken madde olduğu ve gümüş yayın balıklarında (*Rhamdia quelen*) anestezik özellik gösterdiği bildirilmiştir (Ferreira vd. 2022).

Bu tez çalışmasında limon ve portakal yağı için 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 µL/L lik konsantrasyon değerleri kullanılmış olup çalışma bulgularına bakıldığında limon ve portakal kabuğu yağlarının gökkuşağı alabalığı üzerinde anestezik etkilerinin olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.3). Çalışmada, limon yağının 5000 µL/L konsantrasyon değerinde gökkuşağı alabalığının 2,8 ± 0,1 dakikada anesteziye (Aşama 2) girdiği belirlenmiştir. 4000 µL/L konsantrasyonda ise 3,5 ± 0,2 dakikada balıkların anesteziye girdikleri tespit edilmiştir. Portakal yağında ise 5000 µL/L konsantrasyon değerinde gökkuşağı alabalığı 8,0 ± 0,5 dakikada anesteziye girdiği belirlenmiştir. Diğer konsantrasyon değerlerinde ise balıkların anesteziye girmeleri 10 dakikanın üzerinde bir sürede olduğu belirlenmiştir. İdeal bir anestezik maddenin balıkları 3 dakikadan daha kısa

bir sürede balıkları bayıltması ve 5 dakikadan önce anesteziden ayılmanın gerçekleşmesi gerektiği ifade edilmektedir (Alagöz vd. 2021). Bu süre dikkate alındığında, bu çalışmada limon yağının 5000 µL/L oranında kullanılması bu koşulu sağladığı görülmektedir. Ancak portakal yağında 3 dakikadan önce hiçbir konsantrasyon değerinde balıklarda anestezi (Aşama 2) görülmemiştir.

Çizelge 5.1. Bazı bitkisel yağların limonene etken madde içerikleri

Bitki	Limonene içeriği (%)	Kaynak
Citrus x aurantium	93,89	Lopes vd. (2018)
Citrus x latifolia	49,73	
Aloysia polystachya	33,68	Fogliarini vd. (2017)
Cinnamomum camphora	30,0	Pedrazzani ve Neto (2016)
Mentha arvensis	6,75	
Hesperozygis ringens	1,28	Ferreira vd. (2022)
Cuminum cyminum	0,76	Metin vd. (2022)
Coriandrum sativum	3,03	Yigit ve Kocaayan (2023)
Lippia alba	7,32	dos Santos Maia vd. (2019)
Aloysia triphylla	2,70	Teixeira vd. (2017)
Cymbopogon nardus.	0,98	Barbas vd. (2017)
Aniba rosaeodora	0,42	Kizak vd. (2018)

Limon yağının 5000 µL/L oranının diğer bitkisel yağlarla yapılan çalışma sonuçlarındaki oranlara kıyasla yüksek konsantrasyon değerinde etki gösterdiği görülmektedir. Bu durumun bitkisel yağların içeriğindeki etken maddelerin farklı olması ve farklı oranlarda bulunmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Çizelge 5.1) (Aydın ve Barbas 2020). Şöyle ki, ana aktif maddesi eugenol olan karanfil yağının 60 mg/L oranında kullanılması ile gökkuşağı alabalığının 3 dakikadan önce bayıldığı bildirilmekte (Wagner vd. 2003) olup bu oran bizim çalışmamızdaki limon yağı konsantrasyon değerinden oldukça düşüktür. Diğer bitkisel yağlardan kişniş (*Coriandrum sativum*) ve lavanta (*Lavandula angustofolia*) yağının 300 – 600 mg/L oranında (Yigit vd. 2022a; Yigit ve Kocaayan 2023), okaliptüs (*Eucalyptus globulus*) yağının 400 – 600 mg/L oranında (Yigit vd. 2022b), papatya yağının (*Matricaria chamomilla*) 175 – 200 µL/L oranında (Ak vd. 2022) kullanılması ile gökkuşağı alabalığının 3 dakikadan önce bayıldığı bildirilmiştir. Bizim çalışmamız ile diğer çalışmalar arasındaki konsantrasyon değerleri arasındaki farklılığın yağ içeriğindeki yüksek oranda bulunan aktif maddelerin ve kullanım oranlarının farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Diğer taraftan yağ içeriğindeki anestezik özellikteki etken maddelerin de anestezik olarak balıklarda kullanıldığı bilinmektedir (Aydın ve Barbas 2020). 1,8 cineole etken maddesinin 500 – 700 µL/L oranında (Taheri Mirghaed vd. 2018a), citronellal 600 – 800 µL/L oranında (Hoseini vd. 2022), menthol 80 – 150 mg/L oranında (Teta ve Kaiser 2019b), myrcene

300 – 500 µL/L oranında ve eugenol ise 50 – 130 µL/L oranında (Taheri Mirghaed vd. 2018b) kullanılması sonucunda gökkuşağı alabalığının 3 dakika öncesinde bayıldığı bildirilmiştir. Bu etken maddelerde farklı konsantrasyon değerlerinin elde edilmesi, etken maddelerin balık üzerindeki anestezik etkinliğinin farklı düzeyde olması ile açıklanabilir.

Anesteziden çıkış sürelerine bakıldığında, limon yağı için 1000 µL/L lik konsantrasyon değerinde 5,2 ± 0,3 dakikada, 2000 µL/L lik konsantrasyonda 4,0 ± 0,2 dakikada, 3000 µL/L lik konsantrasyonda 4,0 ± 0,2 dakikada, 4000 µL/L lik konsantrasyonda 4,1 ± 0,2 dakikada ve 5000 µL/L lik konsantrasyonda 3,3 ± 0,2 dakikada gökkuşağı alabalığının ayılmasının gerçekleştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). 500 µL/L lik konsantrasyonda ise gökkuşağı alabalığının 5 dakikanın üzeri olan 7,3 ± 0,6 dakikada ayılmalarının gerçekleştiği görülmüştür. Şekil 4.4 incelendiğinde limon yağı konsantrasyon değerinin artışı ile balıkların ayılmasının daha hızlı olduğu görülmektedir. Bu çalışma bulgularına benzer olarak sütleğen (*Euphorbia rigida*) bitkisi kullanılarak bayıltılan gökkuşağı alabalığının anesteziden uyanmasının hızlandığı, citronellal (Hoseini vd. 2022) ve menthol (Teta ve Kaiser 2019a) kullanımında balıkların uyanma süreleri arasında önemli bir farklılığın olmadığı bildirilmiştir. Bu çalışma bulgularından farklı olarak lavanta (*Lavandula angustifolia*) ve defne (*Laurus nobilis*) (Yigit vd., 2022a), kişniş (*Coriandrum sativum*) (Yigit ve Kocaayan 2023), okaliptüs (*Eucalyptus globulus*) (Yigit vd. 2022b) yağlarında konsantrasyon artışı ile balıkların ayılma sürelerinin arttığı bildirilmiştir.

Balıklarda kan parametreleri birçok bilimsel çalışmada yaygın olarak uygulanan önemli bir araştırma tepkileridir. Anestezi çalışmalarında kullanılan anestezik maddelerin balıkların fizyolojisi üzerine değişik oranlarda olumlu veya olumsuz anlamda etkilerinin olduğu, bu etkilerin anlaşılmasında kan parametrelerinin izlenmesi kullanılan anestezik maddenin değerlendirilmesinde yararlı olduğu ifade edilmektedir (Alagöz vd., 2021; Sorensen vd., 2023). Bu çalışmada limon yağı, portakal yağı ve 2-fenoksietanolün anestezik olarak gökkuşağı alabalığında kullanılması sonrasında kan parametreleri incelenmiştir.

Hematolojik parametrelerden eritrosit, hemoglobin ve hematokrit indeksleri balıkların çevresel maddelere karşı verdiği sekonder bir yanıt olarak değerlendirilebilir (Uçar, 2010). Bu çalışma sonuçlarına benzer şekilde gökkuşağı alabalığının karanfil yağı ve 2-fenoksietanol ile bayıltılması sonrasında balıkların hemoglobin ve hematokrit değerlerinde önemli bir farklılığın olmadığı raporlanmış (Uçar, 2010). Bu çalışma sonuçlarından farklı olarak timol ve eugenolün düşük (30 mg/L) ve yüksek (80 mg/L) konsantrasyon değerleriyle tilapia balıklarının bayıltılması sonrasında balıkların eritrosit, hemoglobin ve hematokrit seviyelerinde gruplar arasında önemli farklılıkların olduğu, anestezik maddede konsantrasyon değerinin düşük olması bu parametrelere ait değerlerin yükselmesine neden olduğu rapor edilmiştir. Bu çalışmada portakal yağının 5000 µL/L ve 2-fenoksietanolün 250 ve 750 µL/L konsantrasyon değerleri ile bayıltılan balıkların diğer konsantrasyon değerlerine göre hematokrit değerlerinde bir miktar yüksek olduğu

görülmüştür. Bu durumun düşük konsantrasyon değerinde yapılan uygulamada balıkların daha geç bayıldığı ve sentetik anestezik olması nedeniyle balıklarda stres gerçekleşmiş olabileceği, bu sonucun kandaki oksijen kapasitesini arttırmak amacıyla gerçekleşmiş olabileceği ifade edilmiştir (Yousefi vd., 2022).

Serum ALT ve ALP seviyesinin yükselmesi, balıkta karaciğer dokusunun zarar gördüğü ve bu nedenle kan serum seviyesinde enzim miktarını arttırdığı bilinmektedir (Xie vd. 2021). Bu nedenle bu enzimlerin kan serum düzeylerinin belirlenmesi karaciğer hücrelerinin gördüğü olumsuz etkinin düzeyini ve balıkların sağlık durumlarının tahmin edilmesinde kullanılan önemli kan parametreleri olarak değerlendirilmektedir (Wang vd. 2020). Bu çalışmada kullanılan bitkisel anestezik maddelerin gökkuşağı alabalığı üzerinde 2-fenoksietanole göre daha düşük ALT seviyesine neden olduğu görülmekte ancak aralarındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemsiz olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde 2-fenoksietanol, MS-222 ve propiscin gökkuşağı alabalığının ALT seviyeleri üzerinde önemli bir farklılığın olmadığı bildirilmiştir (Velisek vd., 2011). Sazan balıklarında 10 mg/L ve 20 mg/L oranında eugenol ve timol kullanımı sonrasında balıkların serum ALT seviyelerinde bu çalışmada olduğu gibi önemli bir farklılığın olmadığı raporlanmış (Yousefi vd., 2018).

Serum glikoz, kolesterol ve trigliserit seviyesi balıklarda stres seviyesinin değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılan kan parametreleridir (Barton 2000; Roohi ve Imanpoor 2015; Boaventura vd., 2022). Bu tez çalışmasında deneme grupları arasında istatistiksel olarak bir farklılık bulunmazken 2-fenoksietanolün limon ve portakal yağı gruplarına göre daha yüksek seviyede glikoz değerine sahip olduğu, en düşük glikoz seviyesinin limon yağında olduğu tespit edilmiştir. Burada sentetik bir anestezik madde olan 2-fenoksietanolün bitkisel yağlara göre serum glikoz seviyesini yükselttiği ve stresi arttırdığı değerlendirilebilir. Bu çalışmada düşük ve yüksek anestezik konsantrasyon değerleri arasında glikoz değerinde önemli bir farklılık yok iken bu çalışmadan farklı olarak nane (*Mentha spicata*) bitkisinden elde edilen yağın anestezik madde olarak kullanıldığı çalışmada, nane yağı konsantrasyon artışı sazan (*Cyprinus carpio*) balıklarının serum glikoz seviyesini önemli ölçüde artırdığı bildirilmiştir (Roohi ve Imanpoor 2015). Saccol vd. (2017) ve Cárdenas vd. (2016) çalışma bulgularına benzer şekilde bu çalışmada yüksek konsantrasyondaki anestezikler ile bayıltılan alabalıkların serum trigliserit bulguları gruplar arasında benzer bulunmuştur. Ancak düşük konsantrasyon değerlerinde portakal yağı ile 2-fenoksietanol arasında önemli farklılığın olduğu, 250 mg/L oranında 2-fenoksietanolün trigliserit miktarını düşürdüğü tespit edilmiştir. Bu çalışma sonuçlarına benzer şekilde timol ve eugenolün düşük (30 mg/L) ve yüksek (80 mg/L) konsantrasyon değerleriyle tilapia balıklarının bayıltılması sonrasında balıkların kolesterol seviyeleri arasında önemli bir farklılığın olmadığı bildirilmiştir.

Bu çalışmada kan elektrolitlerinden kalsiyum ve potasyum, anestezik madde çeşidinden önemli derecede etkilenirken sodyum ve klor değerlerinin etkilenmediği bulunmuştur. Bu çalışma sonuçlarından farklı olarak Ventura vd. (2020) çalışmasında

Nil tilapya balıklarında eugenol ve fesleğen (*Ocimum basilicum*) yağının 20 µL/L oranında kullanılması sonrasında balıkların serum potasyum ve kalsiyum değerlerinin anestezik madde çeşidinden etkilenmediği, ancak sodyum ve klor değerlerinin etkilendiğini bildirmişlerdir. Yine benzer şekilde eugenolün ve timolün sazan balıklarının sodyum ve klor değerleri üzerinde bu çalışma sonuçlarında olduğu gibi önemli bir farklılık olmamıştır. Stres koşullarında oksijen talebinde görülen artış balıkların hızlı solungaç hareketine neden olmakta ve bu durum sonucunda balıkta mineral madde dengesizliğine neden olabileceği bildirilmektedir (Ashley, 2007; Mazandarani vd., 2017). Bu çalışmada portakal yağı ile anestezi işlemine maruz bırakılan alabalıkların serum kalsiyum değerinde görülen artış bu duruma bağlanabilir. Çalışmalar arasında kan parametrelerinde görülen farklılıklar, balık çeşidi, kullanılan anestezik maddenin konsantrasyonu, uygulama süresi, su kalite parametreleri gibi birçok faktörden dolayı olabileceği ifade edilmektedir (Ventura vd., 2020).

6. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında ülkemiz yetiştiricilik sektöründe en fazla yetiştiriciliği yapılan balık türlerinden biri olan gökkuşağı alabalığı üzerinde bitkisel kökenli ve anestezik özelliği bulunan limon ve portakal kabuğu yağının etkinliği ve uygun konsantrasyon değerleri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda, limon ve portakal kabuğu yağları ve konsantrasyon değerlerine bağlı olarak balıkların anesteziye giriş ve anesteziden ayılma sürelerinin farklı olduğu bulunmuştur. Anestezik maddeler arasındaki bu farklılığın limon ve portakal yağı içeriğindeki etken madde içeriklerinin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Limon kabuğu yağı için en uygun konsantrasyon değerinin 5000 µL/L olduğu sonucuna varılmış olup bu konsantrasyon değerinde balıkların 2,8 dakikada anesteziye girdiği ve anesteziden uyanma süresinin 3,3 dakika olduğu sonucuna varılmıştır. Limon yağının konsantrasyon değeri arttıkça balıkların bayılma ve ayılma sürelerinin diğer birçok çalışmada olduğu gibi logaritmik olarak azaldığı tespit edilmiştir.

Portakal kabuğu yağında ise en hızlı anestezi sürecinin 5000 µL/L konsantrasyon değerinde 8,0 dakikada gerçekleştiği ve balıkların anesteziden ayılma süresinin ise 5,8 dakikada olduğu belirlenmiştir. Ancak portakal kabuğu yağının balıkları bayıltması (> 3 dakika) ve anesteziden balıkların ayılması (> 5 dakika) uzun süre aldığı için ideal anestetik madde olarak değerlendirilmekten uzak olduğu düşünülmektedir. Limon yağında olduğu gibi portakal yağının konsantrasyon değeri arttıkça balıkların bayılma ve ayılma sürelerinin logaritmik olarak azaldığı sonucuna varılmıştır.

Çalışmamız bulgularına göre limon yağının portakal yağına göre anestezik madde olarak daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Ülkemizin güney bölgesinde yaygın olarak üretimi yapılan limonun ve portakalın kabuğundan elde edilen yağın su ürünleri yetiştiricilik sektöründe doğal bir anestezik madde olarak değerlendirilebileceği düşünülmekte olup bu konuda daha fazla çalışmaya ihtiyaç olduğu göz ardı edilmemelidir.

7. KAYNAKLAR

Ak K, Minaz M, Er A, Aslankoç R (2022) The using potential of a new natural anesthetic agent on rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Chamomile oil (*Matricaria chamomilla*). Aquaculture 561:738742. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738742

Aktaş, Z. (2021). Nane yağı (*Menta Piperita*) ve biberiye yağının (*Rosmarinus Officinalis*) karabalık (*Clarias Gariepinus*, Burchell 1822) üzerinde anestezik etkileri. Yüksek Lisans Tezi, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Akyüz, A.P., Dernekbaşı, S., Karayücel, İ. 2018. Yüksek sıcaklıkla oksidatif strese maruz bırakılan gökkuşağı alabalığında (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792), karayemiş yaprağı (*Laurocerasus officinalis* Roem.) ekstraktının büyüme, yaşama oranı ve bazı antioksidan enzimler üzerine etkisi. Su Ürünleri Dergisi, 35(2): 131139. https://doi.org/10.12714/egejfas.2018.35.2.05

Alagöz K, Paruğ Ş, Taştan Y, et al (2021) Spurge (*Euphorbia rigida*) exhibits anaesthetic effect in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) without altering plasma cortisol levels. Aquac Res 52:5441–5451. https://doi.org/10.1111/are.15414

Ashley, P.J., 2007. Fish welfare: Current issues in aquaculture. Applied Animal Behaviour Science 104, 199–235. https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.09.001

Aydın, İ., Akbulut, B., Küçük, E., Kumlu, M., 2015. Effects of temperature, fish size and dosage of clove oil on anaesthesia in turbot (*Psetta maxima* Linnaeus, 1758). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 15: 899-904. DOI: 10.4194/1303-2712-v15_4_13.

Aydın, B., Akhan, S., Gümüş, E. and Özbaş, M. (2019). Anesthetic efficacy of clove oil and 2-phenoxyethanol on doctor fish, *Garra rufa* (Heckel, 1843). *Boletim Do Instituto de Pesca,* 45 (4): e506.

Aydın B, Barbas LAL (2020) Sedative and anesthetic properties of essential oils and their active compounds in fish: A review. Aquaculture 520:734999. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.734999

Azad, I. S., Al-Yaqout, A. and Al-Roumi, M. (2014). Antibacterial and immunity enhancement properties of anaesthetic doses of thyme (*Thymus vulgaris*) oil and three other anaesthetics in *Sparidentax hasta* and *Acanthopagrus latus*. *Journal of King Saud University - Science,* 26 (2): 101–106.

Baba, E., Acar, Ü., Yılmaz, S., Zemheri, F., Ergün, S., 2018. Dietary olive leaf (*Olea europea* L.) extract alters some immune gene expression levels and disease resistance to Yersinia ruckeri infection in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Fish and Shellfish Immunology 79, 28–33. https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.04.063

Başaran, F., Şen, H. & Karabulut, Ş. (2007). Effects of 2-Phenoxyethanol on survival of normal juveniles and malformed juveniles having lordosis or nonfunctional swimbladders of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). Aquaculture Research, 38(9): 933-939.

Barbas LAL, Hamoy M, de Mello VJ, et al (2017) Essential oil of citronella modulates electrophysiological responses in tambaqui *Colossoma macropomum*: A new

anaesthetic for use in fish. Aquaculture 479:60–68. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.05.027

Barton BA (2000) Salmonid fishes differ in their cortisol and glucose responses to handling and transport stress; salmonid fishes differ in their cortisol and glucose responses to handling and transport stress. N Am J Aquac 62:12–18. https://doi.org/10.1577/1548-8454

Baytop, T. (1999). Türkiye'de bitkiler ile tedavi: geçmişte ve bugün. Nobel Tıp Kitabevleri.

Benovit, S.C., Gressler, L.T., de Lima Silva, L., de Oliveira Garcia, L., Okamoto, M.H., dos Santos Pedron, J., Sampaio, L.A., Rodrigues, R.V., Heinzmann, B.M., Baldisserotto, B., 2012. Anesthesia and transport of Brazilian flounder, *Paralichthys orbignyanus*, with essential oils of *Aloysia gratissima* and *Ocimum gratissimum*. Journal of the World Aquaculture Society 43, 896–900. https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2012.00604.x

Bernstein, P.S., Digre, K.B., Creel, D.J., 1997. Retinal toxicity associated with occupational exposure to the fi sh anesthetic MS-222 (ethyl-m-aminobenzoic acid methanesulfonate). Am J. Ophthalmol. 124, 843–844.

Bianchini, A.E., Garlet, Q.I., Da Cunha, J.A., Bandeira Junior, G., Brusque, I.C.M., Salbego, J. and Baldisserotto, B. (2017). Monoterpenoids (Thymol, carvacrol and S-(+)-linalool) with anesthetic activity in silver catfish (*Rhamdia quelen*): Evaluation of acetylcholinesterase and GABaergic activity. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 50 (12): 1–8.

Yildirim, H.B., Pulatsu, S. 2011. Evaluation of the Effluents characteristics in land-based trout farms (Fethiye, Mugla) within the frame of legal arrangements. Ekoloji 20 (81): 48-54.

Boaventura, T.P., Pedras, P.P.C., Júlio, G.S.C., dos Santos, F.A.C., Ferreira, A.L., de Souza e Silva, W., Luz, R.K., 2022. Use of eugenol, benzocaine or salt during the transport of panga, *Pangasianodon hypophthalmus* (Sauvage, 1878): Effects on water quality, haematology and blood biochemistry. Aquaculture Research 53, 1395–1403. https://doi.org/10.1111/are.15672

Boaventura, T.P., Souza, C.F., Ferreira, A.L., Favero, G.C., Baldissera, M.D., Heinzmann, B.M., Baldisserotto, B., Luz, R.K., 2020. Essential oil of *Ocimum gratissimum* (Linnaeus, 1753) as anesthetic for *Lophiosilurus alexandri*: Induction, recovery, hematology, biochemistry and oxidative stress. Aquaculture 529, 735676. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735676

Bodur, T., Afonso, J. M., Montero, D. & Navarro, A. (2018). Assessment of effective dose of new herbal anesthetics in two marine aquaculture species: *Dicentrarchus labrax* and *Argyrosomus regius*. Aquaculture, 482, 78-82. doi:10.1016/j.aquaculture.2017.09.029

BSGM, 2023. Su Ürünleri İstatistikleri. https://www.tarimorman.gov.tr/BSGM/Menu/32/Bilgi-Dokumanlari Erişim Tarihi: 16.07.2023

Bulfon, C., Volpatti, D. & Galeotti, M. (2015). Current research on the use of plantderived products in farmed fish. *Aquaculture Research, 46*(3), 513-551. https://doi.org/10.1111/are.12238

Brown, L.A. 1993. Anesthesia and Restraint. Fish Medicine (Eds. Stoskopf, M.K.; Saunders, W.B.) pp. 79-90.

Cárdenas, C., Toni, C., Martos-Sitcha, J.A., Cárdenas, S., de las Heras, V., Baldisserotto, B., Heinzmann, B.M., Vázquez, R., Mancera, J.M., 2016. Effects of clove oil, essential oil of *Lippia alba* and 2-phe anaesthesia on juvenile meagre, Argyrosomus regius (Asso, 1801). Journal of Applied Ichthyology 32, 693–700. https://doi.org/10.1111/jai.13048

Carter, K.M., Woodley, C.M. and Brown, R.S. (2011). A review of tricaine methanesulfonate for anesthesia of fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 21 (1), 51–59

Çelikkale, M.S., 1994. Ġç Su Balıkları YetiĢtiriciliği. Cilt 1, II. Basım, K.T.Ü. , Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi Yay. , Trabzon.

Cunha, L., Geraldo, A.M.R., Silva, V.C., Cardoso, M.S., Tamajusuku, A.S.K. & Hoshiba, M.A. (2015). Clove oil as anesthetic for guppy. Boletim do Instituto de Pesca, 41, 729-735.

Cupp, A.R., Hartleb, C.F., Fredricks, K.T., Gaikowski, M.P., 2016. Effectiveness of eugenol sedation to reduce the metabolic rates of cool and warm water fish at high loading densities. Aquaculture Research 47, 234–242. https://doi.org/10.1111/are.12485

da Silva E, Deschamps GT, Matter F de L, et al (2021) The anaesthetic efficacy of *Eucalyptus globulus* essential oil on silver catfish (*Rhamdia quelen*). Aquac Res are.15388. https://doi.org/10.1111/are.15388

de Oliveira, C.P.B., da Lemos, C.H.P., Felix e Silva, A., de Souza, S.A., Albinati, A.C.L., Lima, A.O., Copatti, C.E., 2019a. Use of eugenol for the anaesthesia and transportation of freshwater angelfish (*Pterophyllum scalare*). Aquaculture 513, 734409. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734409.

de Oliveira IC, Oliveira RSM, Lemos CH da P, et al (2022) Essential oils from *Cymbopogon citratus* and *Lippia sidoides* in the anesthetic induction and transport of ornamental fish *Pterophyllum scalare*. Fish Physiol Biochem 48:501–519. https://doi.org/10.1007/s10695-022-01075-3

Dincal, M. (2021). Potansiyel Anestetik Ajan Olarak Kakule (*Elettaria cardamomum*) ve Zencefil (*Zingiber officinale*) Esansiyel Yağlarının Lepistes (*Poecilia reticulata*) Türünde Anestezik Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Munzur Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.

dos Santos Maia, J.L., de Oliveira Sousa, E.M., Pereira da Silva, H.N., Lima Pinheiro, M.T., Mourão, R.H.V., Soares Maia, J.G., de Oliveira Coelho Lameirão, S.V., Baldisserotto, B., Vargas Flores da Silva, L., 2019. Hydrolate toxicity of Lippia alba (Mill.) N. E. Brown (Verbenaceae) in juvenile tambaqui (*Colossoma macropomum*) and its potential anaesthetic properties. Aquaculture 503, 367–372. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.11.058

Ebrahimzadeh Mousavi H, Taheri Mirghaed A, Hoseini SM, et al (2023) Myrcene as water conditioner, stress-reducing and antioxidant agent in transportation of common carp, *Cyprinus carpio*, with plastic bags. Aquac Reports 28:101458. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101458

Emre, Y., Kürüm, V., 1998. Havuz ve Kafeslerde Alabalık Yetiştiriciliği Teknikleri. Minpa Matbaa. Tic Ltd Şti, Ankara, 232

Fazio F (2019) Fish hematology analysis as an important tool of aquaculture: A review. Aquaculture 500:237–242. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.10.030

Fazio, F., Filiciotto, F., Marafioti, S., Di Stefano, V., Assenza, A., Placenti, F., Buscaino, G., Piccione, G., Mazzola, S. 2012. Automatic analysis to assess haematological parameters in farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata* Linnaeus, 1758). Mar. Freshw. Behav. Physiol. 45, 63–73. https://doi.org/10.1080/10236244.2012.677559

Ferreira AL, dos Santos FAC, Souza A de S, et al (2022) Efficacy of *Hesperozygis ringens* essential oil as an anesthetic and for sedation of juvenile tambaqui (*Colossoma macropomum*) during simulated transport. Aquac Int 30:1549–1561. https://doi.org/10.1007/s10499-022-00868-w

Fogliarini CO, Garlet QI, Parodi T V., et al (2017) Anesthesia of epinephelus marginatus with essential oil of *Aloysia polystachya*: An approach on blood parameters. An Acad Bras Cienc 89:445–456. https://doi.org/10.1590/0001-3765201720160457

Hajek, G.J., Klyszejko, B. & Dziaman, R. (2006). The anaesthetic effect of clove oil on common carp, *Cyprinus carpio* L.. Acta Ichthyologica et Piscatoria, 2(36), 93-97.

Hseu, J.R., Yeh, S.L., Chu, Y.T. and Ting, Y.Y. 1998. Comparison of efficacy of five anaesthetic goldlined sea bream, *Sparus sarba*. Acta. Zool., Taiwan, 9: 35- 41.

Hoseini SM, Taheri Mirghaed A, Pagheh E, et al (2022) Anesthesia of rainbow trout with citronellal: Efficacy and biochemical effects. J Exp Zool Part A Ecol Integr Physiol 337:227–237. https://doi.org/10.1002/jez.2560

Javahery S, Nekoubin H, Moradlu AH (2012) Effect of anaesthesia with clove oil in fish (review). Fish Physiol. Biochem. 38:1545–1552

Kanyılmaz, M., Sevgili. H., Erçen. Z. ve Yılayaz, A. 2007. Karanfil yağının balık anesteziği olarak kullanımı. Türk Sucul Yaşam Dergisi. Sayı:5-8 Sayfa 671-680.

Karakaya, E., 2003. Chenopodium botrys türü üzerinde fitokimyasal araştırmalar. *Yüksek Lisans Tezi,* Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla, 127s.

Kızak, V., Can, E., DanabaĢ, D., Seyhaneyıldız Can, S., 2018. Evaluation of anesthetic potential of rosewood (*Aniba rosaeodora*) oil as a new anesthetic agent for goldfish (*Carassius auratus*), *Aquaculture,* 493: 296-301.

Kumlu, M. & Yanar, M. (1999). Effects of the anesthetic quinaldine sulphate and muscle relexant diazepam on sea bream juveniles (*Sparus aurata*). *Isr J Aquacult- Bamid. 51(4),* 143-147.

Küçük, S. (2010). Efficacy of tricaine on *Poecilia latipinna* at different temperatures and concentrations. *African Journal of Biotechnology*, *9*(5). 755-759. Doi: 10.5897/AJB09.1353

Küçük, S., Öztürk, S. And Çoban, D. (2016). Su ürünlerinde kullanılan anestezikler. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 13 (2), 79-85.

Küçükosman, N. 2019. Karanfil (*Eugenia Caryophylatta*), Nane (*Menta Piperita*) ve Lavanta (*Lavandula Angustifolia*) Bitkilerinden Elde Edilen Esansiyel Yağların Japon Balıklarında (*Carassius Auratus* Linnaeus, 1758) Anestezik Etkilerinin Araştırılması ve Uygun Dozun Belirlenmesi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ordu, 94s

Liu, Y., Zhou, X.W., Ding, H.T., Dong, X.J., Zhang, J.J., Zheng, Y.C., Chen, X.N., Cheng, H.L., Ding, Z.J., Xu, J.H., 2022. Effects of tricaine methanesulfonate (MS-222) on sedation and responses of yellow catfish (*Pelteobagrus fulvidraco*) subjected to simulated transportation stress. Aquaculture 549, 737789. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737789

Lopes JM, Souza C de F, Schindler B, et al (2018) Essential oils from Citrus x aurantium and Citrus x latifolia (Rutaceae) have anesthetic activity and are effective in reducing ion loss in silver catfish (*Rhamdia quelen*). Neotrop Ichthyol 16:1–10. https://doi.org/10.1590/1982-0224-20170152

Marking, L. L. and Meyer, F. P., 1985. Are better anesthetics needed in fisheries? Fisheries 10 (6): 2 - 5.

Marsic-Lucic, J., Mladineo, I. & Tudor, M. (2005). Comparative effectiviness of 2-phenoxyethanol and propiscin as anesthetics for juvenile sea bass (*Dicentrarchus labrax L.*). *Aquaculture International*, *13*, 543‑553. https://doi.org/10.1007/s10499-005-9005-2

Martins, T., Valentim, A., Pereira, N. and Antunes, L.M. (2019). Anaesthetics and analgesics used in adult fish for research: A review. *Laboratory Animals*, 53 (4): 325–341.

Masoumeh, E. and Masoumeh, B. (2018). Effects of four anesthetics, clove extract, thyme extract, lidocaine, and sodium bicarbonate on the blood parameters and cortisol amount in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*). Journal of Marine Biology and Aquaculture, 4 (1): 1–4.

Mazandarani, M., Hoseini, S.M., Dehghani Ghomshani, M., 2017. Effects of linalool on physiological responses of *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) and water physico-chemical parameters during transportation. Aquaculture Research 48, 5775–5781. https://doi.org/10.1111/are.13400

Metin, S., Didinen, B. I., Kubilay, A., Pala, M. and Aker, İ. (2015). Bazı tıbbi bitkilerin gökkuşağı alabalıkları (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) üzerinde anestezik etkilerinin belirlenmesi. *LIMNOFISH-Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 1 (1): 37–42.

Metin S, Yigit NO, Balkaya M, et al (2022) Efficacy of cumin (*Cuminum cyminum)* and lavender (*Lavandula angustifolia*) essential oils as anaesthesics in common carp

(*Cyprinus carpio* L.1758). Aquac Res 53:3598–3607. https://doi.org/10.1111/ARE.15864

Mommsen, T.P., Vijayan, M.M. & Moon, T.W. (1999). Cortisol in teleosts: dynamics, mechanisms of action, and metabolic regulation. *Reviews in Fish Biology and Fisheries, 9*(3), 211-268. doi:10.1023/A:1008924418720

Molinero, A. and Gonzalez, J. 1995, Comparative effects of MS-222 And 2-Phencxyethanol on gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) during confinement. Comp. Biochem. Physiol. Vol. 111A, pp, 405-414.

Mylonas, C.C., Cardinaletti, G., Sigelaki, I. & Polzonetti-Magni, A. (2005). Comperative efficacy of clove oil and 2-phenoxyethanol as anesthetics in the aquaculture of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and gillhead sea bream (*Sparus aurata*) at different temperature. Aquaculture, 246(1-4), 467- 481. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.02.046

Okumuş, İ., 2002. Rainbow trout broodstock management and seed production in Turkey: present practices, constrains and the future. Turkish J Fish and Aquatic Science, 2: 41-56.

Özgüven M., Sekin S., Gürbüz B., ġekeroğlu N., Ayanoğlu F. ve Ekren S., 2005. Tütün, tıbbi ve aromatik bitkiler üretimi ve ticareti. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi*, 1, s.481-501.

Paruğ, Ş.Ş. (2012). Deniz balıkları yetiştiriciliğinde farklı anestezik maddelerin yöntem ve uygulama dozlarının araştırılması. (Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü) Su Ürünleri Yetiştiricilik Anabilim Dalı, 170 s.

Pedrazzani AS, Neto AO (2016) The anaesthetic effect of camphor (*Cinnamomum camphora*), clove (*Syzygium aromaticum*) and mint (*Mentha arvensis*) essential oils on clown anemonefish, Amphiprion ocellaris (Cuvier 1830). Aquac Res 47:769–776. https://doi.org/10.1111/are.12535

Ribeiro, P.A.P., de Melo Hoyos, D.C., de Oliveira, C.G., Flora, M.A.L. Della, & Luz, R.K. (2019). Eugenol and benzocaine as anesthetics for *Lophiosilurus alexandri* juvenile, a freshwater carnivorous catfish. *Aquaculture International*, 27 (1), 313–321.

Romaneli, R. de S., Boaratti, A.Z., Rodrigues, A.T., Queiroz, D.M. de A., Khan, K.U., Nascimento, T.M.T. Mansano, C.F.M. (2018). Efficacy of benzocaine, eugenol, and menthol as anesthetics for freshwater angelfish. *Journal of Aquatic Animal Health*, 30 (3): 210–216.

Roohi Z, Imanpoor MR (2015) The efficacy of the oils of spearmint and methyl salicylate as new anesthetics and their effect on glucose levels in common carp *(Cyprinus carpio* L., 1758) juveniles. Aquaculture 437:327–332. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.12.019

Ross, L.G & Ross B., (1999). Anesthetic and sedative techniques for fish. Blackwell,*sativum*)and chloramphenicol on growth performance, physiological parameters and survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases, 12*, 172–201. doi:10.1590/S1678-91992006000200003

Saccol, E.M.H., Toni, C., Pês, T.S., Ourique, G.M., Gressler, L.T., Silva, L.V.F., Mourão, R.H.V., Oliveira, R.B., Baldisserotto, B., Pavanato, M.A., 2017. Anaesthetic and antioxidant effects of *Myrcia sylvatica* (G. Mey.) DC. and *Curcuma longa* L. essential oils on tambaqui (*Colossoma macropomum*). Aquaculture Research 48, 2012–2031. https://doi.org/10.1111/are.13034

Serezli, R., Okumuş, İ. & Akhan, S. (2005). Anaesthetics in aquaculture. Turk J Fish Aquatic Life, *4*, 475-480.

Shalaby, A.M., Khattab, Y.A. & Abdel Rahman, A.M. (2006). Effects of garlic (*Allium sativum*) and chloramphenicol on growth performance, physiological parameters and survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases, 12, 172–201.

Sorensen K, Craig SR, Cnaani A, McLean E (2023) Hematological response of juvenile cobia to three anesthetics. Fishes 2023, Vol 8, Page 31 8:31. https://doi.org/10.3390/FISHES8010031

Summerfel, R.C and Smith, L.S (1990). Anaesthetic surgery and related Techniques. In C.B Shreck and P.B Moyle (ed) Methods for Biology, America Fisheries Society, Bethesda, M.D, 213-273.

Taheri Mirghaed A, Ghelichpour M, Zargari A, Yousefi M (2018a) Anaesthetic efficacy and biochemical effects of 1,8-cineole in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum, 1792). Aquac Res 49:2156–2165. https://doi.org/10.1111/are.13671

Taheri Mirghaed A, Yasari M, Mirzargar SS, Hoseini SM (2018b) Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) anesthesia with myrcene: efficacy and physiological responses in comparison with eugenol. Fish Physiol Biochem 44:919–926. https://doi.org/10.1007/s10695-018-0481-5

Teixeira RR, de Souza RC, Sena AC, et al (2017) Essential oil of *Aloysia triphylla* in Nile tilapia: anaesthesia, stress parameters and sensory evaluation of fillets. Aquac Res 48:3383–3392. https://doi.org/10.1111/are.13165

TEPGE, 2022. Ürün Raporu Su Ürünleri 2022. Hazırlayan: Fatma Tuğba Çöteli. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, Tepge Yayın No: 355 ISBN: 978-625-8451-46-7

Terzioğlu E., 2001, 2-Phenoxyethanol'ün farklı sıcaklık ve konsantrasyonlarda çipura (*Sparus aurata*, L.,) balıkları üzerindeki anestezik etkisi (Y.Lisans Tezi). Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fak., Bornova, İzmir.

Teta C, Kaiser H (2019a) Menthol as an alternative anaesthetic and sedative for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. African J Aquat Sci 44:71–76. https://doi.org/10.2989/16085914.2018.1548342

Teta C, Kaiser H (2019b) Menthol as an alternative anaesthetic and sedative for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. African J Aquat Sci 5914:1–6. https://doi.org/10.2989/16085914.2018.1548342

Tidwell, J. H. (2012). *Aquaculture production systems*. John Wiley & Sons. Uehara, S. A., Andrade, D.R., Takata, R., Gomes Júnior, A.V. and Vidal, M.V. (2019). The effectiveness of tricaine, benzocaine, clove oil, and menthol as anesthetics for

lambari-bocarra *Oligosarcus argenteus*. *Aquaculture*, 502 (15 March): 326–331. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.12.054

TÜİK, 2023. Su Ürünleri İstatistikleri. https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Su-Urunleri-2022-49678

Uçar, 2010. Doğal (karanfil yağı) ve sentetik (2-fenoksietanol) anestezik maddelerinin gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792)) ve kahverengi alabalığın (*Salmo trutta fario* Linneaus, 1758) kan biyokimyası ve hematolojik parametreleri ile bazı enzim (G6PD, 6-PGD, GR, katalaz) aktiviteleri üzerine etkileri. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 121 s.

Velisek J., Wlasow T., Gomulka P., Svobodova Z. and L. Novotny, 2007. Effects of 2-henoxyethanol anaesthesia on sheatfish (*Silurus glanis* L.). *Vet Med - Czech*, 52:103-110. DOI:10.17221/2011-VETMED

Velisek, J., Svobodova, Z., Piackova, V., Groch, L. & Nepejchalova, L., (2005). Effects of Clove Oil Anaesthesia on Common Carp (*Cyprinus carpio* L.), Veterinary Medicine – Czech, 50(6), 269 – 275.

Ventura, A.S., Jerônimo, G.T., de Oliveira, S.N., de Araújo Gabriel, A.M., Cardoso, C.A.L., Teodoro, G.C., Corrêa Filho, R.A.C., Povh, J.A., 2020. Natural anesthetics in the transport of Nile tilapia: Hematological and biochemical responses and residual concentration in the fillet. Aquaculture 526, 735365. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735365

Wagner GN, Singer TD, McKinley RS (2003) The ability of clove oil and MS-222 to minimize handling stress in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). Aquac Res 34:1139–1146. https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2003.00916.x

Wang T, Xu M, Wang J, et al (2020) A combination of rapeseed, cottonseed and peanut meal as a substitute of soybean meal in diets of Yellow River carp *Cyprinus carpio* var. Aquac Nutr 26:1520–1532. https://doi.org/10.1111/anu.13099

Wendelaar Bonga, S.E., 1997. The stress response in fish. Physiol. Rev. 77, 591–625.

Xie, M., Xie, Y., Li, Y., Zhou, W., Zhang, Z., Yang, Y., Olsen, R.E., Ran, C., Zhou, Z., 2021. The effects of fish meal replacement with ultra-micro ground mixed plant proteins (uPP) in practical diet on growth, gut and liver health of common carp (*Cyprinus carpio*). Aquac. Reports 19, 100558. https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100558

Yanar, M. & Genç, E. (2004). Anaesthetic Effects of quinaldine sulphate together with the use of diazepam on *Oreochromis niloticus* L. 1758 (Cichlidae) at different temperatures. Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences: Vol. 28: No. 6

Yıldırım, Ö., Çantaş, İ.B., 2022. Türkiye'de gökkuşağı alabalığı yetiştiriciliğinin üretim ve ekonomik göstergelerinin incelenmesi. Acta Aquatica Turcica, 18(4): 461 - 474

Yiğit, M., & Orhan, A. R. A. L. (1999). A Comparison of the growth differences of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W., 1792) in freshwater and seawater (The Black Sea). Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, *23*(1): 53-60.

Yigit NO, Kocaayan H (2023) Efficiency of thyme (*Origanum onites)* and coriander (*Coriandrum sativum*) essential oils on anesthesia and histopathology of rainbow

trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 562:738813. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738813

Yigit NO, Metin S, Didinen BI, et al (2022a) Effect of lavander (*Lavandula angustifolia*) and laurel (*Laurus nobilis*) essential oils as anesthesics in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 557:738328. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738328

Yigit NO, Metin S, Sabuncu OF, et al (2022b) Efficiency of *Ocimum basilicum* and *Eucalyptus globulus* essential oils on anesthesia and histopathology of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. J World Aquac Soc 53:1051–1061. https://doi.org/10.1111/jwas.12911

Yousefi, M., Hoseini, S.M., Aydın, B., Mirghaed, A.T., Kulikov, E.V., Drukovsky, S.G., Seleznev, S.B., Rudenko, P.A., Hoseinifar, S.H., Van Doan, H., 2022. Anesthetic efficacy and hemato-biochemical effects of thymol on juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. Aquaculture 547, 737540. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737540

Yousefi, M., Hoseini, S.M., Vatnikov, Y.A., Nikishov, A.A., Kulikov, E.V., 2018. Thymol as a new anesthetic in common carp (*Cyprinus carpio*): Efficacy and physiological effects in comparison with eugenol. Aquaculture 495, 376–383. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.06.022

Zahl I. H., Samuelsen O., Kiessling A., 2012. Anaesthesia of farmed fish: implications for welfare. Fish Physiol Biochem, 38:201–218.

Zeng, X., Dong, H., Wu, J., Wang, W., Duan, Y., Chen, J., Zhang, J., 2022. Essential oil of Magnolia denudata is an effective anesthetic for spotted seabass (*Lateolabrax maculatus*): a test of its effect on blood biochemistry, physiology, and gill morphology. Fish Physiol. Biochem. 48, 1349–1363. https://doi.org/10.1007/s10695-022-01124-x

ÖZGEÇMİŞ

Ferhat BAKIR

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2019-2023	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Ana Bilim Dalı, Antalya
Lisans 2003-2007	Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği, Antalya