

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**DAR PENÇELİ TATLISU ISTAKOZUNDA (*Pontastacus leptodactylus*
ESCHSCHOLTZ, 1823) TİMOL VE KARVAKROLÜN ANESTEZİK
AKTİVİTESİNİN BELİRLENMESİ**

Mustafa GÖK

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SU ÜRÜNLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

TEMMUZ 2022

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DAR PENÇELİ TATLISU ISTAKOZUNDA (*Pontastacus leptodactylus*
ESCHSCHOLTZ, 1823) TİMOL VE KARVAKROLÜN ANESTEZİK
AKTİVİTESİNİN BELİRLENMESİ**

Mustafa GÖK

**SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 01/07/2022 tarihinde jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Süleyman AKHAN (Danışman)

Doç. Dr. İlhan YANDI

Dr. Öğr. Üyesi Baki AYDIN

ÖZET

DAR PENÇELİ TATLISU ISTAKOZUNDA (*Pontastacus leptodactylus* ESCHSCHOLTZ, 1823) TİMOL VE KARVAKROLÜN ANESTEZİK AKTİVİTESİNİN BELİRLENMESİ

Mustafa GÖK

Yüksek Lisans Tezi, Su Ürünleri Yetiştiriciliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Süleyman AKHAN

Temmuz 2022; 28 Sayfa

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, timol (100, 125, 150, 175, 200, 225 ve 250 mg/l) ve karvakrol (100, 125, 150, 175, 200, 225 and 250 µl/l) anesteziik maddelerinin dar pençeli tatlısu istakozu (*Pontastacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) (ortalama 21,83±5,1 g ağırlığa ve 9,48±0,57 cm boya sahip) üzerindeki anesteziik etkileri araştırılmıştır.

Araştırma sonuçları timol için ideal dozun, 16,49±8,38 dk bayılma ve 27,36±1,7 ayılma süresi ile 200 mg/l, karvakrol için ise 7,59±3,21 dk bayılma ve 89,21±11,41 dk ayılma süresi ile 200 µl /l olduğunu göstermiştir. Timol ve karvakrol uygulamasında sırasıyla 225 mg/l ve 250 µl/l konsantrasyonlarda bayılma süreleri kısılmasına karşın ölüm oranları %66 ve %50 olarak oldukça yüksek gözlemlenmiştir. Her iki anesteziik ajan için de doz arttıkça bayılma süreleri kısalmış ancak bununla birlikte ayılma süreleri uzamıştır. Timol ve karvakrol maddelerinin düşük dozlarla uygulanması sırasında anesteziye giriş süresinin uzaması ile anestezi uygulaması sırasında hemolenfte yüksek glukoz değerleri ölçülmüştür.

ANAHTAR KELİMELEER: Anestezi, Dar pençeli tatlı su istakozu, Karvakrol, Timol

JÜRİ: Prof. Dr. Süleyman AKHAN

Doç.Dr. İlhan YANDI

Dr. Öğr. Üyesi Baki AYDIN

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE ANESTHETIC ACTIVITY OF THYMOL AND CARVACROL IN THE NARROW-CLAWED CRAYFISH (*Pontastacus leptodactylus* ESCHSCHOLTZ, 1823)

Mustafa GÖK

M. Sc. Thesis in Aquaculture Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Süleyman AKHAN

July 2022, 28 Pages

In this thesis, anesthetic effect of thymol (100, 125, 150, 175, 200, 225 and 250 mg/l) and carvacrol (100, 125, 150, 175, 200, 225 and 250 µl/l) anesthetic agents were investigated in narrow-clawed freshwater crayfish (*Pontastacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) with 21.83 ± 5.1 g mean weight and 9.48 ± 0.57 cm total length.

Experimental results showed that the ideal dose of thymol was determined as 200 mg/l with 16.49 ± 8.38 minutes for anesthesia and 27.36 ± 1.7 recovery time, and similarly effective dose of carvacrol was determined as 200 µl/l with 7.59 ± 3.21 minutes of anesthesia and 89.21 ± 11.41 minutes recovery time. Although the duration of anesthesia was shortened at thymol and carvacrol 225 mg/l and 250 µl/l concentrations, mortality rates were observed to be quite high as 66% and 50% respectively. For both anesthetic agents, with increasing dose, anesthesia times were shortened, but recovery time were prolonged. In addition, it was determined that the death rate increased with the increasing dose. With the prolongation of anesthesia induction time during the application of thymol and carvacrol substances, high glucose values were measured in hemolymph during the anesthesia with the insufficient lower doses.

KEYWORDS: Anesthesia, Carvacrol, Narrow-clawed crayfish, Thymol

COMMITTEE: Prof. Dr. Süleyman AKHAN

Assoc. Prof. Dr. İlhan YANDI

Assist. Prof. Dr. Baki AYDIN

ÖNSÖZ

Su ürünleri yetiştiriciliğinde taşıma, boylama gibi işlemlerde çalışma kolaylığı açısından sentetik veya bitkisel kökenli çeşitli sayıda anesteziklerden yararlanılmaktadır. Fakat, anestezikler bazı özellikleri taşımalıdır. Bu özellikler erken sedasyon, hayvan vücudunda birikim yapmama, canlı dokuları ve uygulayıcı üzerinde toksik zararı olmaması şeklinde sıralanabilir. Bunların yanı sıra hayvan vücudunda birikim su ürünleri yetiştiricilik sektörü açısından çok önemlidir. Çünkü canlı vücudunda uygulanan anestezik maddenin birikimi pazarlama sonrası tüketim ile insana ulaşabilir. Dolayısıyla sentetik kökenli anesteziklerin sucul canlıların vücudunda birikim yapması nedeni ile tüketici sağlığını tehdit edebilmektedir. Bu durumda son yıllarda bitkisel kökenli anesteziğe olan ilgiyi giderek artırmaktadır. Su ürünleri yetiştiriciliğinde yapılan çalışmalarda sıklıkla kullanılan bitkisel bir anestezik maddenin karanfil yağı olduğu bilinmektedir. Literatürde karanfil haricinde farklı bitkisel kökenli yağların ve etken maddelerin sucul canlılar üzerindeki anestezik etkileri araştırılmaktadır.

Bu tez çalışmasında dar pençeli tatlısu ıstakozunda (*Pontastacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) timol ve karvakrolün anestezik aktivitesi belirlendi.

Bu tez çalışmasının yapılmasında beni yönlendiren yol gösterip yardımcı olan sadece eğitim için değil, her aşamasında madden ve manen büyük yardımını gördüğüm sabrı ile tezimi yürüten kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Süleyman AKHAN'a, çalışma süresince yönlendirip aydınlatan ve laboratuvar bilgisi ile yardımcı olan kıymetli arkadaşım Yusuf AKTOP'a teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
AKADEMİK BEYAN	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	3
2.1. Dar Pençeli Tatlısu Istakozu Sistematığı ve Biyolojisi.....	3
2.2.1. Kerevitlerin sistematığı	3
2.2.2. Kerevitlerin biyolojisi	4
2.3. Anestezi ve Anestezikler.....	5
2.3.1. Anestezi.....	5
2.3.2. Anestezikler.....	6
2.4. Eklembacıklılarda Ağrı	6
2.5. Eklembacıklılarda Yapılan Anestezi Çalışmaları.....	7
3. MATERYAL VE METOT	8
3.1. Materyal	8
3.1.1. Deneme yeri	8
3.1.2. Çalışmada kullanılan anestezik maddeler	8
3.1.3. Dar pençeli tatlısu ıstakozu materyali.....	9
3.1. Metot	10
3.2.1. Timol ve karvakrol maddelerinin hazırlanması	10

3.2.2. Deneme düzeni.....	11
3.2.2.1. Tatlısu ıstakozunun anestezi sürelerinin belirlenmesi	11
3.2.2.1. Tatlısu ıstakozunun stress düzeyinin belirlenmesi.....	12
3.2.3. İstatistiksel analizler.....	16
4. BULGULAR	17
4.1. Timol ve Karvakrolün Anestezik Etkilerinin belirlenmesi	17
4.2. Timol ve Karvakrol Uygulamaları Sırasında Ölçülen Su Parametreleri.....	18
4.3. Farklı Konsantrasyonlarda Timol ve Karvakrol Ajanlarına Maruz Kalan Tatlısu İstakozlarında Ölçülen Hemolenf Glukoz Değerleri.....	19
4.4. Timol ve Karvakrol Uygulamasında Anestezi Aşamalarına Göre Başarı Değerleri.....	20
5. TARTIŞMA.....	21
6. SONUÇLAR.....	23
7. KAYNAKLAR.....	24
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Dar pençeli tatlısu ıstakozunda (*Pontastacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) timol, ve karvakrolün anestezik aktivitesinin belirlenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

01/07/2022

Mustafa GÖK

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

cm	:Santimetre
g	:Gram
kg	:Kilogram
l	:Litre
m	:Metre
mg	:Miligram
µg	:Mikrogram
µl	:Mikrolitre
°C	:Derece santigrat
‰	:Binde

Kisaltmalar

UKG	:Uzun Karapas Genişliği
KKG	:Kısa Karapas Genişliği
KU	:Karapas Uzunluğu

Tezde ondalık yazım olarak “,” noktalama işareti kullanılmaktadır.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. <i>Pontastacus leptodactylus</i> (Eschscholtz, 1823).....	3
Şekil 3.1. Deneylerde kullanılan tatlısu ıstakozlarının adaptasyonu.....	8
Şekil 3.2. Deneylerde kullanılan anestezi ajanları.....	9
Şekil 3.3. Dijital kumpas ile biyometrik ölçümlerin yapılması.....	10
Şekil 3.4. Deneylerin yapıldığı deneme düzeneği genel görünüm.....	12
Şekil 3.5. Tatlısu ıstakozlarından hemolenf alımı ve glukoz ölçümü.....	13
Şekil 3.6. Hemolenf glukoz değerinin belirlenebilmesi için karapaks bitiminden kalbe girilerek hemolenf alınması.....	14
Şekil 3.7. Deneyler sırasında su sıcaklığı, pH ve oksijenin ölçülmesi.....	15

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Anestezi safhaları.....	6
Çizelge 3.1. Deneylerde kullanılan tatlısu istakozlarına ait biyometrik veriler.....	10
Çizelge 3.2. Timol ve karvakrol anesteziklerinin etkin dozlarının belirlenmesi için oluşturulan deney grupları	11
Çizelge 3.2. Denemelerde uygulanan timol ve karvakrol anestezik maddelerinin uygulanması sırasında hemolenf glukoz düzeylerinin belirlenmesi için oluşturulan deneme grupları	14
Çizelge 4.1. Timol ve karvakrol uygulamasında deneme gruplarında ölçülen bayılma ve ayılma süreleri.....	17
Çizelge 4.2. Timol ve karvakrol deneme gruplarında ölçülen su parametreleri.....	18
Çizelge 4.3. Timol ve karvakrol deneme gruplarında ölçülen hemolenf glukoz değerleri	19
Çizelge 4.4. Kullanılan anestezik maddelerin anestezi aşamalarına göre başarı ve ölüm oranları (%)......	21
Çizelge 5.1. Farklı kerevit türlerinde yapılan çalışmalar ve kullanılan anestezik ajanlara göre bayılma ve ayılma süreleri	22
Çizelge 5.2. Bazı kerevit türlerinde anestezi uygulamaları sonucu hemolenf glukoz değerleri.....	22

1. GİRİŞ

Ülkemizde doğal olarak dağılım gösteren veya yüksek ekonomik değere sahip tatlısu ıstakozlarının üretimi genellikle avcılığa dayalı olarak yapılmaktadır. Ancak son yıllarda bilimsel birçok çalışmanın yanında ticari üretim amaçlı bazı deneme üretimi çalışmalarının da devreye alındığı görülmektedir. Tatlısu ıstakozlarının bu süreçlerde ellenmesi, taşınması, bilimsel çalışmalar kapsamında değişik işlemlere maruz kalması kaçınılmaz olmaktadır. Diğer taraftan son yıllarda hayvan refahı ile ilgili çıkartılan kanun ve yönetmelikler, gerek üretimde, gerekse taşıma, elleme ve bilimsel amaçlı işlemlerde hayvanların refahının korunması ve stresten uzak tutulmasını zorunlu kılmaktadır. Eklembacaklılar ve kabuklularda ağrı konusu tam olarak anlaşılmamış bir konu olmasına karşın stres oluşturan tüm uygulamaların minimize edilmesi, ellemenin zorunlu olduğu durumlarda ise organizmanın sedatifler ve anestezikler kullanılarak sakinleştirilmesi veya bayıltılması her zaman tavsiye edilen bir husustur.

Son yıllarda geleneksel anestezik maddelerine ek olarak daha ucuza temin edilebilen ve bayıltmada etkili olan bazı bitkisel yağlardan, balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliğinde taşıma, boylama gibi işlemlerde sakinleştirme ve bayılma amaçlı yararlanılmaktadır. Fakat, bu bitkisel yağların da geleneksel anesteziklerde aranan özellikleri taşıması gereklidir. Bu özellikler, hızlı sedasyon, bayılma ve ayılmanın yanı sıra canlı dokularında birikim yapmama, uygulanan canlıya ve uygulayıcıya zarar vermeme özellikleri olarak sıralanabilir (Aktop vd. 2019; Aydın ve Barbas 2020). Çünkü canlı vücudunda birikim pazarlama sonrası tüketim ile insana ulaşabilmektedir. Dolayısıyla sentetik kökenli anestezikler sucul canlıların vücudunda birikim yapma potansiyeline sahip oldukları için hem balık hem de tüketici sağlığını tehdit edebilmektedir. Bu nedenlerle son yıllarda bitkisel kökenli anesteziklere olan ilgi giderek artmaktadır. Su canlılarının bayıltılmasında kullanılabilirliği üzerine en fazla çalışma yapılan bitkisel kökenli anestezik madde karanfil yağı olduğu söylenebilir. Literatürde karanfil yağı haricinde farklı bitkisel kökenli yağların ve etken maddelerin sucul canlılar üzerindeki anestezik etkilerinin araştırıldığı çalışmalara her geçen yıl daha fazla rastlanılmaktadır.

Kabuklu ve eklembacaklıları bayıltmak için kullanılan bazı geleneksel yöntemler arasında ortam suyunu soğutma, ısıtma, karbondioksit verme, tuz banyosu, etanol ve elektroşok ile bayılma bilinmektedir. Bu yöntemler yaygın olarak kullanılmasına rağmen, hepsi deneysel çalışmalar veya canlı taşıma gibi amaçlar için kullanışlı olmadığı gibi bazıları da hayvan refahını olumsuz etkilemektedir (Ghanawi vd. 2019). Elleme, taşıma, etiketleme, tartma, ölçme, aşılama, cerrahi müdahale gibi aktiviteler sırasında sucul organizmalarda fizyolojik stresi azaltan birçok anestezik ajan kullanılmaktadır (Ross ve Ross 2008; Zahl vd. 2012). Poiklotermik sucul organizmalar

için kullanılan bazı önemli anestezi ajanlar MS-222, 2-fenoksietanol, benzokain ve metomidate sayılabilir (Ghanawi vd. 2019). Bunların yanında son yıllarda yaygınlaşan ve üzerinde popüler araştırmalar yapılan bitki kökenli karanfil yağı, kekik yağı, nane yağı vb. yağlar da bazı sucul türlerin bayıltılmasında veya sakinleştirilmesinde kullanılmaya başlanmıştır (Aydın ve Barbas 2020).

Sucul organizmalar için uygun anestezi madde seçimi yapılırken her şeyden önce uygun fiyatlı olması, etkili olması, hazırlama ve kullanım kolaylığı, kolay temin edilebilmesi yanında bayıltılan organizma ve insan sağlığı üzerine olumsuz etkisinin olmaması hususları göz önünde bulundurulur (Summerfelt vd. 1990). Etkili bir anestezi madde organizmayı tercihen 3 dakikanın altında azami 15 dakikada bayıltabilmeli ve 5 dakika veya daha kısa sürede organizma ayılmalıdır (Marking ve Meyer 1985). Ancak kabuklu ve eklembacaklılarda bu süreler daha uzun olabilmektedir.

Sucul organizmaların bayıltılmasında sentetik maddelere alternatif olarak bitki bazlı esansiyel yağların kullanımı son yıllarda büyük ilgi görmektedir. Aromatik bitkilere ait uçucu yağlar ve bunların bileşenlerinin bu denli ilgi görmesinin sebebi bu maddelerin doğal olmaları ve çevreye daha az zarar verme olasılıkları söylenebilir. Karanfil yağına ek olarak bayıltıcı olarak son yıllarda yüksek ilgi gören bitkisel yağlardan kekik yağı ve bileşenleri bulunmaktadır. Kekik (*Thymus vulgaris* L.) ve kekikgillerde bulunan karvakrol ve timol, güçlü antimikrobiyal aktiviteye sahip fenolik bir bileşiktir (Bagamboula vd. 2004; Giannenas vd. 2012; Bianchini vd. 2017). Kekik fenolikleri olan karvakrol ve timolün sucul canlılarda anestezi olarak başarılı bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmalar oldukça yeni ve sınırlı sayıdadır. Yapılan taramalarda karvakrol ve timolün anestezi etkinliğine yönelik balıklarda yapılmış bazı çalışmalara rastlanılmasına karşın, kerevitlerde yapılmış bir çalışmaya rastlanılamamıştır. Bu nedenle bu yüksek lisans tez çalışması kapsamında ülkemiz sularında doğal dağılım gösteren ve yaygın olarak avcılığı yapılan *Pontastacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823 türü üzerinde karvakrol ve timolün anestezi etkinliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Dar Pençeli Tatlısu İstakozu Sistematığı ve Biyolojisi

2.2.1. Kerevitlerin sistematığı

Timol ve karvakrolün anestezi aktivitesinin belirlenmesi amaçlanan bu tez çalışmasında canlı materyal olarak kullanılan dar pençeli tatlısu istakozunun *Pontastacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) sistematikteki yeri aşağıdaki gibidir (Crandal ve De Grave 2017).

Alem:	Animalia – Hayvanlar
Şube:	Arthropoda – Eklem bacaklılar
Alt şube	Crustacea – Kabuklular
Sınıf:	Malacostraca – Gelişmiş kabuklular
Takım:	Decapoda – Onayaklılar – Yengeçler, kerevitler, istakozlar, karidesler
Aile:	Astacidae – Kerevitler
Cins:	<i>Pontastacus</i> Bott, 1950
Tür:	<i>Pontastacus leptodactylus</i> (Eschscholtz, 1823)



Şekil 2.1. *Pontastacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823 (Anonymus 1)

Eklem bacaklılar (Arthropoda) şubesinin, kabuklular (Crustacea) altşubesine giren tatlısu istakozları gelişmiş kabuklular (Malacostraca) sınıfına aittirler (Huner 1994). Crandall ve De Grave (2017), tarafından bildirilen sınıflandırmaya göre Dünya üzerindeki mevcut belirlenen kerevit faunası Astacidae, Cambaridae, Cambaroididae, Cricoidoscelosidae, Parastacidae olmak üzere 5 familyaya ait 38 cins ve 669 tür (alt türler ile birlikte 692) ile temsil edilmektedir. Astacidae familyasına mensup türler

Avrupa, Doğu Asya (Ural dağlarının doğusuna kadar) ve Kuzey Doğu Amerika'da yayılım göstermektedir. Bu astacidae familyası *Astacus*, *Pontastacus*, *Austropotamobius* ve *Pasifastacus* olmak üzere 4 cins içermektedir (Crandall ve De Grave, 2017). Bu cinslerden *Austropotamobius*, *Astacus* ve *Pontastacus* Avrupa'dan başlayarak Doğu Asya'ya kadar dağılım göstermektedir (Holdich, 1999). Diğer cins *Pasifastacus* 4 tür ile temsil edilmektedir ve bu türler Kuzey Doğu Amerika'nın endemik türleridir ancak *Pasifastacus leniusculus* hem yetiştiricilik hem de doğal suları stoklama amacıyla Kuzey Amerika, Avrupa ve Japonya gibi yeni habitatlara taşınmıştır. Türkiye'nin tek doğal tatlısu ıstakozu türü, aynı zamanda Türk kereviti (Harlıoğlu, 2004) olarak da bilinen *Pontastacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823 (dar kısıkaçlı kerevit) Astacidae familyası üyesidir (Geldiay ve Kocataş, 1970; Köksal, 1988; Harlıoğlu, 2004; Aydın vd. 2012).

2.2.2. Kerevitlerin biyolojisi

Vücutları sefolatoraks (baş ve göğüs kısmı) ile abdomen (karın kısmı) olmak üzere iki kısım ve 19 segmentten oluşurlar. Karpaks adı verilen sert kabuk baş ve göğüs kısmı olan sefolatoraksı kapsar. Kerevitler 4-5 yılda 10-12 cm boya ve 75- 100 gr ağırlığa erişirken, bataklık alanlardaki gelişimleri daha hızlı olmaktadır. Ortalama ömürleri 5-10 yıl arası olan kerevitler, ülkemizde 2 ile 3 yılda eşeysel olgunluğa erişirler ve su sıcaklığına göre ekim ile kasım aylarında çiftleşirler ve temmuz ayında yumurtalarını açarlar (Hogger 1988). Mevsime, yaşa canlı büyüklüğüne ve bulundukları ortama göre kabuk değişimleri gerçekleşmektedir. Yılda bir kez dişi bireyler 200 ile 400 yumurta verebilirler (Tcherkashina 1977; Mazlum ve Yılmaz 2012; Lee ve Wickens 1992; Dalar 2021)

Çin hariç dünyada 2017 yılında kerevit üretimi 7.719 ton avcılık, 1.193.750 ton yetiştiricilik olmak üzere toplam 1.201.469 ton olarak gerçekleşirken, ülkemizde 2017 yılında 669 ton tatlısu ıstakozu üretimi gerçekleşmiştir. Hastalık, kaçak avcılık ve su kaynaklarının kirliliği gibi çeşitli sebepler ile 1980 ile 1990 yılları arasında 8.000 tonu bulan üretim miktarları azalan bir eğilim göstermiş (FAO 2018).

Pontastacus leptodactylus , 30 santimetre uzunluğa kadar büyüyebilir, ancak daha yaygın olarak yaklaşık 15 cm uzunluğunda bulunur. Genellikle soluk sarıdan soluk yeşile kadar değişen renklerde. *Pontastacus leptodactylus*'un pençeleri uzun ve dardır. Bu nedenle 'dar pençeli kerevit' ortak adlandırılmaktadır. Üst yüzeyleri pürüzlü ve alt tarafları gövde ile aynı renktedir. Tatlısu ıstakozu ekonomik önemlerinin yanı sıra, bezin zincirindeki yeri ve tatlısu ekosistemlerinin işleyişindeki önemli rolleri nedeniyle sulak alanların önemli bir bileşeni olarak bilinmektedirler (Holdich 2002). Günümüze kadar tespit edilmiş 5 familyaya ait, 38 cins ve 669 tür (692 alttür) bulunmaktadır (Crandall ve De Grave 2017). Tür sayısındaki fazlalığa rağmen ekonomik anlamda önemli yaklaşık 20 tür avcılık veya yetiştiricilik amacıyla kullanılabilir.

İlk kez Bott (1950) tarafından Kayseri, Bursa ve İstanbul'dan yakalanan Tatlısu ıstakozları, *P. leptodactylus* olarak tanımlanmıştır. 1960 ve 1974 yılları arasında Türkiye'deki farklı su kaynaklarında incelemeler yapılmıştır. Sonuç olarak Türkiye'de *P. leptodactylus*'un *Pontastacus (Astacus) leptodactylus leptodactylus* ve *Pontastacus*

(*Astacus leptodactylus salinus* olmak üzere iki alt türünün bulunduğu belirtilmiştir (Harlıoğlu 2008). Bu alt türlerden *P. leptodactylus leptodactylus*; İznik (Bursa), Terkos (İstanbul), Işıklı (Denizli) gölleri yanı sıra Tunca, Meriç (Edirne) nehirleri ve Cori ve Gelemen (Samsun) çaylarında dağılım gösterirken, *P. (A.) l. salinus*; Manyas (Balıkesir), Eğirdir (Isparta), Beyşehir, Akşehir (Konya), Apolyont (Bursa), Gölcük (İzmir), Eber (Afyon) gölleri yanı sıra Miliç (Samsun) çayında dağılım gösterdiği bildirilmiştir (Köksal 1988). Köksal (1988)'e göre, *P. leptodactylus* 1975-1988 yılları arasında 13 adet baraj gölü ve 3 adet göl olmak üzere, Türkiye'de 16 farklı su rezervuarına stoklanmıştır. *P. leptodactylus*'un Türkiye'deki tüm popülasyonlarının dağılımı tam olarak bilinmemektedir. Ancak, tatlısu ıstakozlarının büyük bir çoğunluğu Türkiye'nin batısındaki su kaynaklarında ve doğusundaki Keban Baraj Gölünde bulunmaktadır. Ayrıca son yıllarda *P. leptodactylus*'un Türkiye'nin doğusundaki dağılımı genişlemiştir. Örneğin Çıldır Gölü'nden (Ardahan) kerevit hasat edilmektedir. Ayrıca nehir ve akarsularda da çok az bir popülasyon mevcuttur. *P. leptodactylus*'a ek olarak, son zamanlarda *Austropotamobius torrentium* (Shrank 1803)'un, Türkiye'nin Avrupa yakasındaki Velika ve Madara derelerinde gözlemlendiği rapor edilmiştir (Aydın vd. 2012).

2.3. Anestezi ve Anestezikler

2.3.1. Anestezi

Anestezi işlemi, uyanık halden istenen anestezi derinliğine, yani anestezi uygulanmış duruma ulaşılan kadar farklı anestezik aşamalar boyunca zamanla ölçülen süreçtir. Anestezinin düzelmesi, anestezik madde uygulamasının kesilmesinden sonra, anestezi uygulanmış durumdan çıkıldığında uyanık halin eski haline getirilmesidir.

Su ürünleri alanına anestezi 1939' da girmiş ve 1940'lı yıllardan sonra hız kazanmış ve anestezi uygulaması yaygın hale gelmeye başlamıştır. Anestezi, Yunanca kökenli olup hissetmemek anlamına gelmekte ve sinirsel fonksiyonların farmakolojik olarak baskılanmasına bağlı vücudun bir kısmında veya bütününde duyarlılık kaybı olarak tanımlanmaktadır. Kimyasal veya fiziksel (örneğin elektroşok ve soğuk gibi) etkenlerce oluşturulan anestezi geriye dönüşü olabilen bir süreçtir. Su ürünleri alanında kolay ve hızlı çalışabilmek için temel olarak sucul organizmayı hareketsiz hale getirmek amacıyla kullanılmaktadır. Kullanım alanları Aşılama, ilaç, hormon enjeksiyonları Yumurta ve sperm alımı, markalama ölçüm, tartım, fotoğraf çekimi ve boylama, canlı nakil, biyopsi, kan alımı, deneysel cerrahi ve tedavi, örnekleme ve ötenazi şeklinde sınıflandırılmıştır (Çetinkaya ve Şahin 2005). Anestezi genel olarak 4 safhada ele alınmaktadır (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Anestezi safhaları

Anestezi Safhaları	Anestezi Düzeyi	Balık Davranışı
1	Sedasyon	Hareket ve solunum yavaşlar
2	Anestezi	Kısmi denge kaybı ve dokunma uyarılarına tepki verme
3	Cerrahi Anestezi	Toplam denge kaybı, dokunmatik uyarılara reaksiyon yok
4	Ölüm	Nefes ve kalp atışı durur, aşırı doz - nihai ölüm

2.3.2. Anestezikler

Anestezi için uygulanan maddelere anestezi ismi verilmektedir. Anesteziklerin yapısı, balıklar üzerine uygulanması, etki süreleri bir çok araştırmacı tarafından ortaya konulmaya çalışılmıştır. Su ürünleri sektöründe yaygın olarak kullanılan anestezikler sentetik ve bitkisel kaynaklıdır.

Su ürünleri alanında kullanılan sentetik anestezikler; Benzokain, Aqui-S™ (Iso-eugenol ve Polysorbate 80), 2-Fenoksietanol, MS-222 (Tricaine methanesulphonate), Metomidet, Etomidet, Ketamine hydrochloride şeklinde sıralanabilir. Bunlar içinden sadece MS222 (Tricain-S) FDA (Amerikan ulusal ilaç yönetimi) tarafından kullanılmasına yasal olarak izin verilen anesteziktir (Anonymous 2). Ancak anestezik kullanımından sonra bu balıkların insan tüketimine sunulması için 21 gün geçmesi gerekmektedir. Yeni Zelenda’da karanfil yağı bazlı olarak geliştirilen Aqui-S™ (Iso-eugenol ve Polysorbate 80) (Iversen vd. 2003), FDA tarafından kullanımına izin verilen ve son zamanlarda kullanımı yaygınlaşan, düşük sıcaklıklarda benzokain ve MS222’ye nazaran daha etkin olduğu (Stehly ve Gingerich 1999) ve herhangi bir atılım süresi olmadığı bildirilen, herhangi bir çözücü ve tamponlama gerektirmeden kolaylıkla kullanılan bir sentetik anesteziktir (Anonymous 2).

Bitkisel anestezikler ise Karanfil yağı, Kekik (*Thymus spp.*, *Origanum spp.*) yağı, Nane (*Mentha spp.*) yağı, Biberiye (*Rosmarinus spp.*) yağı, Lavanta (*Lavandula spp.*) yağı, Tarçın (*Cinnamomum spp.*) yağı, Kafur (*Cinnamomum camphora*) yağı, Fesleğen, (*Ocimum spp.*) yağı, Timol ve Karvakrol, Eugenol, Mentol, Limonen şeklinde sıralanabilir.

2.4. Eklem bacaklılarda Ağrı

Eklem bacaklıların zararlı uyarılara olumsuz tepki verdiği iyi belinmektedir. Ancak eklem bacaklıların bu yanıtı ağrı için mi? Yoksa sadece bir refleks mi? Bu konuda kesin veri bulunmamaktadır. Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA)

tarafından görevlendirilen bilim insanları, mevcut literatüre dayanarak, eklambacıklıların (yengeçler, ıstakozlar, kerevitler, karidesler vb.) acı hissedebilecekleri ve bu nedenle refahlarının buna göre yönetilmesi gerektiği sonucuna varmıştır. Yeni Zelanda, Norveç ve İsviçre, hayvan refahı yasalarına kabukluları dahil etmek için yasalarını değiştirmiştir. Bu mevzuat, kabuklularda prosedür uygulamalarının insani olmasını ve sadece bilinci kapalı hayvanlar üzerinde yapılması gerektiğini şart koşmaktadır (Ross ve Ross 2008)

Omurgalı hayvanlardan farklı olarak, kabuklular karmaşık bir beyin yapısına sahip değildir. Ancak, nosiseptörlere (ağrı reseptörleri) ve merkezi sinir sistemine (MSS) sahiptirler. MSS, bir dizi gangliayı birbirine bağlayan çift ventral sinir kordonundan oluşur ve en büyük ganglionlar başta bulunur ve beyin işlevi görür. Nosiseptörleri, sensilla adı verilen kabuğun kütiküler uzantılarından, bu zararlı uyarılarla ilgili bilgileri MSS'ye iletir. Omurgalılara kıyasla kabuklu beyin ve merkezi sinir sisteminin karmaşıklığının azalmasına rağmen, ağrı algısı için gerekli tüm bileşenlere sahiptirler. Araştırmalar, kabuklulardaki anatomik yapıların, omurgalılarındaki farklı yapılarla aynı işlevi yerine getirdiğini göstermiştir, örneğin, kabuklular tamamen farklı bir göz yapısına sahip olmalarına rağmen iyi gelişmiş bir görsel yeteneğe sahiptirler. Kabukluların basitleştirilmiş MSS'sinin korku ve acı hissetme yeteneklerini engellediğine dair hiçbir belirti yoktur (Ross ve Ross 2008)

2.5. Eklembacıklılarda Yapılan Anestezi Çalışmaları

Suda yaşayan hayvanlarda fizyolojik stresi azaltmak için bir takım anestezi ajanları kullanılmaktadır (Ross ve Ross, 2008). Poikilotermik organizmalarda kullanılan yaygın anestezişiklerden bazıları arasında trikain metansülfonat (MS-222), 2-fenoksietanol, benzokain ve metomidat bulunur (Popovic vd. 2012; Readman vd. 2017; Santos vd. 2015; Weber vd. 2009). Balıklar için en yaygın kullanılan ve ABD Gıda ve İlaç Dairesi tarafından onaylanmış tek anestezişik MS-222'dir (Popovic vd. 2012). MS-222 balıkları bayıltılabilir de, çoğu kabuklular için etkisiz bulunmuştur (Coyle vd. 2004). Ayrıca, kabukluların, balıkları uyuşturmak için gerekli olanlarla karşılaştırıldığında daha yüksek konsantrasyonlarda anestezişiklere ihtiyaç duyduğu görülmektedir (Coyle vd. 2004).

Eklembacıklılar üzerine yapılmış anestezi çalışmaları genellikle karidesler üzerine yoğunlaşmış bulunmaktadır. Kullanılan anestezişikler içerisinde en etkili karanfil yağı, maliyeti ve güvenliği nedeniyle çok tercih edildiği görülmektedir. Karanfil yağının anestezişik etkinliği ıstakoz (*Homarus americanus*) (Waterstrat ve Pinkham, 2005), dev tatlı su karidesi (*Macrobrachium rosenbergii*) (Manush ve Asimkumar, 2009), *Macrobrachium tenellum* (Palomera vd. 2016) ve Avustralya kırmızı pençeli kereviti *Cherax quadricarinatus* (Ghanawi vd. 2019) başarılı şekilde kullanıldığı görülmektedir. Yine uçucu yağların eklembacıklılarda sakinleştirici ve bayıltıcı olarak kullanımının, *Litopenaeus vannamei* (Parodi vd. 2012), *Macrobrachium rosenbergii* (Saydmohammed ve Pal 2009), *Palaemonetes sinensis* (Li vd. 2018) ve *Penaeus monodon* (Jiang vd. 2020) üzerinde yapılan çalışmalarda güvenli ve etkili olduğu gösterilmiştir.

Yapılan taramalarda dar pençeli tatlısu ıstakozları üzerine yapılmış bir anestezi çalışmasına rastlanılamamıştır. Bu nedenle bu çalışma ile bu alanda görülen boşluğun giderilmesi amaçlanmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Deneme yeri

Dar pençeli tatlısu ıstakozunda (*Pontastacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) timol, ve karvakrolün anestezi aktivitesinin belirlenmesi başlıklı bu yüksek lisans tez çalışmasının deneyleri Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Araştırma Ünitesi, Prosedür Odası II de gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.1. Deneyde kullanılan tatlısu ıstakozlarının adaptasyonu

3.1.2. Çalışmada kullanılan anestezi maddeler

Bu tez çalışmasında timol (% 99 saflıkta; Sigma-Aldrich, St Louis, MO, USA) ve karvakrol (% 98 saflıkta; Sigma-Aldrich, St Louis, MO, USA) .temin edilerek anestezi madde olarak kullanılmıştır.



Şekil 3.2. Deneylerde kullanılan anestezik ajanlar

3.1.3. Dar pençeli tatlısu ıstakozu materyali

Deneylerde $22,16 \pm 5,1$ g ortalama ağırlığa, $9,48 \pm 0,57$ cm boya sahip 138 adet tatlısu ıstakozu kullanılmıştır. Tatlısu ıstakozu yerel balıkçılardan Eğirdir Gölünden canlı olarak temin edilmiştir. Balıkçılardan tedarik edilen canlı tatlısu ıstakozları, Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Araştırma Ünitesi Prosedür Odası II'ye getirilerek biyometrik ölçümleri yapılmış ve 80 lt hacme sahip akvaryumlara 30 birey/akvaryum olacak şekilde stoklanarak 2 hafta boyunca deneme ortamına adapte olmaları beklenmiştir. Adaptasyon süresince 6 numara alabalık yemi ile beslenen tatlısu ıstakozlarının akvaryumlarında yem ve diğer atıklar günlük olarak sifonlanarak temizlenmiş ve akvaryumlardaki eksilen sular tamamlanmıştır. Total boy (mm), karapaks boyu (mm), karapaks genişliği (mm), abdomen genişliği (mm), pençe boyu (mm), pençe genişliği (mm) gibi dar pençeli tatlısu ıstakozunun biyometrik verilerinin ölçümü dijital kumpas kullanılarak (Şekil 3.3), ağırlıkları ise 0,001 g hassasiyetli dijital terazi ile ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları Çizelge 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.3. Dijital kumpas ile biyometrik ölçümlerin yapılması

Çizelge 3.1. Deneylerde kullanılan tatlısu istakozlarına ait biyometrik veriler

Değişkenler	Ortalama	SS	Minimum	Maksimum
Ağırlık (g)	22,16	5,1	9,90	29,70
Total Boy (cm)	9,48	0,57	7,49	10,30
Karapaks Boyu (cm)	4,73	0,31	3,85	5,30
Karapaks Genisliği (cm)	2,41	0,2	1,86	2,90
Abdomen Genişliği (cm)	4,90	0,36	3,71	5,61
Pençe Boyu (cm)	3,18	0,53	2,34	4,12
Pençe Genişliği (cm)	1,21	0,18	0,80	1,80

3.1. Metot

3.2.1. Timol ve karvakrol maddelerinin hazırlanması

Çalışmada kullanılan anesteziik madde timol ve karvakrolün suda daha iyi çözünerek bir karışım sağlaması amacıyla kullanım öncesi stok çözelti hazırlanmıştır. Stok çözeltisi için anesteziik maddeler % 95'lik etanol ile 1:10 oranında karışım

yapılarak hazırlanmıştır (Mazandarani ve Hoseini 2017). Stok çözeltisi, deneme öncesi taze olarak hazırlanarak kullanılmıştır.

3.2.2. Deneme düzeni

3.2.2.1. Tatlısu ıstakozunun anestezi sürelerinin belirlenmesi

Çalışmada timol ve karvakrol için ön çalışmalarda sonuç veren dozların alt ve üst konsantrasyonları olan 7 farklı konsantrasyon dar pençeli tatlısu ıstakozundaki (1823) anestezi etkileri araştırılmıştır. Her iki anestezi maddenin tatlısu ıstakozu üzerindeki bayılma ve ayılma süreleri dakika (dk) olarak ölçülmüştür.

Her iki anestezi ajanının anestezi etkisini belirlemek için oluşturulan deneme grupları aşağıda Çizelge 3.2’de özetlenmiştir

Çizelge 3.2. Timol ve karvakrol anesteziklerinin etkin dozlarının belirlenmesi için oluşturulan deney grupları

Anestezi	N	Deneme dozları
Timol	6	100 mg/l
	6	125 mg/l
	6	150 mg/l
	6	175 mg/l
	6	200 mg/l
	6	225 mg/l
	6	250 mg/l
Karvakrol	6	100 µl/l
	6	125 µl/l
	6	150 µl/l
	6	175 µl/l
	6	200 µl/l
	6	225 µl/l
	6	250 µl/l
Alkol	6	2,25 ml/l

Timol ve karvakrol maddelerine ait her konsantrasyon değeri 1 litre su olan plastik kaba ilave edilerek iyice karıştırılmıştır. Deneme süresince deneme kabı hava taşı ile sürekli olarak havalandırılmıştır. Her deneme kabına tek birey olacak şekilde 6 deneme kabında 6 farklı organizma deneye tabi tutularak anestezi aşamasına ulaştığı süre dakika olarak kaydedilmiştir. Bayılma aşamaları (B1, B2) gözlenen bireyler aynı özellikteki temiz su içeren ayılma kabına alındıktan sonra ayılma evrelerinin (A1, A2) görüldüğü süreler kronometre ile ölçülerek kayıt altına alınmıştır. Aynı şekilde deneme

süresince ayılma işleminin gerçekleştiği kaplarda hava taşı mevcut olup sürekli olarak su havalandırılmıştır.

Anestezi evreleri Vartak ve Singh (2006)'e göre iki aşama bayılma ve iki aşama ayılma olacak şekilde dikkate alınmıştır. Tatlısu ıstakozunun bayılmasında Aşama 1 (B1); ıstakoz güçlü uyarılar hariç diğer uyarılara tepki vermezken, Aşama 2 (B2)' de ise güçlü uyarılarda tepki vermemektedir, bu evrede organizmalar bilinçlerini kaybederek yan yatmaktadır. Tatlısu ıstakozunun ayılmasında ise Aşama 1 (A1); ıstakozun ilk hareketlere başladığı zaman, Aşama 2 (A2); ıstakozun normal yüzme davranışı sergilemeye başladığı pençelerini ve antenlerini oynattığı an evre kriterleri olarak takip edilmiştir. Deneme sonrası ıstakozlar ayrı ayrı akvaryumlara konularak 72 saat süreyle gözlenmiştir.



Şekil 3.4. Deneylerin yapıldığı deneme düzeneği genel görünüm

3.2.2.1. Tatlısu ıstakozunun stress düzeyinin belirlenmesi

Çalışmada timol ve karvakrolün anestezi işlemi sırasında tatlısu ıstakozunda oluşturduğu muhtemel stresi belirlemek için önemli stres indikatörlerinden hemolenf glukoz değerlerinin ölçümü yapılmıştır. Bu amaçla her doz için 3 birey kullanılarak her doz için B2 aşamasında tatlısu ıstakozlarından hemolenf alınarak hemoleng glukoz

değerleri Bayer Contour Plus ölçüm cihazı (Bayer®, Almanya) kullanılarak ölçülmüştür (Çizelge 3.2) (Şekil 3.5) . Bayılma prosedürü uygulanan ancak 30 dk içerisinde bayılma gözlemlenmeyen gruplarda otuzuncu dakikada hemolenf alınarak glukoz ölçümü yapılmıştır. Kerevit hemolenfinde glukoz değeri kullanılan ölçüm cihazının ölçüm limitlerinin altında olması nedeni ile serum fizyolojik ile 100 mg/dL konsantrasyonda hazırlanan şeker çözeltisinden 50 µl alınarak eşit miktardaki hemolenf ile iyice pipetleme yapıp karıştırıldıktan sonra hemolenf glukoz değeri direk ölçüm yapılarak belirlenmiştir(Şekil 3.6). Şeker ölçüm cihazı ile elde edilen ham glukoz değeri sulandırma faktörü dikkate alınarak hesaplanmış ve kerevit hemolenfindeki gerçek glukoz değeri belirlenerek istatistiki hesaplamalarda kullanılmıştır.



Şekil 3.5. Tatlısu ıstakozlarından hemolenf alımı ve glukoz ölçümü

Çizelge 3.2. Denemelerde uygulanan timol ve karvakrol anestezik maddelerinin uygulanması sırasında hemolenf glukoz düzeylerinin belirlenmesi için oluşturulan deneme grupları

Anetezik	N	Deneme dozları
Timol	3	100 mg/l
	3	125 mg/l
	3	150 mg/l
	3	175 mg/l
	3	200 mg/l
	3	225 mg/l
	3	250 mg/l
	3	250 mg/l
Karvakrol	3	100 µl/l
	3	125 µl/l
	3	150 µl/l
	3	175 µl/l
	3	200 µl/l
	3	225 µl/l
	3	250 µl/l
	3	250 µl/l



Şekil 3.6. Hemolenf glukoz değerinin belirlenebilmesi için karapaks bitiminden kalbe girilerek hemolenf alınması

Deneyler sırasında su sıcaklığı, pH ve oksijen portatif pH metre ve oksijen metre ile gerçek zamanlı ölçülerek kaydedilmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Deneyler sırasında su sıcaklığı, pH ve oksijenin ölçülmesi

Timol ve karvakrol anestezi maddelerinin dar pençeli tatlısu ıstakozu (*Pontastacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla ıstakozların bayılma ve ayılma süreleri dakika (dk) cinsinden zaman tutularak kaydedilmiştir. Dar pençeli tatlısu ıstakozlarının anestezi madde bulunan suya koyulması sonrasında tam bayılmanın gerçekleşmesine kadar geçen ve kerevitlerin anestezi madde içermeyen suya uyandırma suyuna aktarılmasından sonra normal yüzme pençe ve anten hareketi davranışı sergilemelerine kadar geçen süreler tespit edilmiş olup elde edilen bulgular aşağıdaki altbaşlıklar altında verilmiştir. Timol ve

karvakrol maddeleri ile yapılan anestezi denemesi sonrasında kerevitler 72 saat süre ile takip edilmiş ve ölüm vakaları kayıt altına alınmıştır

3.2.3. İstatistiksel analizler

İstatistiksel analizler öncesi veriler normallik testine tabi tutularak test edilmiştir. Verilerin normal dağıldığı kanıtlandıktan sonra tek yönlü varyans (Anova) testine tabi tutulmuş varyaslar arasında fark bulunması durumunda Duncan çoklu karşılaştırma testleri kullanılmıştır. Veriler ortalama $\pm$ standart sapma (SS) olarak sunulmuş ve hesaplanan P değeri 0,05'ten küçük olduğunda farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir. İstatistiksel analizler SPSS (v23, IBM Corporation, New York, USA) paket programında gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Timol ve Karvakrolün Anestezik Etkilerinin belirlenmesi

Timol anestezik ajanı için uygulanan 7 farklı anestezi dozundan 100 mg/L ile sadece sedasyon gözlemlenirken 125, 150, 175 ve 200 mg/l uygulama dozlarında anestezinin 4 aşaması da gözlemlenmiştir. Bayılma (B2) evresine erişmede en kısa süre $12,62 \pm 3,48$ dk ile 250 mg/l dozunda belirlenmiş olmasına karşın bu konsantrasyonda bayıltılan Tatlısu ıstakozlarının uyanma süreleri 30 dakikadan ayılma süresi de 90 dakikadan uzun sürmüştür. Timol ile bayıltma çalışmalarında doz arttıkça bayılma süreleri ters orantılı olarak kısalmıştır (Çizelge 4.1). Tüm anestezi evreleri göz önüne alınarak Çizelge 4.1 incelendiğinde timol için en uygun anestezi dozunun 200 mg/l konsantrasyonu (B1= $10,14 \pm 1,78$; B2= $16,22 \pm 0,63$; A1= $16,49 \pm 8,38$; A2= $27,36 \pm 1,7$) olduğu görülmektedir.

Çizelge 1. Timol ve karvakrol uygulamasında deneme gruplarında ölçülen bayılma ve ayılma süreleri

Anestezik madde	Dozlar (mg/l)	n	Anestezi Aşamaları			
			B1	B2	A1	A2
Alkol	2.25 ml/l	6	-	-	-	-
Timol	100 mg/l	6	$38,16 \pm 10,68^a$	*	-	-
	125 mg/l	6	$19,97 \pm 0,95^b$	$41,94 \pm 1,01^a$	$27,79 \pm 4,1^a$	$44,59 \pm 7,74^b$
	150 mg/l	6	$19,74 \pm 3,95^b$	$43,09 \pm 6,1^b$	$27,24 \pm 3,38^a$	$41,62 \pm 5,27^b$
	175 mg/l	6	$19,77 \pm 3,24^b$	$40,81 \pm 4,53^{ab}$	$16,47 \pm 1,02^a$	$29,37 \pm 7,46^a$
	200 mg/l	6	$10,14 \pm 1,78^c$	$16,22 \pm 0,63^d$	$16,49 \pm 8,38^a$	$27,36 \pm 1,7^a$
	225 mg/l	6	$8,29 \pm 1,6^c$	$16,63 \pm 3,05^d$	$21,37 \pm 12,12^{ab}$	**
	250 mg/l	6	$5,51 \pm 1,43^c$	$12,62 \pm 3,48^d$	*	**
Karvakrol	100 µl/l	6	$42,32 \pm 16,95^a$	*	-	-
	125 µl/l	6	$19,94 \pm 0,99^b$	$31,94 \pm 1,01^a$	$13,4 \pm 3,71^{bcde}$	$47,8 \pm 8,38^b$
	150 µl/l	6	$16,92 \pm 3,95^b$	$38,63 \pm 6,56^c$	$13,4 \pm 4,79^{bcde}$	$80,22 \pm 6,05^c$
	175 µl/l	6	$9,4 \pm 2,27^c$	$35,38 \pm 7,6^{ab}$	$17,27 \pm 1,91^{bde}$	$71,49 \pm 7,37^{cd}$
	200 µl/l	6	$8,34 \pm 2,4^c$	$32,8 \pm 6,28^a$	$7,59 \pm 3,21^{cd}$	$89,21 \pm 11,41^d$
	225 µl/l	6	$9,7 \pm 1,69^c$	$15,51 \pm 4,24^d$	$10,66 \pm 5,35^{cde}$	**
	250 µl/l	6	$5,51 \pm 1,43^c$	$12,5 \pm 3,51^d$	*	**

*45 dk içerisinde anestezi aşaması gözlemlenmemiştir

**90 dk içerisinde anestezi aşaması gözlemlenmemiştir

Aynı sütünde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0,05$)

Karvakrol anestezik ajanı için uygulanan 100 µl/l dozunda tatlısu ıstakozlarında sadece sedasyon evresi gözlemlenmiştir. Uygulanan diğer konsantrasyonlardan 125, 150, 175 ve 200 µl/l uygulama dozlarında anestezinin 4 aşaması da gözlemlenmiştir.

Bayılma (B2) evresine erişmede en kısa süre $12,5 \pm 3,51$ dk ile $250 \mu\text{l/l}$ karvakrol dozunda belirlenmiş olmasına karşın bu konsantrasyonda bayıltilan tatlısu ıstakozlarının uyanma süreleri 30 dakikadan ayılma süresi de 90 dakikadan uzun sürmüştür (Çizelge 4.1). Karvakrol ile bayıltilma çalışmalarında doz arttıkça timolde olduğu gibi bayılma süreleri ters orantılı olarak kısalırken ayılma süreleri de uzamıştır (Çizelge 4.1). Tüm anestezi evreleri göz önüne alınarak Çizelge 4.1 incelendiğinde karvakrol için en uygun anestezi dozunun $200 \mu\text{l/l}$ konsantrasyonu ($B1 = 8,34 \pm 2,4$; $B2 = 32,8 \pm 11,28$; $A1 = 7,59 \pm 3,21$; $A2 = 89,21 \pm 11,41$) olduğu görülmektedir.

4.2. Timol ve Karvakrol Uygulamaları Sırasında Ölçülen Su Parametreleri

Deneyler sırasında her prosedür için anlık oksijen su sıcaklığı ve pH ölçülerek ortalamaları her doz uygulaması için hesaplanarak Çizelge 4.2’de verilmiştir. Çalışmalar sırasında oksijen konsantrasyonu en düşük $6,75 \pm 0,17$ mg/l, en yüksek $7,27 \pm 0,11$ olarak ölçülmüştür. Denemeler sırasında pH değerleri $8,06 \pm 0,03$ ile $8,31 \pm 0,09$ arasında sıcaklık ise $22,17 \pm 0,09$ °C ile $22,53 \pm 0,06$ °C arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.2.)

Çizelge 4.2. Timol ve karvakrol deneme gruplarında ölçülen su parametreleri

Anestezi madde	Dozlar	Oksijen (mg/L)	pH	Sıcaklık (°C)
Timol	Kontrol	$6,80 \pm 0,10$	$8,15 \pm 0,08$	$22,53 \pm 0,06$
	100 mg/l	$6,83 \pm 0,12$	$8,25 \pm 0,10$	$22,50 \pm 0,10$
	125 mg/l	$6,75 \pm 0,17$	$8,31 \pm 0,09$	$22,43 \pm 0,21$
	150 mg/l	$6,87 \pm 0,15$	$8,21 \pm 0,11$	$22,40 \pm 0,10$
	175 mg/l	$6,76 \pm 0,15$	$8,21 \pm 0,10$	$22,40 \pm 0,10$
	200 mg/l	$6,85 \pm 0,13$	$8,27 \pm 0,21$	$22,40 \pm 0,10$
	225 mg/l	$6,93 \pm 0,15$	$8,30 \pm 0,05$	$22,47 \pm 0,15$
	250 mg/l	$6,90 \pm 0,17$	$8,20 \pm 0,10$	$22,50 \pm 0,10$
Karvakrol	Kontrol	$7,12 \pm 0,16$	$8,13 \pm 0,02$	$22,47 \pm 0,03$
	100 $\mu\text{l/l}$	$7,17 \pm 0,14$	$8,30 \pm 0,05$	$22,43 \pm 0,03$
	125 $\mu\text{l/l}$	$7,27 \pm 0,11$	$8,26 \pm 0,04$	$22,37 \pm 0,09$
	150 $\mu\text{l/l}$	$7,08 \pm 0,16$	$8,23 \pm 0,03$	$22,17 \pm 0,09$
	175 $\mu\text{l/l}$	$7,19 \pm 0,20$	$8,22 \pm 0,04$	$22,47 \pm 0,09$
	200 $\mu\text{l/l}$	$7,12 \pm 0,14$	$8,27 \pm 0,03$	$22,47 \pm 0,03$
	225 $\mu\text{l/l}$	$7,17 \pm 0,12$	$8,30 \pm 0,06$	$22,40 \pm 0,06$
	250 $\mu\text{l/l}$	$6,95 \pm 0,16$	$8,06 \pm 0,03$	$22,33 \pm 0,03$

4.3. Farklı Konsantrasyonlarda Timol ve Karvakrol Ajanlarına Maruz Kalan Tatlısu İstakozlarında Ölçülen Hemolenf Glukoz Değerleri

Deneylerde farklı konsantrasyonlarda bayıltılan kerevitlerin hemolenf glukoz değerleri anestezige 30 dk maruz bırakılarak sitres durumları hakkında bilgi edinilmesi hedeflenmiştir. Her anestezi ajanı için belirlenen konsantrasyonlara maruz bırakılan Tatlısu istakozlarında ve anestezi olmadan aynı şartlara maruz bırakılan kontrol gruplarında belirlenen hemolenf glukoz değerleri ölçülerek Çizelge 4.3'te sunulmuştur. Herhangi bir anestezi ajana maruz kalmayan kontrol gruplarında hemolenf glukoz değeri 8 mg/dl olarak ölçülürken hem timol hem de karvakrolün etkin dozlarının uygulaması sırasında tatlısu istakozlarının hemolenf glukoz değerleri daha yüksek olarak ölçülmüştür. Ancak, anestezi ajanlarının konsantrasyonlarının artması ve buna bağlı anestezi süresinin kısalması ile birlikte hemolenf glukoz düzeyleri gerileyerek daha düşük düzeylerde ölçülmüştür.

Çizelge 4.3. Timol ve karvakrol deneme gruplarında ölçülen hemolenf glukoz değerleri

Anestezi ajanı	Dozlar	Hemolenf glukoz düzeyi (mg/DL)
Timol	Kontrol	8,00±2,00 ^{ab}
	100 mg/l	10,67±1,53 ^{bc}
	125 mg/l	11,33±1,15 ^c
	150 mg/l	10,67±1,53 ^{bc}
	175 mg/l	16,33±1,53 ^d
	200 mg/l	15,67±2,08 ^d
	225 mg/l	15,33±2,08 ^d
	250 mg/l	10,00±1,00 ^{abc}
Karvakrol	Kontrol	7,33±1,53 ^a
	100 µl/l	11,33±2,31 ^c
	125 µl/l	10,33±0,58 ^{bc}
	150 µl/l	10,67±1,53 ^{bc}
	175 µl/l	14,33±0,58 ^d
	200 µl/l	11,00±1,00 ^c
	225 µl/l	11,67±2,08 ^c
	250 µl/l	8,00±1,00 ^{ab}

Aynı sütünde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0,05)

4.4. Timol ve Karvakrol Uygulamasında Anestezi Aşamalarına Göre Başarı Değerleri

Anestezik ajanların kısa sürede bayıltma etkinliğinin yanında prosedür sırasında ve sonrasında oluşan stres düzeyi ve ölüm oranları da anestezinin başarısında önemli faktörlerden kabul edilmektedir. Timol ve karvakrol anestezik ajanlarının 100 ile 250 mg/l dozlarının uygulandığı bireylerde anestezinin aşamalarından B1, B2, A1 ve A2 düzeylerinde elde edilen başarıya göre değerlendirilmesi neticesinde gruplarda hesaplanan % başarı oranı ve prosedür sonrasında kaydedilen ölüm oranı Çizelge 4.4'te verilmiştir. Çizelge 4.4'te görüldüğü gibi Timol anestezisi B1 ve B2 için en etkin bayıltma dozu 200 mg/l uygulama dozunda %100 olarak belirlenmiştir. Yine timol için optimal süreler için en iyi ayılma oranları %100 olarak 200 mg/l timol uygulanan grupta belirlenmiştir. Karvakrol için 175, 200, 225 ve 250 µl/l konsantrasyonlarda grupların tamamı farklı sürelerde de olsa %100 olarak bayılmış ancak, en optimal sürelerde en fazla geri dönüş ve ayılma oranı 200 ile 225 µl/l karvakrol uygulanan gruplarda belirlenmiştir.

Karvakrolün 100 ve 200 µl/l dozları haricindekilerde %16,6 ile 66,6 arasında değişim gösteren ölüm oranları hesaplanmıştır. Yine 100 ile 250 µl/l karvakrol ajanı uygulanmış gruplarda 100 µl/l hariç tüm konsantrasyonlarda %16,6 ile %50 arasında değişen oranlarda ölüm gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.4. Kullanılan anestezik maddelerin anestezisi aşamalarına göre başarı ve ölüm oranları (%)

Anestezik ajan	Anestezik dozları		Anestezi aşamalarına göre başarı oranı %	Ölüm oranları %
		N	B1/B2/A1/A2	
Timol	100 mg/l	6	100/16,6/100/100	0
	125 mg/l	6	100/100/83,3/83,3	16,6
	150 mg/l	6	100/100/83,3/83,3	16,6
	175 mg/l	6	100/100/66,6/66,6	33,2
	200 mg/l	6	100/100/100/100	0
	225 mg/l	6	100/100/83,3/83,3	16,6
	250 mg/l	6	100/100/100/33,2	66,6
Karvakrol	100 µl/l	6	100/16,6/100/100	0
	125 µl/l	6	100/83,3/83,3/83,3	16,6
	150 µl/l	6	100/83,3/66,6/66,3	33,2
	175 µl/l	6	100/100/66,6/66,3	33,2
	200 µl/l	6	100/100/100/66,3	33,2
	225 µl/l	6	100/100/100/66,3	33,2
	250 µl/l	6	100/100/50/50	50

5. TARTIŞMA

Kabuklu ve eklembacaklılar içerisinde yer alan tatlısu ıstakozları eklemli uzuvlara ve sert kitinden oluşan sert kabubuğun sağladığı bir iskelete sahiptirler. Ektotermik olan tatlısu ıstakozları açık dolaşıma sahiptir ve dolaşım sisteminde hemolenf denilen sıvı bulunmaktadır (Valente 2022). Omurgalı yada omurgasız diğer hayvanlarla kıyaslandığında farklı anatomi ve fizyolojiye sahip eklembacaklıların sinaptik reseptörleri anesteziyelere farklı tepki verebilmektedir (O'Brien, 2008). Belki eklembacaklıların deney hayvanı olarak değerlendirilmiş olmaması nedeniyle belki de kabuklu ve eklembacaklıların yetiştiriciliği ve diğer amaçlarla yapılan çalışmaların omurgalı balıklar kadar yoğun olmaması nedeniyle tatlısu ıstakozlarının bayıltılması üzerine yapılmış pek fazla çalışmaya rastlanılamamıştır. Kabuklu ve eklembacaklı omurgasızlar üzerine özellikle çalışmaların karidesler üzerine yoğunlaştığı görülmektedir.

Son yıllarda bitkisel kökenli anesteziyelere artan bir ilgi bulunmaktadır. Yaygın olarak tercih edilen aromatik yağların başında karanfil yağı gelmektedir (Javahery vd. 2012; Aydın vd. 2019; Aydın ve Barbas, 2020). Karanfil yağı birçok sucul omurgalı ve omurgasızda başarılı bir şekilde bayılma ajanı olarak kullanılmaktadır. Bunun yanında genellikle antimikrobiyal olarak kullanılan kekik yağı ve kekik yağının başlıca bileşenleri olan timol ve karvakrol maddeleri de son yıllarda ilgi duyulmaya başlanıldığı görülmektedir (Bianchini vd. 2017; Tsuchiya, 2017; Yousefi vd. 2018). Timol ve karvakrol, doktor balıklarında (Aydın ve Orhan 2021), gümüş yayın balığında (Silva vd. 2013; Bianchini vd. 2017), Nil tilapiasında (Yousufi vd. 2022), adi sazan (Yousufi vd. 2018), siyah pacu (Brandão vd. 2021) üzerinde başarılı bir şekilde anestezi ajanı olarak kullanıldığı görülmüştür. Timol ve karvakrolün tatlısu ıstakozlarında anestezi olarak kullanımına dair bir çalışmaya rastlanılamamıştır. Tatlısu ıstakozları üzerine yapılmış sınırlı sayıda çalışma Çizelge 5.1'de özetlenmiştir. Çizelge incelendiğinde tatlısu ıstakozlarında bayılma ve ayılma evrelerinin balıklarla kıyaslandığında daha uzun bir süre olduğu görülmektedir. Bu çalışma ile elde edilen sonuçlar da aynı şekilde balıklardan daha uzun sürede bayılmış ve akabinde daha uzun sürelerde ayılma gözlemlenmiştir.

Canlıları strese korumak ve hayvan refahı için önerilen anesteziyelere ve anestezi işlemleri de strese yol açabilmektedir. Akut stres indikatörü olarak en yaygın kullanılan araçların başında kortisol ve kandaki şeker miktarı gelmektedir (Bahi vd. 2018; da Silva vd. 2021). Bu çalışmada hemolenf glukoz değerleri ölçülerek anestezi ajanlarının tatlısu ıstakozları üzerinde strese yol açıp açmadıkları takip edilmiştir. Elde edilen verilere göre anestezi süresi uzadıkça ve orta yüksek dozlarda hemolenf glukoz düzeylerinin her iki anestezi ajanı için daha yüksek ölçülmesine neden olduğu

gözlemlenmiştir. Kerevitlerde benzeri bir çalışmaya rastlanılamadığı için karanfil yağı türevi olan Aquai-s'in kullanımında dev tatlısu karideslerinin canlı naklinde anestezi kullanımı hemolenf glukoz değerlerini bu çalışma sonuçlarında da olduğu gibi arttırdığı bildirilmiştir (Çizelge 5. 1).

Çizelge 5.1. Farklı kerevit türlerinde yapılan çalışmalar ve kullanılan anestezi ajanlarına göre bayılma ve ayılma süreleri

Tür	Anestezi ajanı	Uygulama dozu	Bayılma süresi	Ayılma	Anestezi evresi	Uygulama	Kaynak
Dar pençeli tatlısu ıstakozu, <i>Pontastacus leptodactylus</i>	Timol Timol Karvakrol Karvakrol	175 200 175 200	41 dk 16 dk 35 dk 33 dk	29 dk 27 dk 71 dk 89 dk	Anestezi	Banyo	Bu çalışma
Ot karidesi (Küçük boy) (<i>Palaemonetes sinensis</i>)	Eugenol	100 µl/l 200 µl/l 300 µl/l 400 µl/l	>20 dk <20 dk <20 dk <20 dk	>30 dk >30 dk >80 dk >100 dk	Derin anestezi	16 °C'de banyo	Li vd. 2018
Ot karidesi (Orta boy) (<i>Palaemonetes sinensis</i>)	Eugenol	100 µl/l 200 µl/l 300 µl/l 400 µl/l	>20 dk <20 dk <20 dk <20 dk	>30 dk >30 dk >80 dk >100 dk	Derin anestezi	16 °C'de banyo	Li vd. 2018
Ot karidesi (Büyük boy) (<i>Palaemonetes sinensis</i>)	Eugenol	100 µl/l 200 µl/l 300 µl/l 400 µl/l	>20 dk <20 dk <20 dk <20 dk	<20 dk <60 dk <60 dk >100 dk	Derin Anestezi	16 °C'de banyo	Li vd. 2018
Viril kereviti <i>Orconectes virilis</i>	Ketamine	90 µg/g	110 dk		Derin anestezi	İntramu skular	Brown vd. 1996
Viril kereviti <i>Orconectes virilis</i>	Lidocaine	400 µg/g	25 dk		Hafif anestezi	İntramu skular	Brown vd. 1996
Dev Tatlısu karidesi <i>Macrobrachium rosenbergii</i>	Karanfil yağı Aqui-S Kinaldin MS222 Fenoksiethanol	100 mg/l 100 mg/l 100 mg/l 100 mg/l 100 mg/l	60 dk 45 dk 30 dk 15 dk 15 dk	18 dk 28 dk 11,7 dk - -	Sedasyon Anestezi Anestezi Sedasyon Sedasyon	Banyo Banyo Banyo Banyo Banyo	Coyle vd. 2005
Kırmızı bataklık kereviti (<i>Procambarus clarkii</i>)	MS-222	-	-	-	-	İntramu skular	Stanley vd. 2020

Çizelge 5.2. Bazı kerevit türlerinde anestezi uygulamaları sonucu hemolenf glukoz değerleri

Tür	Anestezi ajanı	Uygulama dozu	Glukoz mg/dl	Uygulama	Kaynak
Dar pençeli tatlısu ıstakozu, <i>Pontastacus leptodactylus</i>	Timol Timol Karvakrol Karvakrol	175 200 175 200	16,33 15,67 14,33 11	Banyo	Bu çalışma
Dev Tatlısu karidesi <i>Macrobrachium rosenbergii</i>	Aqui-S	Dinlenme 500 mg/l Kontrol	6,8 48,1 45,3	Banyo	Skudlarek vd. 2011

6. SONUÇLAR

Anestezik ve sakinleştirici potansiyeli bulunan esansiyel yağların kimyasal anestezik maddelere göre insan sağlığına ve çevre üzerine olumsuz etkisinin daha az olması nedeniyle son yıllarda bu amaçlarla kullanılmasına yönelik ilgiyi arttırmaktadır. Dar pençeli tatlısu ıstakozu (*Pontastacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) üzerine yapılmış çok fazla çalışmaya rastlanılamamış olması bu çalışmayı ve sonuçlarını özgün ve önemli kılmaktadır. Bitkilerden elde edilen karvakrol ve timol maddelerinin dar pençeli tatlısu ıstakozu *P. leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) üzerindeki anestezik etkilerine dair bazı önemli sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

- Timol ve karvakrolün dar pençeli tatlısu ıstakozu *P. leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) üzerindeki etkin bayılma konsantrasyonları timol için 200 mg/l, karvakrol için ise 200 µl/l olarak belirlenmiştir.
- 100-125 mg/l timol ve 100 µl/l karvakrol konsantrasyonları sakinleştirme ve canlı taşıma işlemlerinde kullanılabilme potansiyeli barındırmaktadır. Bu konunun sonraki çalışmalarda araştırılması önerilir.
- Hem timol hemde karvakrol etken maddelerinde yüksek doz kullanımının ötenazi için kullanılabileceği görülmektedir.
- Her iki anestezik maddenin düşük dozlarda kerevit hemolef şeker değerini arttırdığı görülmektedir. Bu da düşük dozların strese yolaçma potansiyeli barındırdığını düşündürmektedir.

Sonraki çalışmalarda bu anestezik maddelerin anestezik olarak kullanılması durumunda kerevitlerin fizyolojisi üzerine ne tür etkiler yaptığının daha detaylı olarak araştırılması gerekmektedir.

7. KAYNAKLAR

- Anonymus 1: Overzicht van de Nederlandse biodiversiteit. Turkse rivierkreeft *Pontastacus leptodactylus*.
https://www.nederlandsesoorten.nl/linnaeus_ng/app/views/species/nsr_taxon.php?id=143788&cat=CTAB_MEDIA#gallery-1 [Son Erişim Tarihi: 20.06.2022]
- Anonymous 2: <https://www.ivis.org/library/recent-advances-veterinary-anesthesia-and-analgesia-companion-animals/anesthetic-options> [Son Erişim Tarihi: 20.05.2022]
- Aktop Y., Aydın B. and Çağatay T.İ. 2019. Usability of coriander oil (*Coriandrum sativum*) as a herbal anesthetic on fish. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 7(sp3): 23-26.
- Aydın B and Barbas, L.A. 2020. Sedative and anesthetic properties of essential oils and their active compounds in fish: A review. *Aquaculture*, 520:734999.
- Aydın, H., Harlioğlu, M.M. and Deniz, T. 2012. Harvest, export and economic status of freshwater crayfish (*Astacus leptodactylus* Esch., 1823) in Turkey. *Afr. J. Agric. Res.*, 7: 2463-2468.
- Aydın, B. and Orhan, N. 2021. Effects of thymol and carvacrol anesthesia on the electrocardiographic and behavioral responses of the doctor fish *Garra rufa*. *Aquaculture*, 533:736134.
- Bagamboula, C., Uyttendaele, M. and Debevere, J. 2004. Inhibitory effect of thyme and basil essential oils, carvacrol, thymol, estragol, linalool and p-cymene towards *Shigella sonnei* and *S. flexneri*. *Food Microbiol.*, 21: 33–42.
- Bianchini, A., Garlet, Q., da Cunha, J., Bandeira Junior, G., Brusque, I., Salbego, J., Heinzmann, B. and Baldisserotto, B. 2017. Monoterpenoids (thymol, carvacrol and S- (+)-linalool) with anesthetic activity in silver catfish (*Rhamdia quelen*): evaluation of acetylcholinesterase and GABAergic activity. *Braz. J. Med. Biol. Res.*, 50(12):e6346.
- Brandão, F.R., Farias, CFS., de Melo Souza, D.C., de Oliveira, M.I.B., de Matos, L.V., Majolo, C., de Oliveira, M.R., Chaves, F.C.M., de Almeida O'Sullivan, F.L. and Chagas, E.C. 2021. Anesthetic potential of the essential oils of *Aloysia triphylla*, *Lippia sidoides* and *Mentha piperita* for *Colossoma macropomum*. *Aquaculture*, 534:736275.
- Brown L.A. 1993. Anesthesia and Restraint. In: Stoskopf M.K. (Ed.), *Fish Medicine*. WB Saunders Company, Philadelphia, 79-90.

- Brown, P.B., White, M.R., Chaille, J., Russell, M. and Oseto, C. 1996. Evaluation of three anesthetic agents for crayfish (*Orconectes virilis*). *Journal of Shellfish Research*, 15(2):433–436.
- Coyle, S.D., Durborow, R.M. and Tidwell, J.H. 2004. Anesthetics in aquaculture. Stoneville, MS: Louisiana Cooperative Extension Service. SRAC Publication No. 3900
- Coyle, S.D., Tidwell, J.H., Yasharian, D.K., Caporelli, A. and Skudlarek, N.A. 2005. The effect of biomass density, temperature, and substrate on transport survival of market-size freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii*. *Journal of Applied Aquaculture*, 17(4):61–81.
- Crandall, K.A. and De Grave, S. 2017. An updated classification of the freshwater crayfishes (Decapoda: Astacidea) of the world, with a complete species list. *Journal of Crustacean Biology*, 37(5):615-653.
- Çetinkaya, O. ve Şahin A. 2005. Balıklarda anestezi uygulamaları ve başlıca anestezikler. Editör: Karataş, M. Balık biyolojisinde araştırma yöntemleri. Nobel Yayınları: 237-273, Ankara.
- Dalar, T. 2021. Türkiye’de dağılım gösteren kerevit (*Pontastacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) populasyonlarında genetik çeşitliliğin mikrosatellit belirteçler kullanılarak belirlenmesi. Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 123 s.
- FAO. 2018. Fishery and aquaculture statistics. Global capture production 1950-2018 (FishstatJ). In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 2019, www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en.
- Geldiay, R. ve Kocataş, A. 1970. Türkiye astacus (Decapoda) populasyonlarının dağılışı ve taksonomik tespiti. *E. Ü. Fen Fak. İlmi Raporlar Serisi*, 94: 3- 7.
- Ghanawi, J., Saoud, G., Zakher, C., Monzer, S. and Saoud, IP. 2019. Clove oil as an anaesthetic for Australian redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus*. *Aquac Res.*, 50: 3628–3632.
- Giannenas, I., Triantafillou, E., Stavrakakis, S., Margaroni, M., Mavridis, S., Steiner, T. and Karagouni E. 2012. Assessment of dietary supplementation with carvacrol or thymol containing feed additives on performance, intestinal microbiota and antioxidant status of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 350–353: 26–32.
- Harlioğlu, M.M. and Harlioğlu, A.G. 2004. The harvest of freshwater crayfish *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823) in Turkey. *Rev Fish Biol Fish*, 14: 415-419.

- Harlioğlu, M.M. 2008. The harvest of the freshwater crayfish *Astacus leptodactylus* Eschscholtz in Turkey: harvest history, impact of crayfish plague, and present distribution of harvested populations. *Aquacult. Int.*, 16: 351–360.
- Hogger, J.B. 1988. Ecology, population biology and behaviour. In: Holdich, D.M. and Lowery, R.S. (Eds.), *Freshwater crayfish: Biology, management and exploitation*. Chapman & Hall, London, pp.114-144.
- Holdich, D.M. 2002. *Biology of freshwater crayfish*. Iowa State University Press, 702p, USA.
- Huner, J.V. 1994. *Freshwater crayfish aquaculture in North America, Europe and Australia: Families Astacidae, Cambaridae and Parastacidae*. CRC Press, 336 p.
- Iversen, M., Finstad, B., McKinley, R.S. and Eliassen, R.A. 2003. The efficacy of metomidate, clove oil, Aqui-S™ and Benzoak® as anaesthetics in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) smolts, and their potential stress-reducing capacity. *Aquaculture*, 221: 549–566.
- Jiang, S., Zhou, F., Yang, W., Wu, Z., Le, Y., Yang, Q. and Yu, Y. 2020. Anaesthetic effect of eugenol at different concentrations and temperatures on black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). *Aquac Res.*, 51: 3268– 3273.
- Köksal, G. 1988. *Astacus leptodactylus* in Europe. In: Holdich, D.M.; Lowery, R.S. (Eds.), *Freshwater crayfish biology, management and exploitation*, Croom Helm Press, London, pp. 365-400.
- Lee, D.O'C. and Wickens, J.F. 1992. *Crustacean Farming: Ranching and Culture*. Wiley- Blackwell Publishing, 464 p.
- Li, Y., She, Q., Han, Z. Sun, N., Liu X. and Li, X. 2018. Anaesthetic effects of eugenol on grass shrimp (*Palaemonetes sinensis*) of different sizes at different concentrations and temperatures. *Sci Rep* 8: 11007.
- Manush, S. and Asimkumar, P. 2009. Anesthetic effect of eugenol and menthol on handling stress in *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture*, 298: 162–167.
- Marking, L.L. and Meyer, F.P. 1985. Are better anaesthetics needed in fisheries?. *Fisheries*, 10(2): 2-5.
- Mazandarani, M. and Hoseini, S.M. 2017. Menthol and 1,8-cineole as new anaesthetics in common carp, *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758). *Aquaculture Research*, 48 (6): 3041–3051.
- Mazlum, Y. 2007. Stocking density affects the growth, survival, and cheliped injuries of third instars of narrow-clawed crayfish, *Pontastacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823 juveniles, *Crustaceana*, 80: 803-815.

- O'Brien, M. 2008. Invertebrate anaesthesia. In: Longley L. (Ed.), *Anaesthesia of exotic pets*. Elsevier Saunders, pp. 279–295.
- Parodi T.V., Cunha M.A., Heldwein, C.G., de Souza, D.M., Martins, Á.C., Garcia, L.de O., Wasielesky, W.Jr., Monserrat, J.M., Schmidt, D., Caron, B.O., Heinzmann, B., and Baldisserotto B. 2012. The anesthetic efficacy of eugenol and the essential oils of *Lippia alba* and *Aloysia triphylla* in post-larvae and sub-adults of *Litopenaeus vannamei* (Crustacea, Penaeidae). *Comp Biochem Physiol C Toxicol Pharmacol.*, 155(3):462-8.
- Popovic, N.T., Strunjak-Perovic, I., Coz-Rakovac, R., Barisic, J., Jadan, M., Persin Berakovic, A. and Klobucar, R.S. 2012. Tricaine methane-sulfonate (MS-222) application in fish anaesthesia. *Journal of Applied Ichthyology*, 28, 553–564.
- Readman, G.D., Owen, S.F., Knowles, T. G. and Murrell, J.C. 2017. Species specific anaesthetics for fish anaesthesia and euthanasia. *Scientific Reports*, 7:7102.
- Ross, L.G. and Ross, B. 2008. *Anaesthetic and sedative techniques for aquatic Animals*. 3rd ed., Blackwell Publishing, Oxford UK, 222p.
- Santos, S., Ghanawi, J. and Saoud, I. P. 2015. Effects of water temperature and body weight on anaesthetic efficiency in marbled rabbitfish (*Siganus rivulatus*). *Aquaculture Research*, 46: 928–936.
- Saydmohammed, M. and Pal, A.K. 2009. Anesthetic effect of eugenol and menthol on handling stress in *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture*, 298(1-2): 162–167.
- Skudlarek, J.G., Coyle, S.D., Bright, L.A. and Tidwell, J.H. 2011. Effect of holding and packing conditions on hemolymph parameters of freshwater prawns, *Macrobrachium rosenbergii*, during simulated waterless transport. *Journal of the World Aquaculture Society*, 42: 603-617.
- Stanley, C.E., Adams, R., Nadolski, J., Amrit, E., Barrett, M., Bohnett, C., Campbell, K., Deweese, K., Dhar, S., Gillis, B., Hill, C., Inks, M., Kozak, K., Larson, A., Murtaza, I., Nichols, D., Roberts, R., Tyger, H., Waterbury, C. and Cooper RL. 2020. The effects of tricaine mesylate on arthropods: crayfish, crab and *Drosophila*. *Invertebrate Neuroscience*, 20:10.
- Stehly, G.R. and Gingerich, W.H. 1999. Evaluation of AQUI-STM (efficacy and minimum toxic concentration) as a fish anaesthetic/sedative for public aquaculture in the United States. *Aquaculture Research*, 30 (5):365– 372.

- Summerfelt, R.C. and Smith, L.S. 1990. Anesthesia, surgery, and related techniques. In: Schreck, C.B., Moyle, P.B., (Eds), *Methods for fishery biology*. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society, pp. 213-272.
- Valente, C.S. 2022. Anaesthesia of decapod crustaceans. *Veterinary and Animal Science*, 16:100252.
- Vartak, V. and Singh, R.K. 2006. Anaesthetic effects of clove oil during handling and transportation of the freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (de man). *The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh*, 58(1), 46–54.
- Waterstrat, P.R. and Lindsey, P. 2005. Evaluation of eugenol as an anesthetic for the American lobster *Homarus americanus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 36: 420–424.
- Weber, R.A., Peleteiro, J.B., Logarcía, M.N. and Aldegunde, M. 2009. The efficacy of 2-phenoxyethanol, metomidate, clove oil and MS-222 as anaesthetic agents in the Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup 1858). *Aquaculture*, 288, 147–150.
- 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.

ÖZGEÇMİŞ

Mustafa GÖK

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2019-2022	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Yetiştiriciliği ABD, Antalya
Lisans 2010-2014	Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Antalya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Mühendis 2015- Devam ediyor	Kılıç Holding Bafa Kuluçkahanesi
--------------------------------	-------------------------------------