

T.C.
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ ANABİLİM DALI

CİTRONELLA (*Cymbopogon winterianus*) VE PALMAROSA
(*Cymbopogon martinii*) UÇUCU YAĞLARININ GÖKKUŞAĞI
ALABALIKLARI (*Oncorhynchus mykiss*) ÜZERİNDEKİ
ANESTEZİK ETKİNLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

İsmail Hakkı ÖZTUNA

Danışman
Prof. Dr. Seçil METİN

ISPARTA - 2023



© 2023 [İsmail Hakkı ÖZTUNA]

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
2.1. Anestezi ve Sedasyon.....	3
2.2. Balıklarda Anestezi Uygulaması ve Anestezinin Safhaları	4
2.3. Su Ürünleri Sektöründe Kullanılan Anestezik Maddeler ve Uygulama Alanları.....	5
2.4. Sentetik Anestezik Maddelerin Yan Etkileri	6
2.5. Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Bitkisel Anestezikler	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM	14
3.1. Çalışmada Kullanılan Bitki Türleri.....	14
3.1.1. <i>Cymbopogon martinii</i>	14
3.1.2. <i>Cymbopogon winterianus</i>	15
3.2. Uçucu Yağlar ve GC-MS analizi	15
3.3. Deneme Yeri ve Balık.....	15
3.4. Uçucu Yağların Anestezik Etkilerinin Tespiti	16
3.5. Histopatolojik İncelemeler	17
3.6. İstatistiksel Analizler	17
4. BULGULAR	19
4.1. GC-MS Sonuçlarına Ait Bulgular	19
4.2. Uçucu Yağların Anestezik Etkilerinin Tespitine Ait Bulgular	21
4.3. Anestezik Olarak Uygulanan Uçucu Yağların Balıklar Üzerindeki Histopatolojik Etkisine Ait Bulgular.....	24
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	25
KAYNAKLAR	29
ÖZGEÇMİŞ	37

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

CİTRONELLA (*Cymbopogon winterianus*) VE PALMAROSA (*Cymbopogon martinii*) UÇUCU YAĞLARININ GÖKKUŞAĞI ALABALIKLARI (*Oncorhynchus mykiss*) ÜZERİNDEKİ ANESTEZİK ETKİNLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

İsmail Hakkı ÖZTUNA

**Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Seçil METİN

Bu çalışmada gökkuşığı alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*) citronella (*Cymbopogon winterianus*) ve palmarosa (*Cymbopogon martinii*) uçucu yağlarının anestezik ve histopatolojik etkileri araştırılmıştır. Denemede ortalama ağırlığı 50 gr olan balıklar kullanılmıştır. Anestezik etkinliğin belirlenmesi için her iki uçucu yağ farklı konsantrasyonlarda (25, 50, 75, 100 ve 200 mg/L) hazırlanmıştır. Her balık için anesteziye giriş ve çıkış süreleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Daha sonra anestezik olarak etkili konsantrasyondaki uçucu yağların balık dokuları üzerindeki histopatolojik etkileri incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda geraniol, citronella (%57.84) ve palmarosa uçucu yağları (%82.23) için majör bileşen olarak tespit edilmiştir. Genel olarak, citronella ve palmarosa yağının konsantrasyonu arttıkça balıkların anestezi indüksiyon süresi azalmıştır. Bununla birlikte, anestezik konsantrasyonun arttışına bağlı olarak balıkların kendine gelme süreleri uzamıştır. Deneme sonucunda citronella ve palmarosa uçucu yağlarının 50 mg/L konsantrasyonu alabalıklar üzerinde en ideal anesteziyi sağlamıştır. Bu konsantrasyonda derin anesteziye giriş ve kendine gelme süreleri sırasıyla citronella uçucu yağı için 203.33 ve 123.67 sn, palmarosa yağı için 184.33 ve 61.67 sn olarak tespit edilmiştir. Histopatolojik bulgulara göre her iki uçucu yağın solungaç, deri ve karaciğer üzerinde herhangi bir patolojik etki yaratmadığı belirlenmiştir. Bu bulgular ışığında citronella ve palmarosa yağlarının gökkuşığı alabalıkları için güvenli ve etkin bir doğal anestezik ajan olarak kullanılabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Cymbopogon winterianus*, *Cymbopogon martinii*, Anestezi, Gökkuşığı alabalığı, Histoloji

2023, 37 sayfa

ABSTRACT

Master's Thesis

INVESTIGATION OF ANESTHETIC EFFICIENCY OF CITRONELLA (*Cymbopogon winterianus*) AND PALMAROSA (*Cymbopogon martinii*) ESSENTIAL OILS ON RAINBOW TROUT (*Oncorhynchus mykiss*)

İsmail Hakkı ÖZTUNA

Isparta University of Applied Sciences
The Institute of Graduate Education
Department of Aquaculture

Supervisor: Prof. Dr. Seil METİN

In the present study was investigated anesthetic and histopathological effects of citronella (*Cymbopogon winterianus*) and palmarosa (*Cymbopogon martinii*) essential oils in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Fish with a mean weight of 50 g were used in the experiment. Both essential oils were prepared at different concentrations (25, 50, 75, 100 and 200 mg L⁻¹) to determine the anesthetic effect. Anesthesia induction and recovery times were evaluated for each fish. Then, the histopathological effects on fish tissues of essential oils at anesthetically effective concentration were examined. As a result of this study, major component was found as geraniol for citronella (57.84%) and palmarosa oil (82.23%). In generally, anesthesia induction time of fish decreased with increasing of the concentration of the citronella and palmarosa oil. However, recovery time increased with increasing of the concentration of this anesthetics. The lowest effective doses of citronella and palmarosa were 50 mg L⁻¹ for deep anesthesia (Stage 4) in fish. At these dose, anesthesia induction and recovery times were 203.33 and 123.67 s for citronella essential oil, 184.33 and 61.67s for palmarosa essential oil, respectively. No histopathological findings in gill, skin and liver tissues were observed in anesthetized fish. In the light of these findings, it was determined that citronella and palmarosa oils can be used as safely effective natural anesthetic for rainbow trout.

Key Words: *Cymbopogon winterianus*, *Cymbopogon martinii*, Anesthesia, Rainbow trout, Histology

2023, 37 pages

TEŞEKKÜR

Tezimin yürütülmesinde desteğini ve emeğini esirgemeyen tez danışmanım sayın Prof. Dr. Seçil METİN'e, denemenin yürütülmesinde Prof. Dr. Behire Işıl DİDİNEN ve Prof. Dr. Nalan Özgür YİĞİT'e ve histopatolojik çalışmalarda Prof. Dr. Özlem ÖZMEN'e teşekkürlerimi sunarım.

İsmail Hakkı ÖZTUNA
ISPARTA, 2023



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 4.1. Palmarosa uçucu yağın farklı dozları ile yapılan 4. safha anestezi seviyeleri arasındaki ilişkiye ait regresyon analizi	22
Şekil 4.2. Palmarosa uçucu yağın farklı dozları ile balıkların kendine gelme süreleri arasındaki ilişkinin regresyon analizi	22
Şekil 4.3. Citronella uçucu yağın farklı dozları ile yapılan 4. safha anestezi seviyeleri arasındaki ilişkiye ait regresyon analizi	23
Şekil 4.4. Citronella uçucu yağın farklı dozları ile balıkların kendine gelme süreleri arasındaki ilişkinin regresyon analizi	23
Şekil 4.5. Palmarosa grubunda histolojik görünüm (A) normal solungaç histolojisi, (B) normal karaciğer görünümü ve (C) bozulmamış deri, HE, scale bars=50µm.....	24
Şekil 4.6. Citronella grubunda histolojik görünüm (A) normal solungaç histolojisi, (B) normal karaciğer görünümü ve (C) bozulmamış deri, HE, scale bars=50µm.....	24

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Deneme grupları.....	16
Çizelge 4.1. Palmarosa uçucu yağına ait GC-MS sonuçları	19
Çizelge 4.2. Citronella uçucu yağına ait GC-MS sonuçları	20
Çizelge 4.3. Palmarosa uçucu yağının gökkuşuğu alabalıkları üzerinde anesteziik etkinliği.....	21
Çizelge 4.4. Citronella uçucu yağının gökkuşuğu alabalıkları üzerinde anesteziik etkinliği.....	22



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

cm	Santimetre
CO ₂	Karbondisoksit
dk	Dakika
FDA	Dünya Gıda ve İlaç Örgütü
g	Gram
L	Litre
LC ₅₀	Ortalama öldürücü konsantrasyon
Mg	Miligram
ML	Mililitre
MS 222	Tricaine Methanesulfonate
NaHCO ₃	Sodyum bikarbonat
O ₂	Oksijen
pH	Bir çözeltinin asitlik veya bazlık derecesi
ppm	Milyonda bir
Sn	Saniye
µl	Bir litrenin milyonda biri
%	Yüzde
<	Küçük
°C	Santigrat derece

1. GİRİŞ

Balık yetiştiriciliğinde yapılan tüm uygulamalar balıklarda strese neden olarak bağışıklık sistemini baskılamakta ve böylece balıklarda büyümede gerileme, hastalıklara duyarlık ve uzun süreçte üreme üzerine olumsuz etkilere neden olmaktadır (Wendelaar, 1997). Tüm bu olumsuz etkiler balıklar üzerindeki stresin azaltılması ile önlenabilir (Roohi ve Imanpoor, 2015). Bu amaçla yetiştiricilikte yapılan handling, taşıma, sağım, ilaç ve aşı uygulaması gibi birçok uygulamada meydana gelen stresi azaltmak ve oluşabilecek mekanik hasarı önlemek için anesteziye başvurulmaktadır (Yanar ve Genç, 2004; Hajek vd., 2006).

Balık üretiminin her aşamasında yaygın olarak kullanılan sentetik anestezi ajanları Tricaine Methanesulfonate (MS-222), Benzocaine ve 2-Phenoxyethanol'dür. Ayrıca, Quinaldine, Quinaldine sulfate ve Metomidate da kullanılmaktadır. Bu sentetik anesteziklerin bazılarının balıklarda solunum, dolaşım sistemi ve bağışıklık sistemini baskılayarak ciddi yan etkilere yol açtıkları bildirilmiştir (Roohi ve Imanpoor, 2015). Ayrıca balıklarda strese yol açma, huzursuzluk, hiperaktivite, aşırı mukus salgısı, deri ve solungaçlarda tahriş gibi istenmeyen yan etkilere neden olabilmektedir (Hoseini vd., 2018; Aydın ve Barbas, 2020; Metin, 2022). Buna ilaveten anestezi ajanları balıkta rezidüye yol açmakta ve dolaylı olarak da insan sağlığını olumsuz etkilemektedir (Yıldırım vd., 2009). Tüm bu olumsuz nedenler göz önünde bulundurulduğunda balık, çevre ve insanlar için etkili ve güvenli anestezi ajanlarına gereksinim duyulmaktadır.

Günümüzde su ürünleri yetiştiriciliğinde sentetik anesteziye alternatif olabilecek bitkisel anestezi ürün arayışı hızlanmıştır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda uçucu yağların sentetik anestezi maddelere kıyasla daha etkili ve daha güvenli oldukları tespit edilmiştir. Özellikle balıklar üzerinde anestezi etkisinin hızlı olması, vücuttan atılım süresinin kısa olması, ucuz ve doğa dostu olması gibi olumlu özelliklerinden dolayı uçucu yağların kullanımına olan ilgi artmıştır (Metin, 2022).

Şimdiye kadar yapılan anestezi çalışmaları incelendiğinde, Verbenaceae ve Lamiaceae familyaları başta olmak üzere, Myrtaceae, Lauraceae, Asteraceae, Poaceae, Geraniaceae, Burseraceae, Apiaceae ve Piperaceae familyalarında yer alan

birçok bitki türüne ait uçucu yağların anestezik etkinliği farklı balık türünde çalışılmıştır. Bu çalışma ile Poaceae familyasına ait Citronella (*Cymbopogon winterianus*) ve Palmarosa (*Cymbopogon martinii*) uçucu yağlarının gökkuşığı alabalıklarında anestezik olarak kullanılabilirliği ilk defa belirlenecektir. Bu amaçla uçucu yağların gökkuşığı alabalıkları üzerindeki anestezik etkisi; anesteziye giriş ve kendine gelme sürelerinin belirlenmesi ile tespit edilecektir. Daha sonra citronella ve palmarosa uçucu yağlarının anestezik olarak etkili bulunan dozu gökkuşığı alabalıklarında deri, solungaç ve karaciğer üzerinde herhangi bir patolojik etki yaratıp yaratmadığı incelenecektir. Böylece çalışma sonucunda her iki uçucu yağın gökkuşığı alabalıklarında etkili ve güvenli anestezik ajan olarak kullanılabilirliği tespit edilecektir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Anestezi ve Sedasyon

Yunanca kökenli bir kelime olan “Anestezi” hissetmemek anlamına gelmektedir (Küçük vd., 2016). Anestezi, balıklar üzerinde yapılan uygulamalarda, balığın duyu alımının ve bilincin azaltılması, dış uyarılara tepkisinin yavaşlatılması sonucu acı çekmesinin engellenmesine yol açmaktadır. “Sedasyon” ise balıkta denge ve bilinç kaybı oluşmadan balığın dış uyarılara verdiği tepkinin yok edilmesidir. Anestezik veya sedatifler, balıkların sakinleşmesini, hareketlerin kısmen ya da tamamen durmasını ve duyu kaybına neden olarak, balığa yapılan tüm uygulamaların balığa zarar vermeden daha hızlı ve kolay bir şekilde yapılmasını sağlar (Summerfelt ve Smith, 1990; Serezli vd., 2005).

Balıklar anestezik ajana maruz kaldıklarında, uygulanan anestezik ajanın dozu ve uygulama süresine bağlı olarak sırasıyla sedasyon, sonra balıkların hareketlerinde yavaşlama ve denge kaybı, dış uyarılara tepki vermeme ve en son olarakta refleks hareketinin kaybolması gözlemlenir. Sedasyon ve anestezi balıklarda geriye dönüşü olan bir uygulamadır. Balıklarda anestezi kimyasal (enjeksiyon ve banyo tarzında) ve fiziksel (soğuk anestezi ve elektro anestezi) yollarla yapılmaktadır (Çetinkaya ve Şahin, 2005).

Balıklar üzerinde kullanılacak anestezik maddenin seçiminde kullanılan anestezik ajanın balık ve çevre üzerine toksitesi, balık üzerine etkinliği ve maliyeti göz önünde bulundurulmalıdır. Bu bağlamda anestezik seçiminde birçok kriter dikkate alınmaktadır. İdeal bir anestetik ajanın balıkta hızlı anesteziye giriş (<3 dakika) ve hızlı iyileşmeyi (<5 dakika) sağlaması istenmektedir. Balıklar üzerinde toksik etkisinin olmaması ve güven aralığının geniş olması gereklidir. Balık dokusunda kalıntıya neden olmamalıdır. Sürekli kullanıma bağlı olarak kümülatif etki yapmamalıdır. Ayrıca balık fizyolojisi ve davranışında kalıcı bir etkiye yol açmamalıdır. Anestezik maddeler kullanıcıya ve çevreye dost olmalı, insan tüketimi açısından bir sorun yaratmamalıdır. Ucuz, kullanımı kolay ve suda çözünür olması da önemlidir (Küçük vd., 2016).

2.2. Balıklarda Anestezi Uygulaması ve Anestezinin Safhaları

Balıklarda anestezi uygulaması genellikle immersiyon (suya daldırma) yöntemi ile yapılmakta ve suyun içeriğine eklenen anestezinin, solungaçlardan alınarak kan yolu ile tüm vücuda yayılması sağlanmaktadır. Balıkların solungaçlarındaki klorid hücreler yolu ile anestezi madde vücuda alındığında, balıkların sinir hücreleri arasındaki elektriksel aksiyon engellenir. Vücuda alınan ajanın konsantrasyonuna bağlı olarak, balıklarda sedasyon veya anestezi durumu gözlemlenir. Daha sonra balıklar, içinde anestezi madde bulunmayan temiz suya alındıklarında ise, yine klorid hücreleri sayesinde, kanda bulunan anestezi maddeyi dış ortama atarlar ve böylece kendilerine gelme süreci başlar (Paruğ, 2012).

Balıklarda anestezi düzeyinin belirlenmesinde balığın su içindeki dengesi ve yüzme aktivitesi göz önünde bulundurulur. Kullanılan anestezi maddeleri aşama aşama balıklarda farklı anestezi safhalarını oluştururlar. Bu safhalar; sedasyon, hafif anestezi, derin anestezi ve ölümü içerir. Bu safhalar balıklarda genellikle doza ve maruz kalma süresine bağlı olarak şekillenir. Bir anestezi ajanı balıklara ilk uygulandığında, birkaç saniyelik balıklarda hiperaktivite ortaya çıkabilir. Uygulama esnasında balıkların durumu görsel olarak izlenmelidir. Solunum hızındaki bir değişiklik, aşırı maruz kalmanın en belirgin göstergesidir. Böyle bir durum meydana gelirse, balıklar derhal temiz suya alınarak kendine gelmeleri sağlanmalıdır (Coyle vd., 2004).

Balıklarda anestezi safhaları aşağıdaki gibidir (Keene vd., 1998; Paruğ, 2012);

1. Hafif Sedasyon: Balıkta sakinleşme, denge yerinde olmasına rağmen çevredeki etkilere tepki yavaşlar, solunum oranında hafif azalma gözlenir.
2. Derin Sedasyon: Balıklarda bilinçli yüzme durur, denge normal ve çevresel etkilere karşı tepki tamamen kaybolur, solunum yavaşlar.
3. Hafif Anestezi: Balıkların yüzme kabiliyetinde önemli seviyede gerileme, düzensiz yüzme, sadece çok kuvvetli dokunma ve sarsıcı uyaranlara tepki, solunum frekansında artma gerçekleşir.

4. Derin Anestezi: Balıkların denge ve yüzme aktivitesini tamamıyla kaybetmesi, tankın tabanında yatık ve tamamen hareketsiz bir şekilde durması, kalp ritminin ve solunumun oldukça yavaşlaması görülür.
5. Medullar Yıkım: Solunumun durması, bunu takiben birkaç dakika sonra kalp durması ve balıkta ölüm gerçekleşir.

Balıkların kendine gelme (recovery) aşamasında, anestezi madde vücuttan atılır ve balıklar normal durumuna döner. İyileşme süresini azaltmak için anesteziye giriş (indüksiyon) hızlı olmalı ve işlem süresi minimum olmalıdır. İlk iyileşme, uygulanan anesteziye bağlı olarak birkaç saniye ile birkaç dakika arasında sürebilir. Tipik olarak, balık kendini düzeltmeye çalışacak ve dış uyaranlara tepki vermeye başlayacaktır. Balıklarda kendine gelme süresi, kullanılan türe ve ilaca bağlı olarak değişmektedir (Coyle vd., 2004).

2.3. Su Ürünleri Sektöründe Kullanılan Anestezik Maddeler ve Uygulama Alanları

Balık yetiştiriciliğinde ilk olarak kullanılan anestezik maddeler eter, kloroform ve üretandır. Bu maddeler günümüzde kanserojen olmaları, balıklarda etkinliğinin yavaş olması ve olumsuz fizyolojik durumlara sebep olmalarından dolayı kullanılmamaktadır (Çetinkaya ve Şahin, 2005). Şu an için balık üretiminde yaygın kullanılan anestezik ajanlar 2-Phenoxyethanol, Quinaldine, Benzocaine, Tricaine Methanesulfonate (MS-222), Karanfil Yağı, Metomidate, Aqui-S, Propanidit, Klorbutanol, Sedanol ve Etomidat'tır (Bowser, 2001; Küçük, 2010). Bu anesteziklerden sadece MS 222'nin kullanımına Amerika İlaç ve Gıda Örgütü (FDA) tarafından onay verilmiştir (Serezli vd., 2005; Küçük vd., 2016).

Anestezik ve sedatifler yetiştiricilikte üretimin tüm basamaklarında sıklıkla kullanılmaktadır. Bu maddeler, balığı sakinleştirerek ya da hareketsiz bırakarak balığa zarar vermeden handling, taşıma, sağım, hormon ve ilaç enjeksiyonu, aşılama, biyopsi, boy ve ağırlık ölçümü, kan alınması ve markalama gibi amaçlarla kullanılmaktadır (Çetinkaya ve Şahin, 2005; Serezli vd., 2005; Hajek vd., 2006).

2.4. Sentetik Anestezik Maddelerin Yan Etkileri

Yetiştiricilikte kullanılan sentetik anestezik maddelerin bazıları balıklarda solunum fonksiyonu ile kardiyovasküler ve bağışıklık sistemini baskılayabildiği bildirilmiştir (Roohi ve Imanpoor, 2015). Bunun yanında anestezikler balıkta rezidü yaparak balık ve insan sağlığı açısından da olumsuz etkilere yol açabilmektedir (Yıldırım vd., 2009). En yaygın kullanıma sahip olan MS 222'nin balıklarda kalıntıya sebep olduğu ve FDA tarafından balık vücudundan atılma süresinin 21 gün olduğu belirtilmiştir. Aynı şekilde Benzocaine'de balıklarda kalıntıya neden olabileceği için FDA tarafından kullanımı onaylanmamıştır (Coyle vd., 2004).

Anesteziklerin bazılarının balıklarda huzursuzluk, hiperaktivite, aşırı mukus salgısı, korneada hasar, deri ve solungaçlarda tahriş gibi istenmeyen etkilere sahip olduğu görülmüştür (Aydın ve Barbas, 2020). Quinaldine balıklar üzerinde etkili bir anestezik madde olmasına rağmen, deri ve özellikle solungaçlarda tahribat yaptığı bildirilmektedir (Summerfelt ve Smith, 1990). 2-Phenoxyethanol uygulanan balıkların yüzmesinde düzensizlik ve karaciğer ve böbrekte hasar gözlemlendiği bildirilmiştir (Burka vd., 1997).

Stresi baskılamak amacıyla kullanılan anestezik maddelerin bazıları, tam tersine balıklar üzerinde bir stres kaynağı oluşturabilmektedir. Böylece balıkta stres tepki mekanizmasını harekete geçirebilmektedir (Thomas ve Robertson, 1991; Bolasina, 2006). Özellikle bu durum MS-222, metomidat, kinaldin sülfat, benzokain ve fenoksietanol'e maruz kalan balıklarda gözlemlenmiştir (Souza vd., 2019). Anestezikler balık üzerinde stres oluşturmalarının yanında; oksijen ihtiyacı, solunum hızı, kan basıncı, pH, kandaki iyon seviyesi, laktik asit, osmoregülasyon ve boşaltım gibi fizyolojik unsurları da olumsuz etkileyebilmektedir (Summerfelt ve Smith, 1990; Wagner vd., 2002). Ayrıca stres sonucu balıklarda plazma kortizol ve insülin seviyelerinde artış meydana gelmekte ve bağışıklık sistemi olumsuz yönde etkilenmektedir (Wendelaar, 1997; Ortuno vd., 2002; Harper ve Wolf, 2009).

Sentetik anesteziklerin yukarıda bahsedilen yan etkileri gözönünde bulundurulduğunda, balık sağlığı açısından daha güvenli olabilecek bitkisel ürünlerin

kullanımı, sürdürülebilir su ürünleri üretiminde alternatif bir seçenek olarak düşünülmektedir.

2.5. Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Bitkisel Anestezikler

Son yıllarda balık anesteziyolojisinde, stres giderici ve bağışıklık destekleyici etkileri olması nedeniyle bitkisel ürünlerin kullanımına olan ilgi hızla artmıştır. Bitkisel ürünler su ürünleri yetiştiriciliğinde, balıkların sedasyonu ve anestezisi için iyi bir seçenek olarak değerlendirilmektedir. Bununla birlikte bu bitkisel ürünler, birçok farklı bileşenden oluşan kompleks karışımlar olduklarından, balıklar üzerinde gözlemlenen anestezik etkileri farklılık gösterebilir (Hoseini vd., 2018).

Karanfil yağı su ürünleri yetiştiriciliğinde anestezik olarak yaygın kullanıma sahiptir. Karanfil yağı balık tarafından iyi tolere edilen, vücuttan hızla atılan güvenli ve ucuz bir anesteziktir (Metin vd., 2022). Günümüzde karanfil yağının yerine kullanılabilecek alternatif bitkisel anestezik arayışları yoğun bir şekilde devam etmektedir. Şimdiye kadar yapılan anestezi çalışmaları incelendiğinde, başta Verbenaceae ve Lamiaceae familyaları olmak üzere birçok familyaya ait bitki türlerinin anestezik etkileri araştırılmıştır.

Lamiaceae (Labiatae) Familyası:

Menta sp.: Nane (*Menta piperita*) yağının gökkuşağı alabalıklarında 200 mg/L (Metin vd., 2015) ve mavi yunus çiklet (*Cyrtocara moorii*) yavrularında 100 µL/L konsantrasyonda (Can ve Sümer, 2019) anestezik etki gösterdiği bildirilmiştir. Nil tilapia (*Oreochromis niloticus*)'larında 40-160 µL/L konsantrasyonlarında 20-5 dk (de Oliveira Hashimoto vd., 2016) ve *Acipenser persicus*'larda 300-1000 mg/L konsantrasyonlarda 5-3 dk (Mazandarani ve Hoseini, 2018) içinde anesteziye giriş sağladığı bildirilmiştir.

Palyaço anemon balıklarında (*Amphiprion ocellaris*) *Mentha arvensis* uçucu yağı 50-100 µl/L konsantrasyonlar arasında 6-1.5 dk süresince anestezik etki göstermiştir (Pedrazzani ve Neto, 2016).

Nepeta sp.: Kedi nanesi olarak bilinen, *Nepeta cataria* uçucu yağının juvenil tambaqui (*Colossoma macropomum*)’larda 175 µL/L konsantrasyonda derin anesteziye yol açtığını bildirilmiştir (de Souza vd., 2019).

Origanum sp.: Kekik (*Origanum sp.*) yağının, 25-70 µL/L konsantrasyonlarda Avrupa levrek balıklarında (*Dicentrarchus labrax*) 240 saniye ve sarı ağız balıklarında (*Argyrosomus regius*) 270-570 saniyede derin anestezi sağladığı tespit edilmiştir (Bodur vd., 2018). Yapılan diğer çalışmada, gümüş yayın balıklarında (*Rhamdia quelen*) *Origanum majorana* uçucu yağı 200-500 µl/L konsantrasyonlarda anestezik etki, 100 µl/L konsantrasyonda ise sedatif etki göstermiştir (Cunha vd., 2017). Bununla birlikte, zebra balıklarında kekik uçucu yağı 0.1, 0.5 ve 1 mg/L konsantrasyonda anestezik etki göstermediği ve hatta 5 mg/L konsantrasyonda balıklarda ölüme yol açtığı bildirilmiştir (Seyidoğlu ve Yağcılar, 2020).

Ocimum sp.: Fesleğen (*Ocimum basilicum*) uçucu yağının gökkuşağı alabalıklarında 300 mg/L konsantrasyonda anestezik etki gösterdiği bildirilmiştir. Bu konsantrasyonda anestezi indüksiyonu ve iyileşme süreleri sırasıyla 220.5 ve 61 saniye olarak tespit edilmiştir. Ayrıca yapılan histopatolojik incelemeler sonucunda solungaç, karaciğer ve böbrekte herhangi bir patolojik bulguya rastlanmamıştır (Yiğit vd., 2022a). Aynı bitki türü ile yapılan diğer çalışmada, Nil tilapia yavrularında 400 µL/L konsantrasyonda 135.2 saniyede anestezik etki gösterdiği ve balıkların 199.1 saniyede anesteziden çıktıkları tespit edilmiştir (Limma-Netto vd., 2017). Sarı kuyruklu palyaço (*Amphiprion clarkii*) balıklarında fesleğen uçucu yağı 150-350 µL/L konsantrasyon aralığında ölüme neden olduğu için anestezik olarak kullanımının uygun olmadığı bildirilmiştir (Correia vd., 2017).

Lavandula sp.: Metin vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada, lavanta (*Lavandula angustifolia*) uçucu yağının 400 mg/L dozu sazan (*Cyprinus carpio*) balıklarını derin anesteziye ulaştırdığı bildirilmiştir. Bu konsantrasyonda anesteziye giriş süresi 194 sn, kendine gelme süresi 477.5 sn olarak belirlenmiştir. Ayrıca lavanta uçucu yağının sazan balıklarında solungaç, hepatopankreas ve deride herhangi bir patolojik etkiye yol açmadığı tespit edilmiştir. Mavi yunus çiklet yavrularında lavanta uçucu yağının 300 µL/L konsantrasyonda anestezik etkiye sahip olduğu bildirilmiştir. Bu konsantrasyonda balıklar 109.2 sn’de derin anesteziye girdiği, 420 sn’de kendine

geldikleri belirlenmiştir (Can ve Sümer, 2019). Gökkuşığı alabalığında lavanta uçucu yağı 200 mg/L dozda (indüksiyon süresi: 258 s ve kendine gelme süresi: 41 s) balıkları derin anesteziye ulaştırdığı ve balıklar üzerinde herhangi bir patolojik etkiye yol açmadığı tespit edilmiştir (Yiğit vd., 2022b). Gökkuşığı alabalıklarında yapılan diğer çalışmada lavanta uçucu yağının sadece sedatif etki gösterdiği bildirilmiştir (Metin vd., 2015).

Lavantanın farklı türü olan *Lavandula hybrida*'dan elde edilen uçucu yağın zebra çiklit (*Amatitlania nigrofasciata*) balıkları üzerinde 200 µL/L konsantrasyonda anestezik etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu konsantrasyonda balıklar 20,1 sn'de derin anesteziye girdiği, 162 sn'de kendine geldikleri belirlenmiştir (Can vd., 2019).

***Myrtaceae* Familyası:**

***Eucalyptus* sp.:** Okaliptüs (*Eucalyptus globulus*) uçucu yağının gökkuşığı alabalığında 400 mg/L dozda anestezik etkisi gösterdiği bildirilmiştir. Bu konsantrasyonda anestezi indüksiyonu ve iyileşme süreleri sırasıyla 186 ve 117.5 saniye olarak bulunmuştur. Okaliptüs uçucu yağının balıklar üzerinde toksik etkisinin olmadığı ve balıkların solungaç, karaciğer ve böbreklerinde herhangi bir patolojik bulguya yol açmadığı bildirilmiştir (Yiğit vd., 2022a). Gümüş yayın balıklarında okaliptüs uçucu yağının 700 µL/L konsantrasyonda anestezik etki gösterdiği tespit edilmiştir (da Silva vd., 2021). Okaliptüs uçucu yağı Avrupa levreğinde 200-300 µL/L ve sarı ağız balıklarında 150-300 µL/L konsantrasyonlarda anestezik etki göstermiştir (Bodur vd., 2018).

***Melaleuca* sp.:** Hint defnesi (*Melaleuca alternifolia*) uçucu yağının sarı kuyruklu palyaço balığında 500 µL/L konsantrasyonda derin anesteziye yol açtığı bildirilmiştir (Correia vd., 2017).

***Verbenaceae* Familyası:**

***Lippia* sp.:** *Lippia alba* uçucu yağının yavru gümüş yayın balıklarında 100-500 mg/L konsantrasyonlarda (Cunha vd., 2010) ve sarı ağız balıklarında 54-160 mg/L

konsantrasyonlarda (Cardenas vd., 2016) derin anesteziye neden olduğu bildirilmiştir. Aynı yağın çipuralarda 50-300 µL/L'lik konsantrasyonlarda anestezik etki, 35 µl/L ve altındaki konsantrasyonlarda ise sedatif etki gösterdiği tespit edilmiştir (Toni vd., 2015).

Aloysia sp.: Gümüş yayın balıklarında, limon mine çiçeği (*Aloysia triphylla*) uçucu yağının 200 µL/L konsantrasyonda derin anesteziye yol açtığını bildirmişlerdir (Parodi vd., 2014). Orfoz (*Epinephelus marginatus*) balıklarında *A. polystachya* uçucu yağının 100-400 µL/L konsantrasyonlarda anestezik etki yarattığı tespit edilmiştir (Fogliarini vd., 2017). *A. gratissima* uçucu yağı gümüş yayın balığında 300-900 mg/L konsantrasyonda anestezik etki sağladığı bildirilmiştir (Benovit vd., 2015). Benzer olarak aynı bitkiye ait uçucu yağ Brezilya pisi balığında (*Paralichthys orbignyanus*), 45 ve 90 mg/L konsantrasyonda sedatif etki, 270-900 mg/L konsantrasyonlarda anestezik etki göstermiştir (Benovit vd., 2012).

Piperaceae Familyası:

Piper sp.: *Piper divaricatum* uçucu yağı 40 µL/L konsantrasyonda tambaqui (*C. macropomum*)'leri 180 saniyeden daha kısa sürede derin anesteziye ulaştırdığı bildirilmiştir (Vilhena vd., 2019).

Lauraceae Familyası:

Laurus sp.: Gökkuşluğu alabalığında defne (*Laurus nobilis*) uçucu yağı 400 mg/L dozda (indüksiyon süresi: 189.5 s ve kendine gelme süresi: 129.5 s) balıkları derin anesteziye ulaştırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca balıkların solungaç, karaciğer ve böbreklerinde herhangi bir patolojik bulguya rastlanmadığı bildirilmiştir (Yiğit vd., 2022b).

Cinnamomum sp.: Palyaço anemon balıklarında kafur ağacından (*Cinnamomum camphora*) elde edilen yağın 500-600 µL/L konsantrasyonlarda (Pedrazzani ve Neto, 2016), Japon balıklarında (*Carassius auratus*) ise 250 µL/L konsantrasyonda (Kızak vd., 2018) anestezik etki gösterdiği rapor edilmiştir.

Aniba sp.: Brezilya gül ağacı (*Aniba rosaeodora*) yağı 250 µL/L konsantrasyonda japon balıklarında anestezi etkisi gösterdiği bildirilmiştir (Kızak vd., 2018).

Asteraceae Familyası:

Matricaria sp.: Ahli ciklet (*Sciaenochromis fryeri*) ve sarı prenses (*Labidochromis caeruleus*) balıkları ile yapılan anestezi çalışmasında papatya (*Matricaria chamomilla*) uçucu yağının 0.3 ml/L konsantrasyonda her iki balık türü için sedatif ve 0.6 ml/L konsantrasyonda anestezi etkisi gösterdiği bildirilmiştir (Can vd., 2017).

Geraniaceae Familyası:

Pelargonium sp.: Can vd. (2018) yapmış oldukları çalışmada, sardunya (*Pelargonium graveolens*) bitkisine ait uçucu yağının Ahli ciklet ve sarı prenses balıklarında 50 µL/L konsantrasyonda sedatif, 75 µL/L konsantrasyonda anestezi etkisi gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Burseraceae Familyası:

Bursera sp.: Linaloe ağacı (*Bursera delpechiana*)'ndan elde edilen uçucu yağın zebra ciklet (*A. nigrofasciata*) balıkları üzerinde 125 µL/L konsantrasyonda anestezi etkiye sahip olduğu bildirilmiştir. Bu konsantrasyonda balıklar 176 sn'de derin anesteziye girdiği, 125 sn'de kendine geldikleri belirlenmiştir (Can vd., 2019).

Apiaceae (Umbelliferae) Familyası:

Cuminum sp.: Kimyon (*Cuminum cyminum*) uçucu yağının 300 mg/L dozu sazan balıklarını derin anesteziye ulaştırdığı bildirilmiştir. Bu konsantrasyonda anesteziye giriş süresi 187.5 sn, kendine gelme süresi 415 sn olarak belirlenmiştir. Ayrıca sazan balıklarında anestezi olarak uygulanan kimyon uçucu yağının solungaç, hepatopankreas ve deri üzerinde herhangi bir patolojik etkiye yol açmadığı ifade edilmiştir (Metin vd., 2022). Yapılan diğer çalışmada, zebra balıklarında (*Danio rerio*) kimyon uçucu yağının 0.24 ml/L konsantrasyonda anestezi etkisi (indüksiyon:

157.6 sn ve kendine gelme: 133.3 sn) gösterdiği saptanmıştır (Khosravanizadeh vd., 2020).

***Coriandrum sp.*:** Kişniş (*Coriandrum sativum*) bitkisinden elde edilen uçucu yağın zebra çiklit balıkları üzerinde 150 µL/L konsantrasyonda anesteziye etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu konsantrasyonda balıkların 156 sn'de derin anesteziye girdiği, 165 sn'de kendine geldikleri belirlenmiştir (Can vd., 2019).

Poaceae (Graminae) Familyası:

***Cymbopogon sp.*:** Yavru tambacu (*Piaractus mesopotamicus* male X *Colossoma macropomum* female) balıklarında *Cymbopogon flexuosus* esansiyel yağının 10 ve 25 µL/L konsantrasyonlarda sedasyon için ideal olduğu bildirilmiştir. Derin anestezi için en hızlı anesteziye giriş ve kendine gelme süresi 300 µL/L konsantrasyonda 194.88 ve 116.25 saniye olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak bu esansiyel yağın tambacularda sedasyon ve anestezi olarak sırasıyla 10-25 µL/L ve 300 µL/L'de kullanılabileceği bulunmuştur (Limma-Netto vd., 2016). Aynı araştırmacıların nil tilapialarında yapmış oldukları çalışmada *C. flexuosus* uçucu yağı 600 µL/L konsantrasyonda 327.1 saniyede derin anesteziye neden olduğu ve balıkların 374.8 saniyede anesteziden çıktıkları tespit edilmiştir. Bu uçucu yağın 10 ve 25 µL/L konsantrasyonları ise balıklarda sedatif etki göstermiştir (Limma-Netto vd., 2017). Gümüş yayın balığında yapılan anestezi çalışmasında, *Cymbopogon flexuosus* esansiyel yağının sedasyon için 25 µL/L ve derin anestezi için 150 ve 300 µL/L konsantrasyonlara ölüm olmaksızın etkili olduğu belirlenmiştir (dos Santos vd., 2017).

Cymbopogon nardus uçucu yağının juvenil tambaqui üzerindeki anestezi etkilerinin değerlendirdiği çalışmada, 600 µL/L konsantrasyonun derin anestezi için uygun olduğunu tespit etmişlerdir. Bu konsantrasyonda balıkların 132 sn'de derin anesteziye girdiği, 73 sn'de kendine geldikleri belirlenmiştir. *C. nardus* uçucu yağının 200 µL/L konsantrasyonunun ise balıklarda sedatif etki gösterdiği bildirilmiştir (Barbas vd., 2017).

Cymbopogon citratus esansiyel yağının bir bitkisel anestezik ajan olarak etkinliği Ahli çiklet ve sarı prenses balıklarında tespit edilmiştir. Bu esansiyel yağın en düşük etkili konsantrasyonu, her iki tür için 200 µL/L olarak tespit edilmiştir (Kızak vd., 2018).



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışmada Kullanılan Bitki Türleri

Poaceae familyasında yer alan *Cymbopogon* cinsi Hindistan Yarımadası, Güney ve Kuzey Amerika, Afrika, Avustralya ve Avrupa'nın tropikal ve subtropikal topraklarında yaygın olarak yetişir (Skaria vd., 2006). Ülkemizde ise Akdeniz ve Ege sahil bölgelerinde üretimi yapılmaktadır (Anonim, 2020). *Cymbopogon* cinsi, farklı türler ve alt türler dahil olmak üzere yaklaşık 180 bitkiden oluşur. *Cymbopogon* cinsinin merkezi sinir sistemi üzerine farmakolojik etkileri yanı sıra anti-inflamatuvar, antimikrobiyal, antioksidan ve antikanser aktivitesi bulunmaktadır. Esansiyel yağ elde edilen *Cymbopogon* türleri; *Cymbopogon martinii*, *C. citratus*, *C. flexuosus*, *C. westratus*, *C. nardus* ve *C. winterianus*'dur (Zahra vd., 2020).

Bu çalışmada ülkemizde Akdeniz ve Ege sahil bölgelerde üretimi yapılan *Cymbopogon* cinsine ait *Cymbopogon martinii* (palmarosa) ve *Cymbopogon winterianus* (citronella) türleri seçilmiştir. Bu iki tür geraniol açısından zengin bir uçucu yağa sahiptir. Yapılan çalışmalarda geraniol gibi monoterpenlerin sedatif, anestezik, kas gevşetici ve antikonvülsan özelliklere sahip olduğu bildirilmiştir (Dallmeier ve Carlini, 1981; Freire vd., 2006; Quintans-Júnior vd., 2008; Oshima ve Ito, 2021).

3.1.1. *Cymbopogon martinii*

Palmarosa (*C. martinii*), orijinal olarak Hindistan ve Türkiye'de bulunan, çiçekleri ve yaprakları tatlandırıcı olarak tescil edilmiş ve asiklik monoterpen olan geraniol açısından zengin bir uçucu yağa sahip aromatik bir bitki türüdür (Kakaraparthi vd., 2015). Toksik özelliği olmayan Palmarosa uçucu yağı FDA tarafından kullanımının güvenli olduğu kabul edilmiştir (Kalagatur vd., 2018).

Palmarosa uçucu yağı; geraniol yanında geranilasetat, linalool, terpinen, limonen, farnesol, karyofil, mirsen, humulen, selinenes ve nerolidol ve bileşenlerini de içermektedir (Jain vd., 2011). Uçucu yağ içeriğine bakıldığında, geraniol ve

geranilasetat bileşenlerinin miktarı toplam uçucu yağ bileşenlerinin yaklaşık %75-90'ını oluşturmaktadır (Chauhan vd., 2017).

3.1.2. *Cymbopogon winterianus*

"Citronella" ve "java otu" olarak bilinen *Cymbopogon winterianus*, Hindistan ve Brezilya'da yetiştirilen önemli bir bitki türüdür. Yapraklarından ekstrakte edilen uçucu yağlar dünya çapında sabun, parfümeri, kozmetik ve tatlandırıcı endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Shasany vd., 2000). Citronella uçucu yağı sitronelal, geraniol ve sitronellol açısından zengindir. Ayrıca sitronellil asetat, L-limonen, ellemol ve diğer seskiterpen alkoller gibi diğer bileşenleride içerir (Katiyar vd., 2011; Wany vd., 2013).

3.2. Uçucu Yağlar ve GC-MS analizi

Bu çalışmada her iki bitkiye ait uçucu yağlar Botalife/Manolya Doğal ve Aromatik Ürün Gıda San. Tic. Şti'den temin edilmiştir. Bu uçucu yağların fenolik bileşenlerinin analizi S.D.Ü. Yenilikçi Teknolojiler Uygulama ve Araştırma Merkezi (YETEM)'ndeki Gaz Kromatografisi-Kütle Spektroskopisi (GC-MS) ile belirlenmiştir. Her bir bileşen, kütle spektrumları Wiley, Nist ve Tutor kütüphanesinden karşılaştırma ile tanımlanarak, bileşen miktarları, pik alanları göreceli blokların toplam pik alanına oranlanması yolu ile hesaplanmıştır.

3.3. Deneme Yeri ve Balık

Bu çalışma, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Deney Hayvanları Üretimi ve Deneyisel Araştırma Laboratuvarında yürütülmüştür. Denemede ortalama 50 g ağırlığına sahip toplam 250 adet gökkuşağı alabalığı kullanılmıştır. Bu çalışma içerisinde 10 lt su bulunan akvaryumlarda iki tekrarlı olacak şekilde yürütülmüştür. Deneme boyunca kullanılan suyun çözünmüş oksijen miktarı 9 mg/lt ve sıcaklığı ortalama 10°C olarak ölçülmüştür (Çizelge 3.1).

Balıklar deneme ünitesine getirildikten sonra iki hafta boyunca adaptasyona tabi tutulmuştur. Bu süreçte balıklar canlı ağırlığının %2'si oranında ticari alabalık yemi

ile beslenmişlerdir. Anestezi denemesinden 24 saat önceden yemleme işlemi durdurulmuştur.

Çizelge 3.1. Deneme grupları

Gruplar	Konsantrasyonlar (mg/L)	Balık Sayısı/Grup
Citronella (<i>Cymbopogon winterianus</i>)	25	20 (10x2)
	50	20 (10x2)
	75	20 (10x2)
	100	20 (10x2)
	200	20 (10x2)
Palmarosa (<i>Cymbopogon martinii</i>)	25	20 (10x2)
	50	20 (10x2)
	75	20 (10x2)
	100	20 (10x2)
	200	20 (10x2)
Kontrol (etil alkol)	1,8	20 (10x2)

3.4. Uçucu Yağların Anestezik Etkilerinin Tespiti

Denemede *C. winterianus* ve *C. martinii* bitkilerinden elde edilen uçucu yağların gökkuşağı alabalığı üzerindeki anestezik etkileri tespit edilmiştir. Bu amaçla %95'lik etil alkol içerisinde 1:10 oranında seyreltilen uçucu yağlardan 5 farklı konsantrasyon (25, 50, 75, 100 ve 200 mg/L) hazırlanmıştır. Kontrol grubu balıklara ise sadece 1.8 ml/L oranında (200 mg/L uçucu yağı seyreltmek için kullanılan miktarı) etil alkol uygulanmıştır. Denemede anestezi uygulanan balıklarda anesteziye giriş, anesteziden çıkış süreleri ve anestezi düzeyleri tespit edilmiştir. Deneme boyunca anestezi uygulanan balıklar maksimum 30 dk süreyle gözlemlenmiş ve bu süre sonunda balıklarda gözlemlenen davranışlar ve ölümler kaydedilmiştir.

Anestezi düzeyinin belirlenmesinde kriter olarak özellikle balıkların denge ve yüzme aktivitesi esas alınmıştır. Anestezi düzeyleri 4 farklı safhada değerlendirilmiştir (Kumlu ve Yanar, 1999).

I. (Çok hafif anestezi düzeyi): Balıkta sakinleşme, yüzme aktivitesinde ve dengede kısmi bir azalma durumu.

II. (Hafif anestezi düzeyi): Balıkta yüzme aktivitesinin giderek azalması, dengesinin yitirilerek zaman zaman yatık bir şekilde durması, var olan hareketlerinde amaçsız ve rastgele olması ve yüzmedeki koordinasyonsuzluk durumu.

III. (Orta anestezi düzeyi): Balıklar akvaryumun dip kısmında yatık bir şekilde durması ve yüzme aktivitesi ile dengesini hemen hemen yitirmesi durumu.

IV. (Derin anestezi düzeyi): Balıkların yüzme aktivitesi ve dengesini tamamıyla yitirmesi, akvaryumun tabanında tamamen yatık bir durumda ve hareketsiz yatması durumu.

Anesteziden çıkış süreleri ise; balıkların anesteziye giriş süresi belirlendikten sonra hemen temiz bir suya alınarak belirlenmiştir. Bu süre balıkların normal yüzme davranışı ve dış uyarılara karşı tepki gösterdiği zaman olarak belirlenmiştir. Ayrıca deneme sonunda balıklarda olabilecek ölüm oranları kaydedilmiştir.

3.5. Histopatolojik İncelemeler

Histopatolojik incelemeler Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Veteriner Fakültesi Patoloji Anabilim Dalı'nda yürütülmüştür. Balıkları derin anesteziye ulaştıran ideal konsantrasyon belirlendikten sonra histopatolojik örneklemeler yapılmıştır. Bu amaçla etkili anestezik doz balıklara uygulanarak anestezi olmaları sağlanmıştır. Anestezi sonunda balıklar temiz suya alınmış ve kendine gelen balıklardan hemen doku örnekleri alınmıştır. Balıkların solungaç, deri ve karaciğerlerinden alınan örnekler %10'luk nötral tamponlu formaldehitte fikse edilmiş ve hemotoksilen eozin boyama yöntemiyle boyanmıştır. Her bir konsantrasyon ve kontrol grupları için 3 adet balık kullanılmıştır. Böylelikle uçucu yağların dokularda herhangi bir patolojik değişikliğe sebep olup olmadığı belirlenmiştir.

3.6. İstatiksel Analizler

Denemede elde edilen veriler (anesteziye giriş ve çıkış süreleri) SPSS 15.0 paket programında ANOVA testi ile değerlendirilmiştir. Gruplar arasındaki ayrım Varyans Analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiş ve önem düzeyi $P < 0.05$

olarak seçilmiştir. Ayrıca, her iki anesteziik maddenin dozları ve etki süreleri arasındaki ilişki regresyon analizi ile değerlendirilmiştir. Anesteziye giriş ve kendine gelme süreleri için eğim çizgisi oluşturulmuştur.



4. BULGULAR

4.1. GC-MS Sonuçlarına Ait Bulgular

Her iki bitkiye ait uçucu yağ bileşenleri incelendiğinde ana bileşenin geraniol olduğu bulunmuştur. Palmarosa ve citronella uçucu yağlarında geraniol sırasıyla %82.23 ve %57.84 oranlarında tespit edilmiştir (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2). Ayrıca palmarosa uçucu yağında linalyl acetate %12.18 (Çizelge 4.1); citronella uçucu yağında ise linalyl acetate %9.03, E-citral %6.67 ve citronellal %6.26 oranlarında tespit edilmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.1. Palmarosa uçucu yağına ait GC-MS sonuçları

Rt	Bileşen	% Oransal Değerler
8.643	β - Myrcene	0.08
10.435	Limonene	0.05
10.769	cis- Ocimene	0.12
11.289	trans- β -Ocimene	0.81
14.196	Linalool	1.32
22.691	Z-Citral	0.09
23.961	Geraniol	82.23
24.687	E-Citral	0.84
26.668	Geranyl bromide	0.12
31.932	Linalyl acetate	12.18
34.141	trans-Caryophyllene	1.98
36.390	α - Humulene	0.05
44.081	Caryophyllene oxide	0.13

Çizelge 4.2. Citronella uçucu yağına ait GC-MS sonuçları

Rt	Bileşen	% Oransal Değerler
8.404	6-Methyl-5-hepten-2-one	0.96
8.612	β - Myrcene	0.14
10.419	Limonene	2.29
10.736	cis- Ocimene	0.10
11.262	trans- β -Ocimene	0.09
11.589	Melonal	0.06
12.562	4-Nonanone	0.31
14.174	Linalool	1.58
14.374	2,5-Bornanediol	0.06
16.289	Carane, 4,5-epoxy-trans	0.07
16.938	Isopulegol	0.30
17.268	Citronellal	6.26
17.555	Neo-iso-Pulegol	0.10
18.983	Verbenol	0.09
19.880	α - Terpeneol	0.04
21.875	Nerol	0.04
22.095	β - Citronellol	1.35
22.684	Z-Citral	3.53
23.945	Geraniol	57.84
24.716	E-Citral	6.67
26.639	Geraniol formate	0.25
30.010	Citronellyl acetate	1.08
31.926	Linalyl acetate	9.03
32.364	β -Elemene	0.44
34.144	trans-Caryophyllene	4.47
35.163	trans- α -Bergamotene	0.77
35.635	Sesquiphellandrene	0.07
36.358	α - Humulene	0.52
36.555	trans- β -Farnesene	0.06
37.691	γ -Muurolene	0.04
37.994	Germacrene D	0.11
39.198	α - Muurolene	0.12
40.028	γ -Cadinene	0.20
40.414	delta- Cadinene	0.47
42.271	α - Elemol	0.03
44.056	Caryophyllene oxide	0.43

4.2. Uçucu Yağların Anestezik Etkilerinin Tespitine Ait Bulgular

Gökkuşığı alabalıkları üzerinde palmarosa ve citronella uçucu yağının anestezik etkinliğinin tespit edildiği çalışmada, uçucu yağların konsantrasyonunun artışı ile balıklarda anesteziye giriş sürelerinin azaldığı ve anesteziden çıkış sürelerinin ise arttığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4).

Palmarosa uçucu yağının 25 mg/L konsantrasyonu alabalıklar üzerinde sadece hafif anestezik etki (Safha 3) göstermiş ve bu safhaya balıklar 224.67 saniyede ulaşmıştır. Balıklar uçucu yağının 50-200 mg/L konsantrasyonlarında ise derin anesteziye (Safha 4) ulaştığı belirlenmiştir. Palmarosa uçucu yağının gökkuşığı alabalıklarında 50 mg/L konsantrasyonda en ideal sürede derin anesteziye giriş (184.33 sn) ve kendine gelmeyi (261.67 sn) sağladığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Palmarosa uçucu yağının gökkuşığı alabalıkları üzerinde anestezik etkinliği

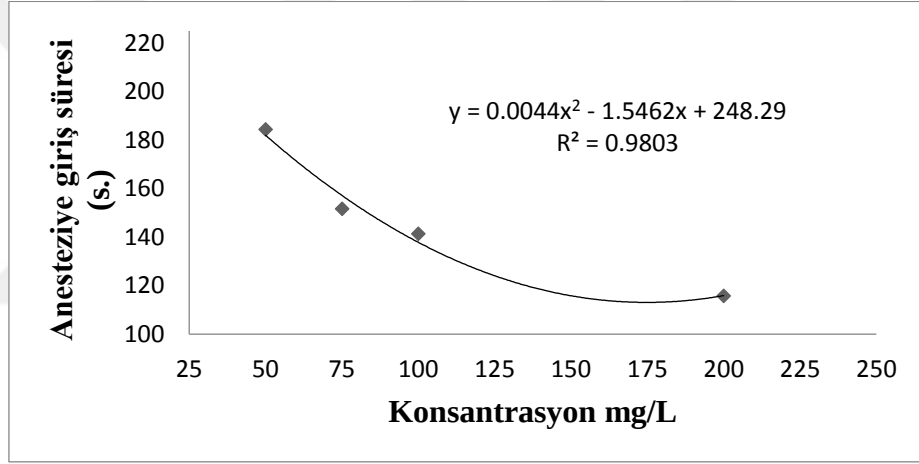
Doz (mg/L)	Anesteziye Giriş Süresi (sn) Anestezi Safhaları				Anesteziden Çıkış Süresi (sn)
	1	2	3	4	
25	55.00±12.53 ^a	173.00±9.85 ^a	224.67±11.24 ^a	-	-
50	52.67±12.22 ^a	99.33±6.03 ^b	125.00±13.53 ^b	184.33±10.60 ^a	261.67±10.60 ^b
75	52.00±11.00 ^a	72.67±11.06 ^c	104.00±12.12 ^{bc}	151.67±11.59 ^b	263.00±13.53 ^b
100	40.67±6.03 ^a	53.00±12.12 ^d	84.67±11.37 ^{cd}	141.33±9.07 ^b	264.33±11.5 ^b
200	17.67±7.51 ^b	43.67±13.01 ^d	74.33±11.06 ^d	115.67±10.50 ^c	292.00±11.00 ^a
R ²	0.98	0.96	0.92	0.98	0.99
Equation	$y = 0.0044x^2 - 1.5462x + 248.29$	$y = 0.0091x^2 - 2.73x + 227.26$	$y = 0.0108x^2 - 3.1947x + 283.18$	$y = 0.0044x^2 - 1.5462x + 248.29$	$y = 0.0014x^2 - 0.1614x + 266.37$

25 mg/L konsantrasyonda citronella uçucu yağı, alabalıklarda hafif anestezik etki göstermiştir. Balıklar üzerinde bu etki (3. safha) 500.33 sn'de gözlemlenmiştir. Citronella uçucu yağın 50-200 mg/L konsantrasyonları balıkları anestezinin 4. safhasına (derin anestezi) ulaştırdığı belirlenmiştir. Gökkuşığı alabalıklarında derin anesteziye giriş ve çıkış süreleri ele alındığında, citronella uçucu yağının en ideal konsantrasyonu 50 mg/L olduğu tespit edilmiştir. Bu konsantrasyonda balıkların derin anesteziye giriş süresi 203.33 sn ve anesteziden çıkış süresinin 123.67 sn olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

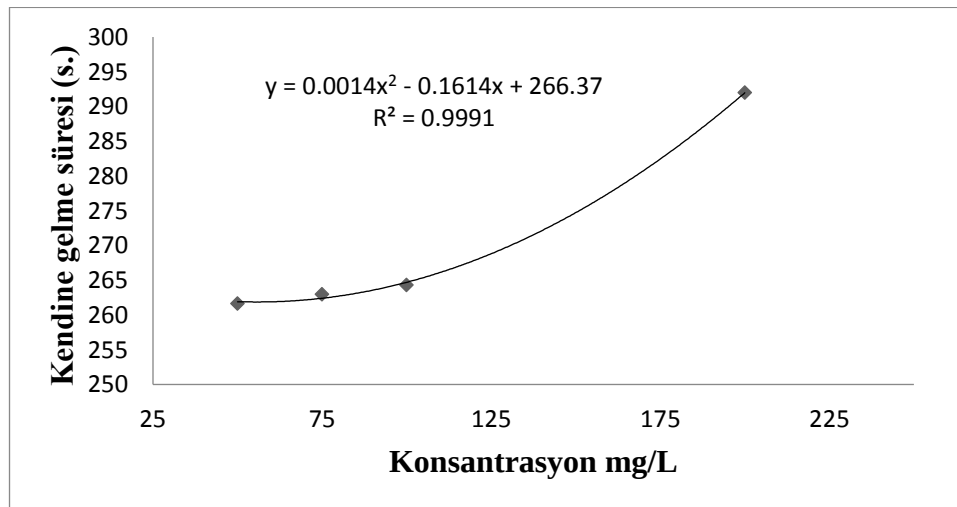
Çizelge 4.4. Citronella uçucu yağının gökkuşuğu alabalıkları üzerinde anestezi etkinliği

Doz mg/L)	Anesteziye Giriş Süresi (sn) Anestezi Safhaları				Anesteziye Çıkış Süresi (sn)
	1	2	3	4	
25	72.33±8.02 ^a	142.00±11.36 ^a	500.33±18.18 ^a	-	-
50	51.33±4.04 ^b	102.00±4.58 ^b	154.67±13.05 ^b	203.33±11.06 ^a	123.67±12.06 ^c
75	54.33±4.93 ^b	95.00±9.17 ^b	152.33±10.69 ^b	195.00±12.12 ^a	195.00±13.53 ^b
100	49.33±4.04 ^b	58.33±5.69 ^c	102.00±17.69 ^c	142.67±8.62 ^b	214.33±8.74 ^{ab}
200	28.33±7.02 ^c	43.33±5.69 ^d	60.00±9.00 ^d	85.00±12.53 ^c	227.00±8.19 ^a
R ²	0.93	0.96	0.93	0.97	0.96
Equation	$y = 75.938e^{-0.005x}$	$y = 0.0046x^2 - 1.5977x + 177.58$	$y = 9598.7x^{-0.976}$	$y = 281.12e^{-0.006x}$	$y = -0.0121x^2 + 3.6814x - 25.058$

Palmarosa uçucu yağının farklı dozları ile yapılan anestezi düzeyleri arasındaki ilişkinin regresyon analizi Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de verilmiştir.

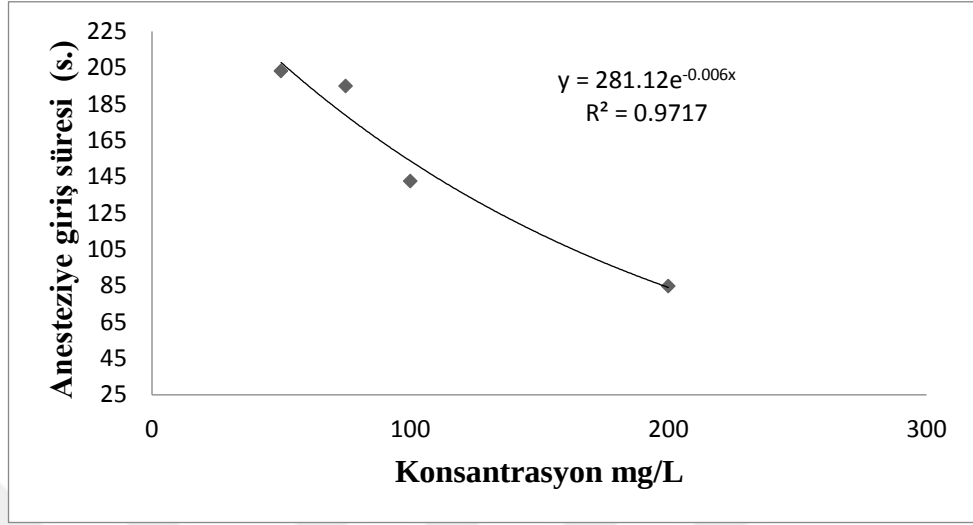


Şekil 4.1. Palmarosa uçucu yağın farklı dozları ile yapılan 4. safha anestezi seviyeleri arasındaki ilişkiye ait regresyon analizi

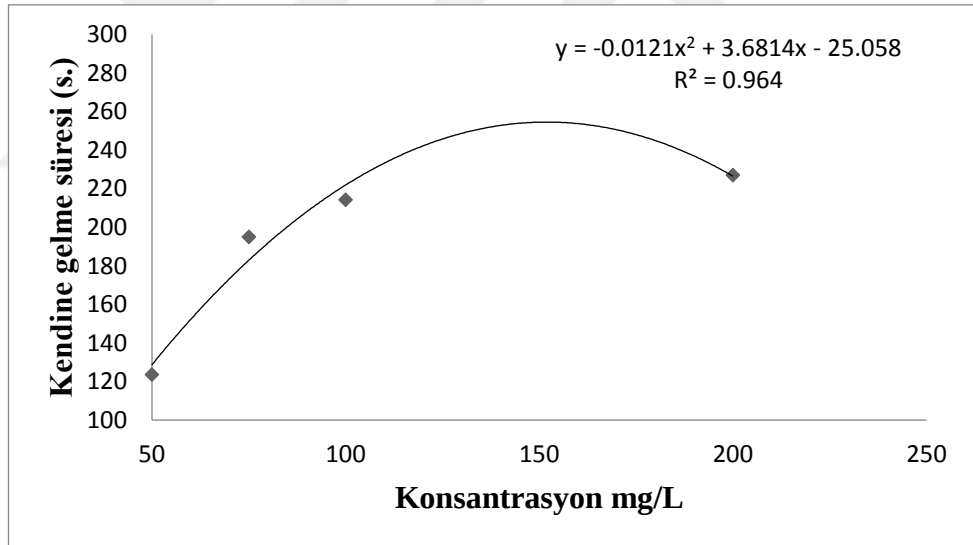


Şekil 4.2. Palmarosa uçucu yağın farklı dozları ile balıkların kendine gelme süreleri arasındaki ilişkinin regresyon analizi

Citronella uçucu yağının farklı dozları ile yapılan anestezi düzeyleri arasındaki ilişkinin regresyon analizi Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’de verilmiştir.



Şekil 4.3. Citronella uçucu yağın farklı dozları ile yapılan 4. safha anestezi seviyeleri arasındaki ilişkiye ait regresyon analizi

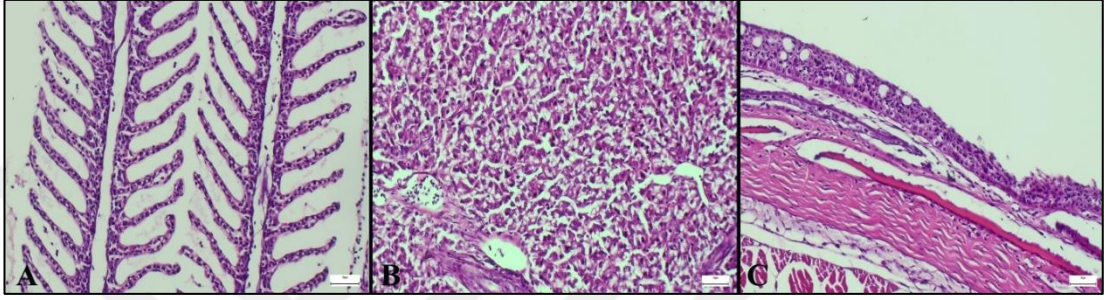


Şekil 4.4. Citronella uçucu yağın farklı dozları ile balıkların kendine gelme süreleri arasındaki ilişkinin regresyon analizi

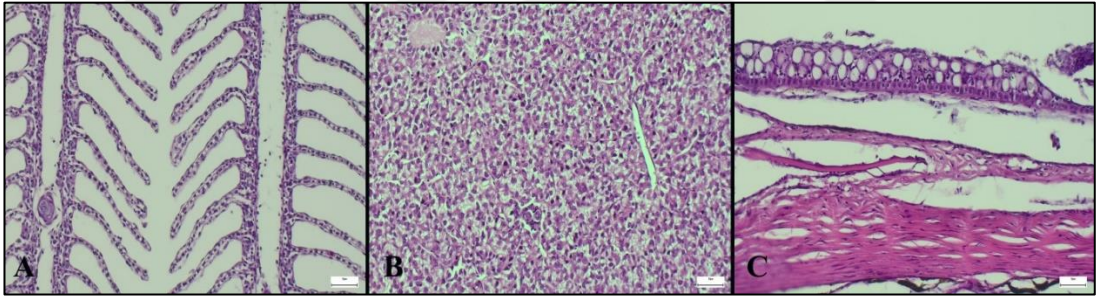
Her iki uçucu yağa ait, anestezi safhaları ile ilgili yapılan regresyon analizinde, konsantrasyon artışı ile anesteziye giriş süreleri arasında azalan seviyede bir ilişki belirlenmiştir. Anesteziye giriş süresi uçucu yağların dozu arttıkça azalma eğilimindeyken, balıkların kendine gelme süresi ile uygulanan dozun miktarı arasında ters orantı mevcuttur.

4.3. Anestezik Olarak Uygulanan Uçucu Yağların Balıklar Üzerindeki Histopatolojik Etkisine Ait Bulgular

Hem citronella hem de palmarosa uçucu yağlarının anestezik olarak uygulandığı balıklarda solungaç, karaciğer ve deri örneklerinde normal doku histolojisi gözlemlenmiştir. İncelenen doku ve organlarda herhangi bir patolojik bulguya rastlanmamıştır (Şekil 4.5 ve Şekil 4.6).



Şekil 4.5. Palmarosa grubunda histolojik görünüm (A) normal solungaç histolojisi, (B) normal karaciğer görünümü ve (C) bozulmamış deri, HE, scale bars=50µm



Şekil 4.6. Citronella grubunda histolojik görünüm (A) normal solungaç histolojisi, (B) normal karaciğer görünümü ve (C) bozulmamış deri, HE, scale bars=50µm

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Balık yetiştiriciliğinde, üretimin her aşamasında anestezikler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, bazı kimyasal anestezik maddeler balıklar üzerinde bir takım yan etkilere yol açmaktadır. İlave olarak, bu maddeler balık etinde birikerek insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilir. Bu olumsuz etkiler göz önünde bulundurulduğunda kimyasal anestezik maddelerin yerine geçebilecek alternatif bitkisel anestezik madde arayışı hızlanmıştır. Özellikle uçucu yağların balıklar üzerinde anestezik etkisinin hızlı ve vücuttan atılım süresinin kısa olması, kolay temin edilebilir ve doğa dostu ürünler olması sebebiyle balık anesteziyolojisinde popülaritesi hızla artmıştır. Su ürünleri yetiştiriciliğinde karanfil yağı anestezik olarak yaygın bir şekilde kullanılmakla beraber farklı uçucu yağların balıklar üzerindeki etkinliği çalışmaya devam edilmektedir. Bu çalışmada, gökkuşığı alabalıkları üzerinde citronella (*Cymbopogon winterianus*) ve palmarosa (*Cymbopogon martinii*) bitkilerine ait uçucu yağların anestezik etkinliği ilk defa çalışılmıştır.

Cymbopogon türlerinden elde edilen uçucu yağlarda geraniol'ün ana bileşik olduğu bildirilmiştir (Barbas vd., 2017). Bizim çalışmamızda da her iki bitkiye ait uçucu yağda geraniol ana etken madde olarak bulunmuştur. Palmarosa ve citronella uçucu yağlarında sırasıyla geraniol %82.23 ve %57.84 oranlarında tespit edilmiştir (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2). Benzer olarak Raina vd. (2003), palmarosa uçucu yağında geraniolü %67.6-83.6 oranlarında, Shasany vd. (2000), citronella uçucu yağında %17.5-60 oranlarında olduğunu bildirmiştir.

Cymbopogon cinsine ait bitki türlerin balıklarda anestezik madde olarak kullanımıyla ilgili az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bununla birlikte çalışmamızda kullandığımız citronella (*C. winterianus*) ve palmarosa (*C. martinii*) bitki türlerinin anestezik olarak kullanımına ilişkin herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmamızda her iki bitkiye ait uçucu yağın gökkuşığı alabalıklarında derin anestezi için ideal konsantrasyonunun 50 mg/L olduğu belirlenmiştir. Bu konsantrasyonda citronella ve palmarosa uçucu yağları alabalıkları sırasıyla 203.33 ve 184.33 sn'de derin anesteziye ulaştırmıştır. Limma-Netto vd. (2016), *C. flexuosus* esansiyel yağının yavru tambacı balıklarında anestezik olarak kullanılabilirliğini araştırdıkları

alışmalarında, 300 µL/L'de konsantrasyonda *C. flexuosus*'un balıkları 194.88 sn'de derin anesteziye ulaştırdığını tespit etmişlerdir. Aynı araştırmacıların nil tilapialarında yapmış oldukları diğer çalışmalarında, *C. flexuosus*'un 600 µL/L konsantrasyonda (327.1 sn anesteziye giriş süresi) ideal derin anestezi için uygun olduğunu bildirmişlerdir (Limma-Netto vd., 2017). Gümüş yayın balığında ise *C. flexuosus* uçucu yağının derin anestezi için 150 ve 300 µL/L konsantrasyonlara ölüm olmaksızın etkili olduğu belirlenmiştir (dos Santos vd., 2017). *C. citratus* bitkisine ait uçucu yağın ise Ahli iklet ve sarı prenses balıklarında 200 µL/L konsantrasyonda (Kızak vd., 2018), melek balıklarında (*P. scalare*) 250 mg/L konsantrasyonda (de Oliveira vd., 2022) anestezik olarak etkin olduğu ifade edilmiştir. Tambaqui'lerde *C. nardus* esansiyel yağının 600 µL/L konsantrasyonda derin anestezi için uygun olduğu tespit edilmiştir (Barbas vd., 2017). Yapılan alışmalar incelendiğinde balıklar üzerinde etkili anestezik konsantrasyonun farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Bu farklılığın çalışmalarda kullanılan *Cymbopogon* cinsine ait bitki türlerinin ve balık türlerinin farklı olmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Cymbopogon cinsine ait bitki türlerin ana etken maddesi olan geraniol ile yapılan çalışmalarda balıklar üzerinde sedatif etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Can vd., 2019). Bu çalışmada da citronella ve palmarosa uçucu yağlarında yüksek oranlarda bulunan geraniol'ün gökkuşağı alabalıklarında da anestezik etkinliğe sahip olduğu tespit edilmiştir. de Araújo vd. (2021) yapmış oldukları çalışmalarında, geraniolün tambaqui yavrularında 70 µL/L konsantrasyonda anestezik etki gösterdiği ve balıkları 191 sn'de derin anesteziye ulaştırdıkları bildirilmiştir. Bizim alışmamızda benzer olarak, geraniol oranı yüksek olan palmarosa ve citronella uçucu yağları 75 mg/L konsantrasyonda alabalıkları sırasıyla 151.67 sn ve 195 sn'de derin anesteziye ulaştırmıştır.

Histopatolojik alışmalar, organların özellikle de gaz değişiminin yoğun olduğu solungaç epitelinin toksik maddelere duyarlılığını doğrulamak için kritik öneme sahiptir (Poleksic ve Mitrovic-Tutundzic, 1994). Anestezik olarak kullanılan uçucu yağların balık dokuları üzerindeki histolojik etkileri üzerine az sayıda çalışma bulunmaktadır (Veliseck vd., 2005; Bhuvaneswari vd., 2015; Santos vd., 2020; Metin vd., 2022; Yiğit vd., 2022a,b). Bu çalışmada 50 mg/L konsantrasyonda palmarosa ve citronella uçucu yağlarının balıkların solungaç, deri ve karaciğerlerinde

herhangi bir patolojik etkiye yol açmadığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte melek balıklarında taşıma esnasında kullanılan *C. citratus* uçucu yağının solungaçlarda sekonder lamellalarda füzyon ve ödeme yol açtığı belirlenmiştir (de Oliveira vd., 2022). Bizim çalışmamızdan farklı olarak bu çalışmada solungaçlarda patolojik etkinin gözlemlenmesi balıkların *C. citratus* uçucu yağına uzun süre maruz kalmasından (8 saatlik taşıma denemesi) dolayı oluşabileceği düşünülmektedir.

Metin vd. (2022), lavanta ve kimyon yağlarının (400-500 mg/L) sazan balıklarının solungaç, deri ve hepatopankreasında herhangi bir patolojik bulguya yol açmadığı bildirilmiştir. Yiğit vd. (2022b), lavanta and defne uçucu yağlarının gökkuşağı alabalıklarında solungaç, karaciğer ve böbrek dahil hiçbir organda patolojik etkiye yol açmadığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Velisek vd. (2005), sazanlarda karanfil yağı ile anestezi uygulaması sonrasında dokularda (karaciğer, dalak ve böbrekler) herhangi bir histopatolojik değişikliğin görülmediğini kaydetmiştir. Golshan vd. (2018), 300 ppm konsantrasyonda lavanta esansiyel yağı ile anestezi uygulanan yavru gümüş sazanda (*Hypophthalmichthys molitrix*) karaciğer, böbrek ve solungaçlarda histopatolojik etki gözlemlenmediğini bildirmiştir. Santos vd. (2020), ayrıca çay ağacı ve karanfil esansiyel yağları ile anesteziden sonra tambaqui'de solungaçların zararlı morfofizyolojik değişikliklere uğramadığını tespit etmişlerdir. Rakhshani vd. (2018), nane (*Mentha piperita*) uçucu yağlarının optimum konsantrasyonunda (200 ppm) histopatolojik olarak hiçbir yan etkisinin olmadığını kaydetmiştir. Buna karşılık, Brandão vd. (2021), *Aloysia triphylla*, *Lippia sidoides* ve *Mentha piperita* esansiyel yağlarının juvenil tambaqui için anestetik olarak kullanılmasının solungaçlarda lamel epitelinin hipertrofisine ve hiperplazisine neden olduğunu bildirmiştir.

Sonuç olarak, citronella ve palmarosa uçucu yağlarının gökkuşağı alabalıklarında immobilizasyonu sağlamak için etkili ve güvenli bir anestetik ajan olduğu tespit edilmiştir. Her iki uçucu yağın 50 mg/L konsantrasyonu balıklarda hızlı anesteziye giriş (< 3 dakika) ve kendine gelmeyi (< 5 dakika) indükleyen en uygun konsantrasyon olduğu belirlenmiştir. Bu konsantrasyonda her iki uçucu yağın da balıklar üzerinde güvenli ve etkin bir şekilde kullanılabileceği tespit edilmiştir. Bu nedenle citronella ve palmarosa uçucu yağları, balıklarda kullanım için potansiyel yeni bir anestetik ajan olarak düşünülmelidir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda

citronella ve palmarosa uçucu yağlarının alabalıklar üzerinde anestezik olarak kullanımının balık davranışları, hematolojik ve biyokimyasal parametreler, sitotoksosite ve stres genlerine olan etkisinin ortaya konulmasına ihtiyaç vardır.



KAYNAKLAR

- Anonim (2020). Oğul otu fizibilite raporu ve yatırımcı rehberi. <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/Belgeler/YATIRIMCI%20REHBER%C4%B0/OG%CC%86UL%20OTU%20F%C4%B0Z%C4%B0B%C4%B0L%C4%B0TE%20RAPORU.pdf>. (Son erişim tarihi: 10 Ocak 2023)
- Aydın, B., & Barbas, L. A. L. (2020). Sedative and anesthetic properties of essential oils and their active compounds in fish: A review. *Aquaculture*, 520, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.734999>
- Barbas, L. A. L., Hamoy, M., de Mello, V. J., Barbosa, R. P. M., de Lima, H. S. T., Torres, M. F., do Nascimento, L. A. S., da Silva, J. K. R., Andrade, E. H. A., & Gomes, M. R. F. (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>.
- Benovit, S. C., Gressler, L. T., de Lima Silva, L., de Oliveira Garcia, L., Okamoto, M. H., dos Santos Pedron, J., Rodrigues, R. V., Sampoio, L. A., 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(6), 896-900.
- Benovit, S. C., Silva, L. L., Salbego, J., Loro, V. L., Mallmann, C. A., Baldisserotto, B., Flores, E. M. M., & Heinzmann, B. M. (2015). Anesthetic activity and bio-guided fractionation of the essential oil of *Aloysia gratissima* (Gillies & Hook.) Tronc. in silver catfish *Rhamdia quelen*. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, 87, 1675-1689.
- Bhuvaneswari, R., Manickam, N., & Bhavan, P. S. (2015). Calamus oil as an anesthetic for *Cyprinus carpio* (Ornamental Koi). *International Journal of Pure and Applied Bioscience*, 3(1), 18– 26.
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.09.029>
- Bolasina, S. N. (2006). Cortisol and hematological response in Brazilian codling, *Urophycis brasiliensis* (Pisces, Phycidae) subjected to anesthetic treatment. *Aquaculture International*, 14, 569-575.
- Bowser, P. R. (2001). Anesthetic options for fish. In *Recent Advances in Veterinary Anesthesia and Analgesia: Companion Animals*. (pp. 251-298)
- Brandão, F. R., Farias, C. F. S., de Melo Souza, D. C., de Oliveira, M. I. B., de Matos, L. V., Majolo, C., de Oliveira, M. R., Chaves, F. C. M., Sullivan, F.. L. A., & Chagas, E. C. (2021). Anesthetic potential of the essential oils of

Aloysia triphylla, *Lippia sidoides* and *Mentha piperita* for *Colossoma macropomum*. *Aquaculture*, 534, 1-8.

- Burka, J. F., Hammell, K. L., Horsberg, T. E., Johnson, G. R., Rainnie, D. J., & Speare, D. J. (1997). Drugs in salmonid aquaculture—a review. *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics*, 20(5), 333-349.
- Can, E., Kızak, V., Can, Ş. S., & Özçiçek, E. (2019). Anesthetic efficiency of three medicinal plant oils for aquatic species: coriander *Coriandrum sativum*, linaloe tree *Bursera delpechiana*, and lavender *Lavandula hybrida*. *Journal of Aquatic Animal Health*, 31(3), 266-273.
- Can, E., & Sümer E., (2019). Anesthetic and sedative efficacy of peppermint (*Mentha piperita*) and lavender (*Lavandula angustifolia*) essential oils in blue dolphin cichlid (*Cyrtocara moorii*). *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 43(3), 334-341. <https://doi.org/10.3906/vet-1809-22>
- Can, E., Kizak, V., Can, Ş. S., & Özçiçek, E. (2018). Anesthetic potential of geranium (*Pelargonium graveolens*) oil for two cichlid species, *Sciaenochromis fryeri* and *Labidochromis caeruleus*. *Aquaculture*, 491, 59-64. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.03.013>
- Can, E., Kizak, V., Özçiçek, E., & Sehaneyildiz, C. (2017). The efficacy of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) oil as a promising anaesthetic agent for two freshwater aquarium fish species. *The Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgah*, 69, 1-8.
- Cardenas, C., Toni, C., Martos-Sitcha, J. A., Cárdenas, S., Heras, V., Baldisserotto, B., Heinzmann, B. M., Vazquez, 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(4), 693-700.
- Chauhan, N. K., Semwal, M. P., Singh, D., Singh, B., & Rauthan, S. (2017). Influence of various plant spacing on growth, herbage yield, essential oil yield and aroma content of palmarosa (*Cymbopogon martinii* Roxb.) at different harvest under agro-climatic condition of doon valley. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20(6), 1587-1593. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2017.1421103>
- Correia, A. M., Pedrazzani, A. S., Mendonça, R. C., Massucatto, A., Ozório, R. A., & Tsuzuki, M. Y. (2017). Basil, tea tree and clove essential oils as analgesics and anaesthetics in *Amphiprion clarkii* (Bennett, 1830). *Brazilian Journal of Biology*, 78, 436-442.
- Coyle, S. D., Durborow, R. M., & Tidwell, J. H. (2004). *Anesthetics in Aquaculture*. SRAC Publication.
- Cunha, J. A. D., Scheeren, C. Á., Salbego, J., Gressler, L. T., Madaloz, L. M., Bandeira-Junior, G., Bianchini, A. E., Pinheiro, C. G., Bordignon, S. A. L.,

- Heinzmann, B. M., & Baldisserotto, B. (2017). Essential oils of *Cunila galioides* and *Origanum majorana* as anesthetics for *Rhamdia quelen*: efficacy and effects on ventilation and ionoregulation. *Neotropical Ichthyology*, 15(1), 1-8.
- Cunha, M. A., Barros, F. M. C., Garcia, L. O., Veeck, A. P. L., Heinzmann, B. M., Loro, V. L., Emanuelli, T., & Baldisserotto, B. (2010). Essential oil of *Lippia alba*: a new anesthetic for silver catfish (*Rhamdia quelen*). *Aquaculture*, 306(1-4), 403-406. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.06.01>
- Çetinkaya, O., & Şahin, A. (2005). Balıklarda anestezi uygulamaları ve başlıca anestezikler. In *Balık Biyolojisinde Araştırma Yöntemleri*. (pp. 237-273)
- da Silva, E., Deschamps, G. T., Matter, F. D. L., Bertoldi, F. C., Aldegunde, M., da Silva, D. F., Lopes, C., Jatoba, A., & Weber, R. A. (2021). The anaesthetic efficacy of *Eucalyptus globulus* essential oil on silver catfish (*Rhamdia quelen*). *Aquaculture Research*, 52(11), 5190-5197.
- Dallmeier, K., & Carlini, E. A. (1981). Anesthetic, hypothermic, myorelaxant and anticonvulsant effects of synthetic eugenol derivatives and natural analogues. *Pharmacology*, 22(2), 113-127.
- de Araújo, E. R. L., da Silva, J., Lopes, L. M., Torres, M. F., da Costa, B. M. A., do Amarante, C. B., Hamoy, M., Barbas, L. A., & Sampaio, L. A. (2021). Geraniol and citronellol as alternative and safe phytoconstituents to induce immobilization and facilitate handling of fish. *Aquaculture*, 537, 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.736517>
- de Oliveira Hashimoto, G. S., Neto, F. M., Ruiz, M. L., Acchile, M., Chagas, E. C., Chaves, F. C. M., & Martins, M. L. (2016). Essential oils of *Lippia sidoides* and *Mentha piperita* against monogenean parasites and their influence on the hematology of Nile tilapia. *Aquaculture*, 450, 182-186. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.07.029>
- de Oliveira, I. C., Oliveira, R. S. M., Lemos, C. H. D. P., de Oliveira, C. P. B., Felix e Silva, A., Lorenzo, V. P., Lima, A. O., da Cruz, A. L., & Copatti, C. E. (2022). Essential oils from *Cymbopogon citratus* and *Lippia sidoides* in the anesthetic induction and transport of ornamental fish *Pterophyllum scalare*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 48(3), 501-519. <https://doi.org/10.1007/s10695-022-01075-3>
- de Souza, A. D. S. L., Peret, A. C., Hamoy, M., de Souza, R. A. L., Torres, M. F., & Barbas, L. A. L. (2019). Propofol and essential oil of *Nepeta cataria* induce anaesthesia and marked myorelaxation in tambaqui *Colossoma macropomum*: implications on cardiorespiratory responses. *Aquaculture*, 500, 160-169.
- dos Santos, A. C., Junior, G. B., Zago, D. C., Zeppenfeld, C. C., da Silva, D. T., Heinzmann, B. M., Baldisserotto, B., & da Cunha, M. A. (2017). Anesthesia and anesthetic action mechanism of essential oils of *Aloysia triphylla* and

Cymbopogon flexuosus in silver catfish (*Rhamdia quelen*). *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 44(1), 106-113.

- Fogliarini, C. O., Garlet, Q. I., Parodi, T. V., Becker, A. G., Garcia, L. O., Heinzmann, B. M., Pereira, A. M. S., & Baldisserotto, B. (2017). Anesthesia of *Epinephelus marginatus* with essential oil of *Aloysia polystachya*: an approach on blood parameters. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias*, 89(1), 445-456. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720160457>
- Freire, C. M. M., Marques, M. O. M., & Costa, M. (2006). Effects of seasonal variation on the central nervous system activity of *Ocimum gratissimum* L. essential oil. *Journal of Ethnopharmacology*, 105(1-2), 161-166.
- Golshan, N., Harijani, J. M., Gharaei, A., & Jamshidian, A. (2018). The effect of anesthetic Lavender (*Lavendula officinalis*) essential oil on histopathological and blood biochemical en-zymes of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*). *Journal of Veterinary Research*, 73(1), 9-15.
- Hajek, G. J., Klyszejko, B., & Dziaman, R. (2006). The anaesthetic effect of clove oil on carp, *Cyprinus carpio* L. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 36(2), 93-97.
- Harper, C., & Wolf, J. C. (2009). Morphologic effects of the stress response in fish. *ILAR Journal*, 50(4), 387-396. <https://doi.org/10.1093/ilar.50.4.387>
- Hoseini, S. M., Mirghaed, A. T., & Yousefi, M. (2018). Application of herbal anaesthetics in aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 11(3), 550-564. <https://doi.org/10.1111/raq.12245>
- Jain, D., Pathak, N., Khan, S., Raghuram, G. V., Bhargava, A., Samarth, R., & Mishra, P. K. (2011). Evaluation of cytotoxicity and anticarcinogenic potential of Mentha leaf extracts. *International Journal of Toxicology*, 30(2), 225-236. <https://doi.org/10.1177/10915818103905>
- Kakaraparthi, P. S., Srinivas, K. V. N. S., Kumar, J. K., Kumar, A. N., Rajput, D. K., & Anubala, S. (2015). Changes in the essential oil content and composition of palmarosa (*Cymbopogon martini*) harvested at different stages and short intervals in two different seasons. *Industrial Crops and Products*, 69, 348-354. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.02.020>
- Kalagatur, N. K., Nirmal Ghosh, O. S., Sundararaj, N., & Mudili, V. (2018). Antifungal activity of chitosan nanoparticles encapsulated with *Cymbopogon martinii* essential oil on plant pathogenic fungi *Fusarium graminearum*. *Frontiers in Pharmacology*, 9, 610. <https://doi.org/10.3389/fphar.2018.00610>
- Katiyar, R., Gupta, S., & Yadav, K. R. (2011). *Cymbopogon winterianus*: an Important Species for Essential Java Citronella Oil and Medicinal Values. *National Conference on Forest Biodiversity: Earth's Living Treasure*. 22 May, FRI, Kanpur, 115-118.

- Keene, J. L., Noakes, D. L. G., Moccia, R. D., & Soto, C. G. (1998). The efficacy of clove oil as an anaesthetic for rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum). *Aquaculture Research*, 29(2), 89-101. <https://doi.org/10.1046/j.13652109.1998.00927.x>
- Khosravanizadeh, A., Rahdari, A., & Gharaei, A. (2020). Anesthetic effects of *Cuminum cyminum* essential oil and 2-phenoxyethanol on zebrafish (*Danio rario*). *Journal of Ornamental Aquatics*, 7(1), 17-25.
- Kızak, V., Can, E., Danabaş, D., & Can, Ş. 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 relaxant diazepam on sea bream juveniles (*Sparus aurata*). *Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 51(4), 143-147.
- Küçük, S., Öztürk, S., & Çoban, D. (2016). Su ürünlerinde kullanılan anestezikler. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(2), 79-85. <https://doi.org/10.25308/aduziraat.294075>
- Küçük, S. (2010). Efficacy of tricaine on *Poecilia latipinna* at different temperatures and concentrations. *African Journal of Biotechnology*, 9(5), 755-759. <https://doi.org/10.5897/AJB09.1353>
- Limma-Netto, J. D., Sena, A. C., & Copatti, C. E. (2016). Óleos essenciais de *Ocimum basilicum* e *Cymbopogon flexuosus* na sedação, anestesia e recuperação de tambacu (*Piaractus mesopotamicus* macho x *Colossoma macropomum* fêmea). *Boletim do Instituto de Pesca*, 42(3), 727-733.
- Limma Netto, J. D. L., Oliveira, R. S. M., & Copatti, C. E. (2017). Efficiency of essential oils of *Ocimum basilicum* and *Cymbopogon flexuosus* in the sedation and anaesthesia of Nile tilapia juveniles. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 89(04), 2971-2974. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201720170001>
- Mazandarani, M., & Hoseini, S. M. (2018). Anesthesia of juvenile Persian sturgeon, *Acipenser persicus*; Borodin 1897, by peppermint, *Mentha piperita*, extract–Anesthetic efficacy, stress response and behavior. *International Journal of Aquatic Biology*, 5(6), 393-400.
- Metin, S. (2022). Sürdürülebilir su ürünleri yetiştiriciliğinde bitkisel anestezikler. In *Farklı Disiplinler Çerçevesinde Su Ürünleri Sektöründe Sürdürülebilirlik "Türkiye Örneği"*. (pp. 46-62)
- Metin, S., Yigit, N. O., Balkaya, M., Didinen, B. I., Didinen, H., & Ozmen, O. (2022). Efficacy of cumin (*Cuminum cyminum*) and lavender (*Lavandula angustifolia*) essential oils as anaesthetics in common carp (*Cyprinus carpio* L. 1758). *Aquaculture Research*, 53(10), 3598-3607

- Metin, S., Didinen, B. I., Kubilay, A., Pala, M., & Aker, İ. (2015). Bazı tıbbi bitkilerin gökkuşağı alabalıkları (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum, 1792) üzerinde anestezi etkilerinin belirlenmesi. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 1(1), 37-42. <https://doi.org/10.17216/LimnoFish-5000099756>
- Ortuno, J., Esteban, M. A., & Meseguer, J. (2002). Effects of four anaesthetics on the innate immune response of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Fish & Shellfish Immunology*, 12, 49-59. <https://doi.org/10.1006/fsim.2001.0353>
- Oshima, T., & Ito, M. (2021). Sedative effects of l-menthol, d-camphor, phenylethyl alcohol, and geraniol. *Journal of Natural Medicines*, 75, 319-325.
- Parodi, T. V., Cunha, M. A., Becker, A. G., Zeppenfeld, C. C., Martins, D. I., Koakoski, G., & Baldisserotto, B. (2014). Anesthetic activity of the essential oil of *Aloysia triphylla* and effectiveness in reducing stress during transport of albino and gray strains of silver catfish, *Rhamdia quelen*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 40(2), 323-334. <https://doi.org/10.1007/s10695-013-9845-z>
- Paruğ, Ş. Ş. (2012). *Deniz Balıkları Yetiştiriciliğinde Farklı Anestezik Maddelerin Yöntem ve Uygulama Dozlarının Araştırılması*. (Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Pedrazzani, A. S., & Neto, A. O. (2016). The anaesthetic effect of camphor (*Cinnamomum camphora*), clove (*Syzygium aromaticum*) and mint (*Mentha arvensis*) essential oils on clown anemonefish, *Amphiprion ocellaris* (Cuvier 1830). *Aquaculture Research*, 47(3), 769-776.
- Poleksic, V., & Mitrovic-Tutundzic, V. (1994). Fish gills as a monitor of sublethal and chronic effects of pollution. In *Sublethal and Chronic Effects of Pollutants on Freshwater Fish*. (pp. 339–352)
- Quintans-Júnior, L. J., Souza, T. T., Leite, B. S., Lessa, N. M. N., Bonjardim, L. R., Santos, M. R. V., Alves, P. B., Blank, A. F., & Antonioli, A. R. (2008). Phytochemical screening and anticonvulsant activity of *Cymbopogon winterianus* Jowitt (Poaceae) leaf essential oil in rodents. *Phytomedicine*, 15(8), 619-624.
- Raina, V. K., Srivastava, S. K., Aggarwal, K. K., Syamasundar, K. V., & Khanuja, S. P. S. (2003). Essential oil composition of *Cymbopogon martinii* from different places in India. *Flavour and Fragrance Journal*, 18(4), 312-315. <https://doi.org/10.1002/ffj.1222>
- Rakhshani, M., Mirdar Harijani, J., & Gharaei, A. (2018). Investigating the anesthetic vigor and histopathological effects of Peppermint (*Mentha piperita*) essential oils in Common carp (*Cyprinus carpio*). *Iranian Scientific Fisheries Journal*, 27(1), 1–10.
- Roohi, Z., & Imanpoor, M. R. (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>.
- Santos, E. L. R., Rezende, F. P., & Moron, S. E. (2020). Stress-related physiological and histological responses of tambaqui (*Colossoma macropomum*) to transportation in water with tea tree and clove essential oil anesthetics. *Aquaculture*, 523, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735164>
- Serezli, R., Okumuş, İ., & Akhan, S. (2005). Anaesthetics in aquaculture. *Turkish Journal of Fish. Aquatic Life*, 4, 475-480.
- Seyidoğlu, N., & Yağcılar, C. (2020). The anesthetic role of some herbal oils for zebrafish. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17(3), 209-214.
- Shasany, A. K., Lal, R. K., Patra, N. K., Darokar, M. P., Garg, A., Kumar, S., & Khanuja, S. P. S. (2000). Phenotypic and RAPD diversity among *Cymbopogon winterianus* Jowitt accessions in relation to *Cymbopogon nardus* Rendle. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 47(5), 553-559.
- Skaria, B. P., Joy, P. P., Mathew, S., & Mathew, G. (2006). Lemongrass. In *Handbook of Herbs and Spices*. (pp. 400-419)
- Souza, C. D. F., Baldissera, M. D., Baldisserotto, B., Heinzmann, B. M., Martos-Sitcha, J. A., & Mancera, J. M. (2019). Essential oils as stress-reducing agents for fish aquaculture: a review. *Frontiers in Physiology*, 10, 1-17.
- Summerfelt, R. C., & Smith, L. S. (1990). Anaesthesia, surgery and related techniques. In *Methods for Fish Biology*. (pp. 213-272)
- Thomas, P., & Robertson, L. (1991). Plasma cortisol and glucose stress responses of red drum (*Sciaenops ocellatus*) to handling and shallow water stressors and anesthesia with MS-222, quinaldine sulfate and metomidate. *Aquaculture*, 96(1), 69–86. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(91\)90140-3](https://doi.org/10.1016/0044-8486(91)90140-3)
- Toni, C., Martos-Sitcha, J. A., Baldisserotto, B., Heinzmann, B. M., de Lima Silva, L., Martínez-Rodríguez, G., & Mancera, J. M. (2015). Sedative effect of 2phenoxyethanol and essential oil of *Lippia alba* on stress response in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Research in Veterinary Science*, 103, 20-27. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2015.09.006>.
- Veliseck, J., Svobodova, Z., Piackova, V., Groch, L., & Nepejchalova, L. (2005). Effects of clove oil anaesthesia on common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Veterinary Medicine*, 50(6), 269-275.
- Vilhena, C. S., do Nascimento, L. A. S., de Aguiar Andrade, E. H., da Silva, J. K. D. R., Hamoy, M., Torres, M. F., & Barbas, L. A. L. (2019). Essential oil of *Piper divaricatum* induces a general anaesthesia-like state and loss of skeletal muscle tonus in juvenile tambaqui, *Colossoma macropomum*. *Aquaculture*, 510, 169-175.

- Wagner, E., Arndt, R., & Hilton, B. (2002). Physiological stress responses, egg survival and sperm motility for rainbow trout broodstock anesthetized with clove oil, tricaine methanesulfonate or carbon dioxide. *Aquaculture*, 211(1-4), 353–366. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00878-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00878-X)
- Wany, A., Jha, S., Nigam, V. K., & Pandey, D. M. (2013). Chemical analysis and therapeutic uses of citronella oil from *Cymbopogon winterianus*: A short review. *International Journal of Advanced Research*, 1(6), 504-521.
- Wendelaar, B. S. E. (1997). The stress response in fish. *Physiological Reviews*, 77, 591-625. <https://doi.org/10.1152/physrev.1997.77.3.591>
- Yanar, M., & Genç, E. (2004). Farklı sıcaklıklarda Kinaldin sülfatın diazepam ile birlikte kullanılmasının *Oreochromis niloticus*. L. 1758 (Cichlidae) üzerindeki anestezi etkileri. *Turkish Journal Veterinary Animal Sciences*, 28(6), 1001–1005.
- Yıldırım, M., Genç, E., & Yıldırım, Y. B. (2009). Fish surgery and anaesthesia practices. *XV. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu*. 1-4 Temmuz, Rize, 290.
- Yigit, N. Ö., Metin, S., Sabuncu, O. F., Didinen, B. I., Didinen, H., Ozmen, O., & Koskan, O. (2022a). Efficiency of *Ocimum basilicum* and *Eucalyptus globulus* essential oils on anesthesia and histopathology of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Journal of the World Aquaculture Society*, 53(5), 1051-1061. <https://doi.org/10.1111/jwas.12911>
- Yigit, N. Ö., Metin, S., Didinen, B. I., Didinen, H., & Ozmen, O. (2022b). Effect of lavender (*Lavandula angustifolia*) and laurel (*Laurus nobilis*) essential oils as anesthetics in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 557, 1-5.
- Zahra, A. A., Hartati, R., & Fidrianny, I. (2020). Review of the chemical properties, pharmacological properties, and development studies of cymbopogon sp. *Biointerface Research in Applied Chemistry*, 11(3), 10341-10350

ÖZGEÇMİŞ

