

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**DOKTOR BALIĞININ (*Garra rufa* Heckel, 1843) KRİTİK TERMAL MİNİMUM  
VE MAKSİMUM SU SICAKLIĞI DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Mehmet Ali DEMİR**

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

**HAZİRAN 2019**

**ANTALYA**

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**DOKTOR BALIĞININ (*Garra rufa* Heckel, 1843) KRİTİK TERMAL MİNİMUM  
VE MAKSİMUM SU SICAKLIĞI DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ**

**Mehmet Ali DEMİR**

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

**HAZİRAN 2019**

**ANTALYA**

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTOR BALIĞININ (*Garra rufa* Heckel, 1843) KRİTİK TERMAL MİNİMUM  
VE MAKSİMUM SU SICAKLIĞI DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ

Mehmet Ali DEMİR

SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon  
Birimi tarafından FLY-2017-2668 No'lu proje ile desteklenmiştir.


HAZİRAN 2019

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTOR BALIĞININ (*Garra rufa* Heckel, 1843) KRİTİK TERMAL MİNİMUM  
VE MAKSİMUM SU SICAKLIĞI DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ

Mehmet Ali DEMİR  
SU ÜRÜNLERİ MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 10.06.2019 tarihinde jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Süleyman AKHAN (Danışman)   
Doç. Dr. Fatih PERÇİN   
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ÖZBAŞ 

## ÖZET

### DOKTOR BALIĞININ (*Garra rufa* Heckel, 1843) KRİTİK TERMAL MİNİMUM VE MAKSİMUM SU SICAKLIĞI DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ

Mehmet Ali DEMİR

Yüksek Lisans Tezi, Su Ürünleri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Süleyman AKHAN

Haziran 2019; 34 Sayfa

Bu tez çalışmasında üç farklı su sıcaklığına (15, 25, 35  $\pm$ 0.5  $^{\circ}$ C) bir ay süreyle alıştıran küçük (4,27 $\pm$ 0,13 cm ve 0,85 $\pm$ 0,06 g) ve büyük (7,51 $\pm$ 0,19 cm ve 4,04 $\pm$ 0,30 g) boy olmak üzere iki farklı boydaki doktor balıkları (*Garra rufa* Heckel, 1843) için kritik termal minimum (CTMin), kritik termal maksimum (CTMaks) değerleri, termal tolerans poligonu, alıştırmaya tepki oranı (ATO) değerleri ve termal tolerans aralığı (TTA) değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Üç farklı sıcaklığa alıştıran her grup balıktan rastgele seçilen 20 balık 0.3  $^{\circ}$ C/dakika hızında soğutma veya ısıtma yapılarak balıkların tolere edebildikleri en düşük ve en yüksek sıcaklık değerleri (CTM) belirlenmiştir. CTMin değerinin büyük balıklarda 3,04 $\pm$ 0,03 ile 10,21 $\pm$ 0,19  $^{\circ}$ C arasında, küçük balıklarda ise 3,27 $\pm$ 0,11 ile 10,88 $\pm$ 0,14  $^{\circ}$ C arasında değiştiği hesaplanmıştır. Balıkların tolere edebildikleri en yüksek sıcaklık değerlerinin (CTMaks), büyük balıklarda 36,99 $\pm$ 0,26 ile 42,87 $\pm$ 0,06  $^{\circ}$ C arasında, küçük balıklarda ise 35,51 $\pm$ 0,36 ile 43,05 $\pm$ 0,09  $^{\circ}$ C arasında değiştiği belirlenmiştir.

Alıştırmaya tepki oranı (ATO) değerleri balık büyüklüğü ve alıştırmaya sıcaklığı aralığına göre 0,20 ile 0,51 arasında değişim göstermiştir. Yüksek  $\Delta$ CTM değerleri alıştırmaya tepki oranında yükselmelere yol açmıştır. Hesaplanan ATO değerleri hem büyük hem de küçük balıkların soğuğa karşı daha toleranslı olduğunu göstermiştir. Termal tolerans poligonu ve alanı alıştırmaya sıcaklıkları ve balık boyuna göre değişmiştir. Termal tolerans poligonu ve alanı büyük boy balıklar için daha geniş ve daha yüksek bulunmuştur. Termal tolerans poligon alanı değerleri küçük balıklar için 638,35  $^{\circ}$ C<sup>2</sup>, büyük balıklar için 647,35  $^{\circ}$ C<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Termal tolerans aralıkları genelde 31,43-33,95  $^{\circ}$ C arasında değişim gösterirken en yüksek termal tolerans aralıkları 15  $^{\circ}$ C'ye alıştıran büyük boy balıklarda 33,95  $^{\circ}$ C ve küçük boy balıklarda 32,24  $^{\circ}$ C olarak belirlenmiştir.

**ANAHTAR KELİMELER:** Alıştırmaya tepki oranı, *Garra rufa*, kritik termal minimum, kritik termal maksimum, termal tolerans poligonu, termal tolerans aralığı

**JÜRİ:** Prof. Dr. Süleyman AKHAN

Doç. Dr. Fatih PERÇİN

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ÖZBAŞ

## ABSTRACT

### DETERMINATION OF CRITICAL THERMAL LIMITS FOR DOCTOR FISH, *Garra rufa* Heckel 1843

Mehmet Ali DEMİR

M.Sc. Thesis in Fisheries and Aquaculture Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Süleyman AKHAN

June 2019, 34 Pages

In this thesis, we aimed to determine the critical thermal minimum (CTMin), critical thermal maximum (CTMax) values, thermal tolerance polygon, acclimation response ratio (ARR) values and thermal tolerance range in two different sizes of doctor fish (*Garra rufa* Heckel, 1843), small size ( $4.27 \pm 0.13$  cm and  $0.85 \pm 0.06$  g) and large size ( $7.51 \pm 0.19$  cm and  $4.04 \pm 0.30$  g) had been acclimated to three acclimation temperatures ( $15, 25, 35 \pm 0.5$  °C) for one months.

The critical minimum and maximum temperature limits (CTM) of the small and large size of doctor fish were determined by cooling or heating at the rate of  $0.3$  °C/min for randomly selected 20 fish from each acclimation groups. The lowest critical thermal limits (CTMin) were ranged between  $3.04 \pm 0.03$  and  $10.21 \pm 0.19$  °C for large size fish and  $3.27 \pm 0.11$  to  $10.88 \pm 0.14$  °C for small size fish. The upper critical thermal limit values (CTMax) were ranged between  $36.99 \pm 0.26$  to  $42.87 \pm 0.06$  °C in large fish and  $35.51 \pm 0.36$  to  $43.05 \pm 0.09$  °C in small fish groups.

Acclimation response ratio (ARR) were ranged from 0.20 to 0.51 according to fish size and temperature range. The higher  $\Delta$ CTM values led to increases in the acclimation response ratio. Calculated ARR values showed that both large and small fish were more tolerant to cold. The thermal tolerance polygon and area varied according to the acclimation temperatures and fish size. Thermal tolerance polygon are larger for large size fish. The values of the thermal tolerance polygon area are calculated as  $638.35$  °C<sup>2</sup> for small size fish and  $647.35$  °C<sup>2</sup> for big fish. Thermal tolerance ranges (TTR) generally ranged between  $31.43$ - $33.95$  °C, while the highest thermal tolerance ranges are determined as  $33.95$  °C in large size fish and  $32.24$  °C in small size fish that acclimated to  $15$  °C water temperatures.

**KEYWORDS:** Acclimation response ratio, *Garra rufa*, critical thermal minimum, critical thermal maximum, thermal tolerance polygon, thermal tolerance ranges

**COMMITTEE:** Prof. Dr. Süleyman AKHAN

Assoc. Prof. Dr. Fatih PERÇİN

Assist. Prof. Dr. Mehmet ÖZBAŞ

## ÖNSÖZ

Bu çalışmada, ülkemiz doğal balık faunasında bulunan, ihtiyoterapi ve balık masajı ile ünlenen, ancak ülkemizde yetiştiricilik çalışmaları yeni başlayan doktor balıklarının (*Garra rufa* Heckel, 1843) kritik termal sınırları laboratuvar şartlarında gerçekleştirilen denemelerle belirlenmiştir. Tez çalışması sonuçlarının bu tür üzerinde çalışma yapan gerek bilim insanları gerekse yetiştiriciler için katkı sağlaması en büyük temennimdir.

Yüksek lisans danışmanlığımı üstlenerek öğrencilik süresince deneyimlerini ve önerilerini hiçbir zaman esirgemeyen, çalışmalarımı sürdürdüğüm süre boyunca beni destekleyip yönlendiren danışman hocam Prof. Dr. Süleyman AKHAN'a yardımlarından ve katkılarından dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tez projemizin finansmanını sağlayan Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkürü borç bilirim.

Hayatımın her anında bana destek veren, ilgilerini ve sevgilerini esirgemeyen sevgili anneme, babama ve tüm aileme sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

## 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.....	5
2.1. Doktor Balığı ( <i>Garra rufa</i> )’nın Sistematığı, Biyolojisi ve Morfolojisi.....	5
2.2. Doktor Balığı ( <i>Garra rufa</i> )’nın Kullanım Alanları.....	7
2.3. Balıklarda Termal Biyoloji.....	8
2.3.1. CTM metodolojisi.....	11
2.3.2. Alıştırma tepki oranı (ATO).....	12
2.3.3. Termal tolerans poligonu.....	12
2.4. Önceki Çalışmalar.....	13
3. MATERYAL VE METOT.....	17
3.1. Balık Materyali.....	17
3.2. Deneysel Tasarım ve Balıkların Alıştırma Sıcaklıklarına Adaptasyonu.....	17
3.4. CTMin ve CTMaks Denemeleri.....	19
3.5 Verilerin Değerlendirilmesi.....	20
4. BULGULAR.....	21
4.1. Doktor Balıklarının Kritik Termal Sınırları (CTMin/CTMaks).....	21
4.2. Alıştırma Tepki Oranı (ATO).....	22
4.3. Termal Tolerans Poligonu.....	22
4.3. Termal Tolerans Aralığı.....	23
5. TARTIŞMA.....	24



6. SONUÇLAR.....27

7. KAYNAKLAR.....28

ÖZGEÇMİŞ



## AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Doktor Balığının (*Garra rufa* Heckel, 1843) Kritik Termal Minimum ve Maksimum Su Sıcaklığı Değerlerinin Belirlenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak bulunduğunu belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

10.06.2019

Mehmet Ali DEMİR



## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

cm	: Santimetre
g	: Gram
kg	: Kilogram
l	: Litre
m	: Metre
mg	: Miligram
°C	: Derece santrigrat
ppm	: Milyonda bir

### Kısaltmalar

CTM	: Kritik termal metot
CTMin	: Kritik termal minimum
CTMaks	: Kritik termal maksimum
CLM	: Kronik öldürücü metot
ILT	: Ölümleri başlatan sıcaklık
CTMaks	: Kritik termal maksimum
CTMin	: Kritik Termal minimum
ATO	: Alıştırma tepki oranı
TTA	: Termal tolerans aralığı
Ta	: Alıştırma sıcaklığı

Tezde ondalık yazım olarak “,” noktalama işareti kullanılmaktadır.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b>Şekil 2.1.</b> <i>Garra rufa</i> (Anonymous 1).....	5
<b>Şekil 2.2.</b> <i>Garra rufa</i> 'nın doğal yaşam alanları (Anonymous 2).....	6
<b>Şekil 2.3.</b> a) Fish SPA merkezinde manikür yapan doktor balıkları (Anonymous 3); b) doktor balıklarının ihtiyoterapide sedef hastalığı tedafisinde kullanılması (Anonymous 4).....	7
<b>Şekil 2.4.</b> Habitat koşullarının bir organizmanın aktiviteleri üzerine etkisi (Claireaux ve Lefrançois 2007).....	10
<b>Şekil 3.1. a)</b> Deneyleerde kullanılan küçük ve büyük boy doktor balıkları; <b>b)</b> Küçük ve büyük boy balıkların tutulduğu alıştıırma tankları.....	17
<b>Şekil 3.2.</b> Deneyleerde balıkların 3 farklı alıştıırma sıcaklığında tutulduğu sistemin genel görünümü.....	18
<b>Şekil 3.3.</b> Termal deneyleerde kullanılan ısı pompası ve termal deney akvaryumu.....	20
<b>Şekil 4. 1.</b> Üç farklı su sıcaklığına (15, 25, 35 °C) alıştıırılan büyük ve küçük boydaki doktor balıklarına ait termal tolerans poligon alanı.....	23

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 2.1.</b> CTM denemeleri yapılan bazı balık türleri için elde edilen veriler.....	15
<b>Çizelge 3.1.</b> Denemelerde kullanılan büyük ve küçük boy doktor balıklarına ( <i>Garra rufa</i> ) ait boy ve ağırlık verileri.....	18
<b>Çizelge 4.1.</b> Büyük ve küçük boy doktor balıklarında ( <i>Garra rufa</i> ) kritik termal tolerans limitleri.....	21
<b>Çizelge 4.2.</b> Büyük ve küçük boy doktor balıklarında üç farklı alıştırma sıcaklığı için (15, 25, 35 °C) alıştırma tepki oranı (ATO).....	22
<b>Çizelge 4.3.</b> Büyük ve küçük boy doktor balıklarında ( <i>Garra rufa</i> ) kritik termal tolerans limitleri.....	23

## 1. GİRİŞ

Yirmi birinci yüzyılın ortaları itibariyle dünya nüfusunun 9 milyarı aşacağı tahmin edilmektedir. Akuakültür, hızla artan dünya nüfusuna gıda temini ve istihdam sağlama açısından önemli katkılar yapmaktadır. FAO verilerine göre dünya su ürünleri üretiminin 2016 yılı itibarıyla 170,9 milyon tona ulaştığı belirtilmiştir. Dünya genelinde 80 milyon tonluk üretim miktarı ile su ürünleri yetiştiriciliğinin toplam üretimdeki payı %47 olarak gerçekleşmiştir. Avcılık yoluyla elde edilen 90,9 milyon ton üretim miktarı ise toplam üretimin %53'ünü oluşturmaktadır. Yine FAO verilerine göre, avcılık yoluyla elde edilen su ürünleri üretimi 2011-2016 yılları arasında 90 milyon ton/yıl dolaylarında gerçekleşirken yetiştiricilik yoluyla yapılan üretim 60 milyon tondan 80 milyon tona ulaşmıştır. Avcılık üretiminin aksine sürekli artış eğiliminde olan yetiştiricilik 2000 yılında toplam dünya üretimine katkısı %25,7 iken 2016 yılına gelindiğinde bu katkı oranı % 46,8'e yükselmiştir (FAO 2018).

Su ürünleri sektörü avcılık ve yetiştiricilik alanında tüm dünyada istihdama önemli katkı sunmaktadır. FAO (2018) verilerine göre, su ürünleri sektöründe doğrudan istihdam edilen kişi sayısı 59,6 milyondur. Bu rakam birçok ülkenin toplam nüfusundan fazladır. Bu çalışanlardan 19.3 milyon kişi su ürünleri yetiştiricilik sektöründe istihdam edilirken geri kalan 40.3 milyon çalışan ise su ürünleri avcılığı ile uğraşmaktadır. Avcılıkta istihdam edilenlerin oranı 1990 yılında yüzde 83 iken, 2016 yılında yüzde 68'lere gerilemiş, su ürünleri yetiştiriciliğinde istihdam edilenlerin oranı ise aynı dönemde % 17'den, % 32'ye yükselmiştir (FAO 2018).

Su ürünleri beslenme ve istihdamın yanısıra ekonomi açısından da oldukça önemlidir. Küresel su ürünleri yetiştiricilik üretim miktarı 2016 yılı için 110.2 milyon ton olarak bildirilmiştir. Bu üretim miktarının pazar değeri ise 243.5 milyar ABD doları olarak tahmin edilmiştir (FAO 2018). Dünya su ürünleri ticaretinde önde gelen ülkeler Çin, Norveç ve Vietnam olarak sıralanmaktadır. İstatistiki verilere göre 2017 yılında Türkiye'de 630.820 ton su ürünleri üretimi gerçekleştirilmiş bunun 276.502 tonu yetiştiricilik 354.318 tonu avcılık yoluyla elde edilmiştir. Üretilen 630 bin tonluk su ürünlerinin ekonomik değeri yaklaşık olarak 1 milyar ABD doları olduğu tahmin edilmektedir (TÜİK 2018). Türkiye gerçekleştirmiş olduğu bu üretimin 156.681 tonunu ihraç ederken 100.444 ton su ürünlerini de dışarıdan ithal etmiştir.

Bir gıda kaynağı olarak stratejik öneme sahip su ürünleri, kolay sindirilebilir kaliteli yüksek protein kaynağı oluşu, içerdiği yağ asitleri ve mikro elementlerce zengin bir gıda oluşu nedeniyle milletlerin dikkatini çekmektedir. Günlük 150 g su ürünleri tüketimi yetişkin bir insanın günlük protein ihtiyacının %50-60'ını karşıladığı bildirilmektedir (FAO 2018). Dünyada yıllık kişi başı ortalama su ürünleri tüketimi 1961 yılında 9 kg iken, 2015 yılı itibari ile ortalama 20,2 kg ulaşmıştır. Son 55 yılda su ürünleri tüketimi yıllık ortalama 1,5 kg artmıştır (FAO 2018). Ancak ülkemizde balık tüketimi artmak yerine azalmaktadır. Ülkemiz su ürünleri tüketimi 2000 yılında 8 kg iken 2017 yılında bu rakam 2,5 kg düşerek 5,5 kg olarak gerçekleşmiştir.

Önemli miktarlarda gelir getiren su ürünleri yetiştiriciliğinin öncelikli amacı insan gıdası üretim olsa da hobi sahipleri için süs balıkları, su bitkileri üretimi ve doktor balığı

gibi ihtiyoterapide kullanılan balıkların üretimi de son yıllarda önem kazanan üretim kollarıdır.

Çelik vd. (2014) bildirdiğine göre 2011 yılında dünyada toplam 717 milyon Amerikan doları civarında süs balığı ithalat-ihracatı yapıldığı tahmin edilmektedir. Dünya akvaryum sektörünün, canlı balık ticaretine ilaveten diğer yan ürünlerin ticareti ile birlikte 15-30 milyar dolarlık bir hacme ulaştığı gözlenmektedir. Türkiye ise 3,5 milyon Amerikan doları ithalat ile 23. sırada, 13 bin Amerikan doları ihracat ile 74. sırada, toplamda ise 210 ülke içerisinde 35. sırada yer almaktadır. Canlı süs balığı ithalatında Amerika öncü ülke iken, ihracatında Singapur öncü ülke olarak ön plana çıkmaktadır.

Canlı süs balığı ihracatında Singapur 42 milyon Amerikan doları ile zirvede yer almaktadır. Çöl iklimine yakın bir yerde bulunan su sıkıntısı çeken İsrail'in canlı süs balığı ihracatında 7. sırada yer alması ile soğuk bir coğrafyada yer alan Çek Cumhuriyeti'nin canlı süs balığı ihracatında 4. sırada yer alması, bu ülkelere nazaran daha iyi bir iklim ve çevresel şartlara sahip ülkemizin 74. sırada yer alması düşündürücüdür. Singapur ihraç ettiği balıklar arasında çalışmamızın konusunu oluşturan Fish-SPA merkezlerinde kullanılan doktor balığı (*Garra rufa*) da yer almaktadır (Çelik vd. 2014).

Ülkemizin canlı süs balığı ticaretinin geliştirilmesinde, anavatanı ülkemiz olan Kangal Kaplıcaları'nda da bulunan Kangal balığı ve diğer bir adlandırmayla doktor balıkları olarak isimlendirilen *Garra rufa*'nın üretilmesi ve iç ve dış pazarlara satılması önemli katkı sağlama potansiyeline sahiptir. Doktor balıklarının yetiştiriciliğinin yaygın bir şekilde yapılabilmesi için bu balıkların termal biyolojisinin bilinmesi önemlidir.

Bu balığın doğal yaşam alanları olarak Dicle-Ceyhan Havzası, Kuveyt ve Ürdün havzaları ile Karun nehri ve Basra Körfezi drenajları gibi İran'ın iç suları dahil olmak üzere Irak ve Türkiye'yi içine alacak şekilde Basra Körfezi'nden Doğu Akdeniz'e kadar uzanan bölgedeki nehir havzalarını kapsar (Coad 2013).

Doktor balıkları fish spa merkezlerinde ihtiyoterapi amaçlı kullanılması ile birlikte akvaryumlarda süs balığı olarak, kozmetik endüstrisinde ve bazı ülkelerde kurutulmuş balık olarak insan tüketiminde kullanılan ihracat değeri yüksek bir balık türüdür. Aynı zamanda ana vatanının ülkemiz olması yetiştiriciliğinin yapılabilmesini cazip kılmaktadır. Ülkemiz balık faunasında da bulunan doktor balığı (*Garra rufa*)'nın ihtiyoterapide kullanılabilirliği ilk olarak Sivas-Kangal kaplıcalarında tesadüfen keşfedilmiştir. Kangal kaplıcalarında sedef tedavisinde kullanılan balığın ünü buradan dünyaya yayılmıştır.

Doktor balıkları günümüzde özellikle turizm bölgelerinde oldukça popüler hale gelen balık masajında yoğun olarak kullanılmaktadır. Kangal Kaplıcaları'nda yüksek su sıcaklıklarında yaşayabilen bu tür doğada mevsimsel su sıcaklıkları ile karşı karşıya kalmaktadır. Yetiştiriciliği ilk başlarda Alman bir firma tarafından başlatılan doktor

balıkları günümüzde Uzak doğu ülkelerinde bol miktarda üretilerek dünya piyasasına arz edilmektedir. Ülkemizde yeni başlatılan bazı araştırmalar yanında hobi sahipleri tarafından az miktarda üretilmekte olan bu türün termal biyolojisi hakkında fazla bilgi yoktur. Balık masaj salonlarında tedavi amaçlı kullanımında 30 dakikalık bir tedavi süresi için 15 Dolar gibi bir ücret alındığı çeşitli gazete haberlerine konu olduğu görülmektedir. Ülkemizde bazı araştırma enstitülerinde yetiştirme denemeleri yapıldığı bilinmektedir. Ancak ülkemizde hali hazırda tam anlamıyla bir yetiştiricilik söz konusu değildir.

Doktor balığı günümüzde tüm dünyada pedikür ve balık masajı maksadıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Kaplıcalarda yüksek su sıcaklığında yaşayabilen bu tür, dağılım gösterdiği su sistemlerinde doğal termoperiyotta daha düşük su sıcaklıklarında yaşayabilmektedir. Sivas'taki kaplıcalarda 36-37 °C su sıcaklığında yaşayabilen bu balıklar sıcak su balığı olarak görülmekte ve su sıcaklıkları farklılık arz eden diğer kaplıcalar ve spa merkezlerinde bulunabilmektedir. Ülkemizden yasal olmayan yollardan çıkarılan bu balıklar yurt dışında (Almanya, Singapur, Tayvan, Vietnam gibi Uzakdoğu ülkeleri) üretimi yapılarak dünya pazarına gönderilmektedir. Hatta ülkemize de ithal edilerek otel ve turizm merkezlerinde balık masajı hizmetlerinde kullanılması oldukça yaygın bir hal almıştır.

Doktor balıkları ile ilgili olarak yapılan çalışmalar incelendiğinde çalışmaların balığın sistematığı, biyolojisi, genetiği, morfolojisi üzerine yoğunlaştığı görülmektedir. Tez çalışmasının başladığı tarihlerde bu balığın termal biyolojisi üzerine yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanılamamıştır. Bu tez çalışmasında balığın yaşamında önemli olan üç farklı sıcaklığa alıştırıldıktan sonra kademeli olarak ısıtma veya soğutma yapılarak balıkların yaşadığı alt ve üst termal aralığı belirten CTMaks ve CTMin değerleri belirlenmiştir.

Diğer taraftan, son yıllarda dikkatleri üzerine çeken küresel ısınma ve iklim değişikliği konusu önümüzdeki yıllarda etkisini ve önemini dahada arttırarak güncelliğini ve ciddiyetini koruyacaktır. Küresel ısınma ve iklim değişikliği tüm dünyada buzulların erimesi denizlerde su seviyesinin yükselmesi, su akıntı sistemlerinde değişiklik, tuzluluğun değişimi gibi birçok parametreyi değiştirirken en önemlisi su sıcaklığını arttırmaktadır. Yine aynı şekilde iç sularda da su sıcaklıklarının artması, aşırı buharlaşma nedeniyle göllerin ve ırmakların su seviyesinde ve debilerinde azalmalar kaçınılmaz görünmektedir. İklım değişikliğinin sucul ekosistem üzerine önemli etkilerinin olması kaçınılmaz bir durumdur (Cochrane vd. 2009). Bu nedenle doğal sucul ekosistemde bulunan balıklar küresel ısınma ve su sıcaklığı değişimlerinden etkilenecektir.

Balıkların termal biyolojisinin bilinmesi iklim değişikliklerinde ve su ürünleri yetiştiriciliğinde balığın termal dayanımı hakkında bilgi verecek, balığın yaşadığı ortamdaki sıcaklık değişimiyle birlikte değişen su parametrelerinin balık üzerinde oluşturduğu stres ve biyokimyasal değişimler hakkında bilgi sahibi olmamıza yardım edecektir. Ayrıca denemeler sonucunda doktor balığı yetiştiriciliği için önemli olabilecek



olan alışma tepki oranı (ATO), termal tolerans aralığı (TTA), termal tolerans poligonu ve alanları ve canlanma oranları tespit edilerek sektörün ve bilimin kullanımına sunulması amaçlanmaktadır.



## 2. KAYNAK TARAMASI

### 2.1. Doktor Balığı (*Garra rufa*)'nın Sistematığı, Biyolojisi ve Morfolojisi

Doktor balığı olarak bilinen *Garra rufa* sazangiller (Cyprinidae ) familyasına ait göçmen olmayan, bentopelajik, küçük, dişsiz bir balık türüdür. Sivas'ın termal sularında (kaplıçalarda) doğal olarak yaşayan bu balık aynı zamanda Kangal balığı olarak da isimlendirilmiştir. *Garra rufa* hızlı hareket eden suyu tercih etmelerine rağmen küçük havuz ve göllerde de bulunurlar (Krupp ve Schneider 1989). Kayaların ve su içinde bulunan bitkilerin arasında saklanırlar. Bu balıkların yaşamlarını sağlıklı bir şekilde sürdürebilmesi için uygun su kalitesi ve türün yaşamını sürdürdüğü optimum su sıcaklık toleransı değerlerine ihtiyaç duyar. Bu balıkların doğal su sıcaklıkları 38 °C'ye ulaşabileceği bazı açık termal kaplıçalarda yaşayabildikleri araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Su sıcaklık istekleri 15–28 °C arasında değişen subtropik bir türdür. Yaşadıkları suyun pH'sı 7.0-7.4 arasında değişmektedir (Kuru vd. 2010). Boyutları 3 cm ila 10 cm arasında değişen bu balıkların doğal ömrünün 5-7 yıl olduğu söylenmektedir. İran'da yapılan ölçümlerde balık boyu en fazla 13 cm uzunluğunda tespit edilmiştir (Esmaceli ve Ebrahimi 2006). Ölçeksiz bir kafa, iki çift barbut, yapışkan bir zihinsel disk ve sikloid pullar bu türün bazı özellikleridir (Şekil 2.1) (Jarvis 2011).



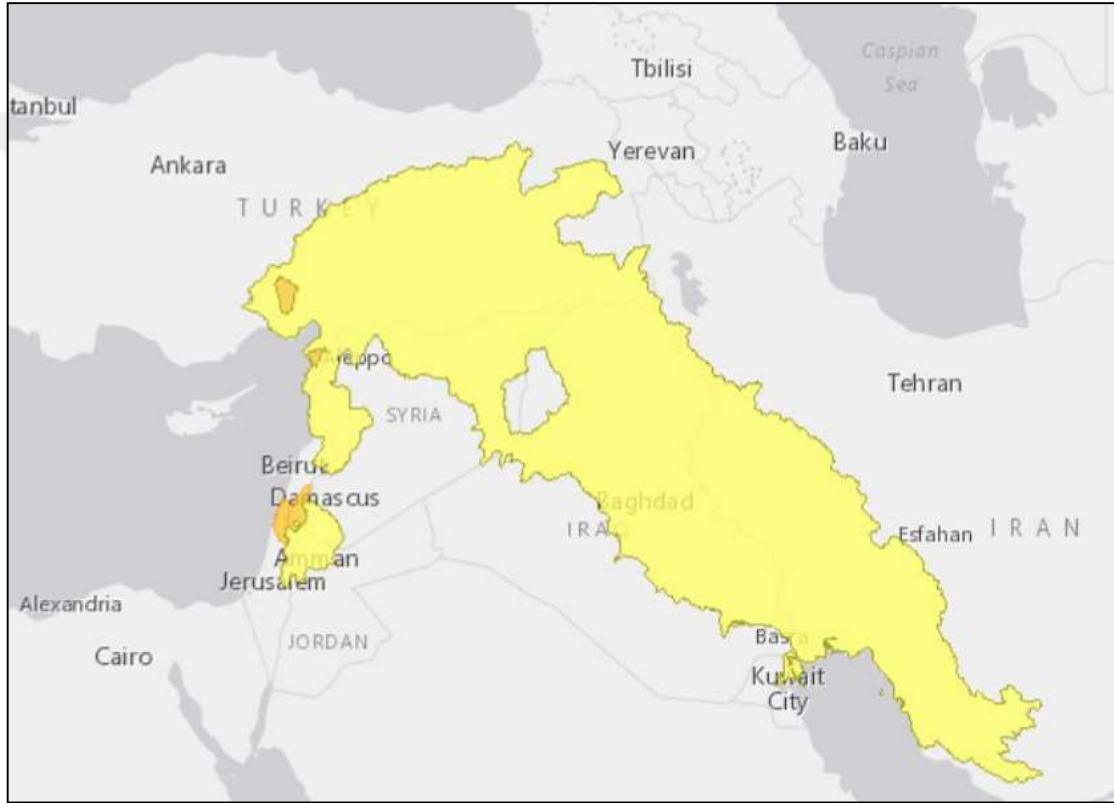
Şekil 2.1. *Garra rufa* (Anonymous1)

#### Doktor balığın bilimsel sistematığı (ITIS 2011)

- Alem :Animalia
- Şube :Chordata
- Altşube :Vertebrata
- Üst sınıf :Osteichthyes
- Sınıf :Actinopterygii
- Altsınıf :Neopterygii

- Infra sınıf :Teleostei
- Üst Takım : Ostariophysy
- Takım :Cypriniformes
- Aile :Cyprinidae
- Cins :Garra Hamilton, 1822
- Tür :Garra rufa (Heckel, 1843)

*Garra rufa* türü, Dicle-Ceyhan Havzası, Kuveyt ve Ürdün havzaları ile Karun nehri ve Basra Körfezi drenajları gibi İran'ın iç suları dahil olmak üzere Irak ve Türkiye'yi içine alacak şekilde Basra Körfezi'nden Doğu Akdeniz'e kadar uzanan bölgedeki nehir havzalarında doğal olarak dağılım gösterir (Şekil 2. 2) (Coad 2013).



**Şekil 2.2.** *Garra rufa*'nın doğal yaşam alanları (Anonymous 2)

*Garra rufa* alg, diatom, plankton ve küçük omurgasızlar gibi organizmaların biyofilmleri ile beslenen omnivor bir türdür (Coad 2013). Yapılan bir çalışmada Asi nehri havzasında yaşayan *G.rufa*'nın sindirim sistemi içeriği analiz edildiğinde *G. rufa* tarafından tüketilen besin çeşitlerinin çoğu fitoplanktonik organizmalar iken, besin içeriklerin çok az bir kısmı zooplanktonik organizmalardan oluştuğu bildirilmiştir. Araştırmacılar, fitoplanktonik organizmalardan *Navicula*'nın en fazla tüketilen besin maddesi çeşidi (% 31.2), *Cocconeis* ve *Diatoma*'nın ise en az tüketilen besin maddesi çeşidi olduğunu bildirmişlerdir (Demirci vd. 2016).

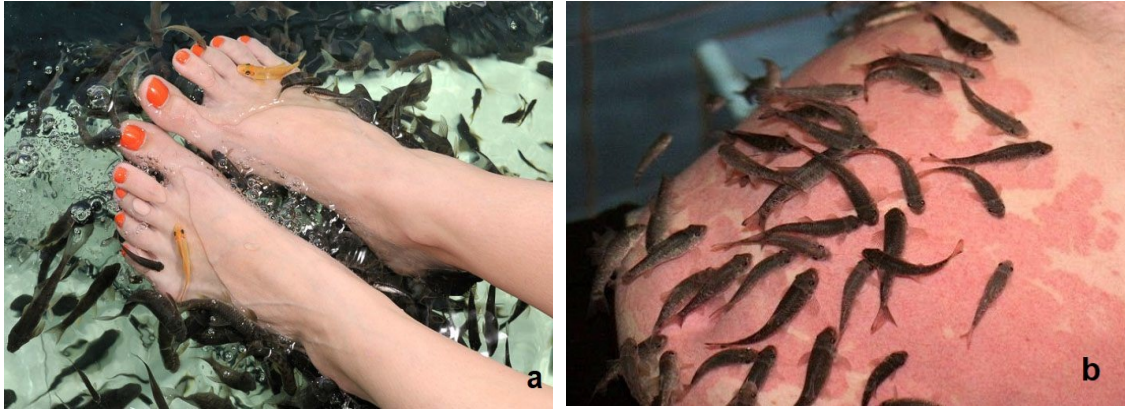
*G. rufa*'nın besinini oluşturan fitoplankton epipelik, epilitik ve epifitik özelliklere sahip bentik alglerdir. Bu bentik alglerin büyük bir kısmı *Bacillariophyta*'ya ait

organizmalardan oluşmaktadır. *G. rufa*'nın *Bacillariophyta* üyelerini tercih etmesinin ana sebebi, balıkların ağzının yapısı nedeniyle bu türlerin bentikte otlanırken nispeten kolay alınması olarak ifade edilmiştir (Demirci vd. 2016). Türkiye’de Sivas ilinin Kangal ilçesi civarındaki termal kaplıca sularında yoğun dağılım gösterdiği tespit edilen bu balıkların şifa edici özelliklerinin keşfi ise 19. Yüzyılın başlarına dayanmaktadır.

## 2.2. Doktor Balığı (*Garra rufa*)’nın Kullanım Alanları

Doktor balıkları ihtiyoterapide sedef hastalığı, egzema ve nörodermit tedavisinde alternatif bir tedavi yöntemi olarak kullanılmaktadır. Bu tür, 1960 yılından itibaren Sivas Kangal Balıklı Kaplıcaları’nda sedef hastalığının tedavisinde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Undar vd. 1990). İhtiyoterapi cilt hastalıkları ve cilt yenilenmesinde popüler bir uygulama olarak son yıllarda ön plana çıkmaya başlamıştır. Akupunktur noktalarını uyardığıda söylenmektedir (Wildgoose 2012).

Kangal Kaplıcalarında keşfedildikten sonra 1980’li yıllarda Almanya’ya taşınan bu balıklar bugün tüm dünyada SPA merkezlerinde ve yeni oluşan balık masaj salonlarında sağlık, pedikür, manikür ve masaj maksatlı olarak kullanılmaktadır (Coad 2010) (Şekil 2.3). İnternetteki Fish SPA sitelerinde cilt hastalıkları tedavisinde bu balıkların faydalı olmasının nedenleri arasında bu balıkların yeni cildin büyümesine yardımcı olan Diathanol olarak adlandırılan bir enzimi tükürüklerinde salgıladıkları, ülkemizdeki kaplıcalardaki suyun selenyum içeriği ile birlikte bu enzim sayesinde balık ölü cildi yumuşatarak uzaklaştırabileceği söylene de bu türün tükürük ürettiği henüz kanıtlanmamıştır (Wildgoose 2012).



**Şekil 2.3.** a) Fish SPA merkezinde manikür yapan doktor balıkları (Anonymous 3); b) Doktor balıklarının ihtiyoterapide sedef hastalığı tedafisinde kullanılması (Anonymous 4)

Ayak spalarında gerçekleştirilen “nibbling” davranışının, açlık tarafından teşvik edildiği bildirilmiştir (Wildgoose 2012). Doktor balıkları cilt hastalıkları tedavisinde hasta ve turistleri yıl boyunca Kangal kaplıcalarına çekmektedir. Diğer taraftan Hatay yöresinde Asi nehri çevresindeki halkın balıkları besin olarak tükettikleri de bilinmektedir (Demirci vd. 2016). Aynı zamanda ülkemizde ve dünyada Fish SPA merkezlerinde, sağlık turizminde, kozmetik endüstrisinde ve akvaryumlarda süs balığı olarak kullanılan bu türün kültürü oldukça önemlidir.

## 2.2. Balıklarda Termal Biyoloji

Her balık türünün kendine has termal limitleri vardır ve su sıcaklığındaki dalgalanmalara fizyolojik ve davranışsal olarak farklı tepkiler vermektedir (Dengiz Balta vd. 2017). Sıcaklığın balık biyolojisi üzerinde geniş etkileri olmasına rağmen, çoğu tatlı su balık türünün termal tolerans aralığı bilinmemektedir. Bu bilgi eksikliği, iklim değişikliğinin balık biyolojisi ve fizyolojisine yönelik etkilerinin tahmin edilmesini engellemektedir. Ektotermik canlılar olan balıklar vücut sıcaklığını fizyolojik yollarla düzenleyemezler ve vücut sıcaklıkları içerisinde bulunduğu suyun sıcaklığına göre değişir (Moyle ve Cech 2004; Akhan vd. 2016a,b). Su sıcaklığı ve dolayısıyla balıkların vücut sıcaklıkları balıkların fizyolojisini, enerji kullanımı, termal tolerans, büyüme, üreme ve gelişme, gibi önemli biyolojik ve fizyolojik özelliklerini etkilemektedir (Johnston ve Bennett 1996). Ayrıca, sıcaklık, metabolik hız ve fizyolojik etkinlik üzerindeki etkisi nedeniyle balıklar dahil olmak üzere ektotermikler için önemlidir (Martínez vd. 2016).

Sıcaktan etkilenen biyolojik ve davranışsal bazı balık özellikleri, yiyecek arama ve yem arama yeteneği (Persson 1986), lokomotor kapasitesi, eş seçimi (Johansen 1985), çiftleşme tercihleri (Johansen 1985), cinsel olgunluk (Kuparinen vd. 2011) gibi hayati özelliklerdir. Bu nedenle, su sıcaklığı balık biyolojisi üzerinde en etkili abiyotik faktör olarak kabul edilir (Brett 1971). Su sıcaklığındaki değişim balığın fizyolojik özellikleri ve suyun fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerindeki etkisi oldukça yüksektir. Organizmalar sıcaklıktaki değişikliklere maruz kaldıklarında, tolerans sınırları içinde kalmak için çeşitli stratejiler sergiler. Böylece hayati biyolojik ve fizyolojik olaylar devam ettirilir. Sıcaklığın herhangi bir türün biyolojisi üzerindeki etkisini incelemek için atılan ilk adımlardan biri, termal tolerans aralığını belirlemektir. Balıklar, değişen sıcaklıklarda bulunduğu habitatlarda yaşamlarını olumsuz etkileyen zorluklarla başa çıkabilmek için davranışsal, fizyolojik ve biyokimyasal tepkiler geliştirmiştir (Beitinger ve McCauley 1990; Beitinger ve Lutterschmidt 2011; Dabruzzi vd. 2013). Davranışsal termoregülasyon, çevre sıcaklığındaki değişimlere ilk cevaptır ve tercih daha yaşanabilir habitatlara kaçma tepkileriyle karakterizedir (Wallman ve Bennett 2006).

Termal olarak heterojen ortamlarda yaşayan balıklar metabolik süreçlerin daha yüksek verimlilikte meydana geldiği termal optimum sıcaklığı seçerler (Fry 1971). Sıcaklık değişimine karşı fizyolojik tepkiler balıklarda ikinci savunmadır (Dabruzzi vd. 2013). Balıklarda sıcaklık toleransları ve tercihleri kısmen türlerin ve popülasyonların evrimsel tarihi tarafından belirlenir (Jobling 1994; Beitinger ve Bennett 2000). Ancak, birçok tatlı su balığı türü için termal biyolojileri hakkında bilgiler eksiktir. Tropikal balık türleri genel olarak iklim değişikliklerine karşı daha duyarlı oldukları bilinmektedir (Deutsch vd. 2008; Sheldon vd. 2011). Bununla birlikte, sıcaklık tolerans aralıkları ile ilgili veriler, tropikal tatlı su balıkları türleri için az sayıdadır. Tropikal türler için kararlı bir su kalitesi koşulunun sürdürülmesi çok önemlidir. Doğal termoperiyotlara maruz kalan akarsu türleri daha dalgalı bir sıcaklığa maruz kalırken, resif türleri daha istikrarlı bir çevrede yaşamaktadır (Uribe vd. 2011).

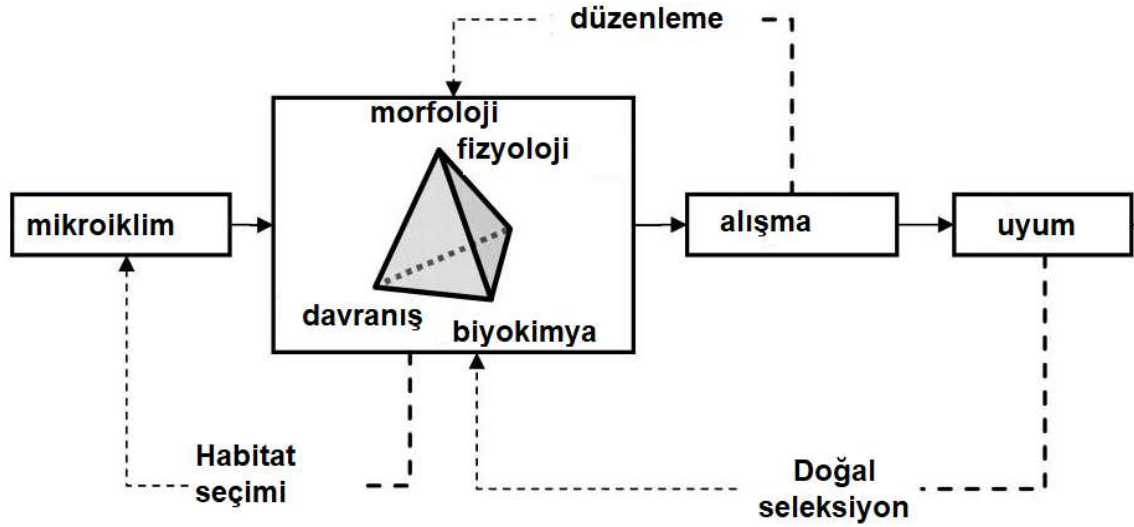
Balık gibi poikiloterm canlıların tüm yaşamında sıcaklık anahtar rol oynamaktadır. Her balık türü için değişen optimum su sıcaklıkları balıklarda iştahın, beslenmenin ve büyümenin en hızlı olduğu sıcaklık değerleridir. Düşük su sıcaklıklarına

karşı toleranslı olan ancak aynı zamanda tropik ve subtropik bir tür olan *Garra rufa* türünde, 24°C'nin altındaki su sıcaklıklarında sindirim hızı ve iştah da azalabilir.

Balıklar optimum su sıcaklıklarında iyi yem alırlar ve beslenirler buna bağlı olarak hızlı büyürler. Optimum su sıcaklığı balık türleri arasında önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Optimum su sıcaklığı soğuk su balıklarında 12-17 °C, ılıman iklim bölge balıklarında 20-22 °C, tropik balıklarda ise 27-30 °C arasında değişim göstermektedir (Jobling 1994). Diğer taraftan balık yaşının ve büyüklüğünün metabolizmayı ve büyümeyi etkilediği bilinmektedir. Balıklar gibi ektoterm canlılarda, su sıcaklığındaki herhangi bir değişiklik, kilit fizyolojik süreçlerin ve davranışların birçoğunu doğrudan etkilemektedir (Brett ve Groves 1979; Jonassen vd. 1999 ). Balıkların vücut sıcaklığı genellikle içinde buldukları suyun sıcaklığının yaklaşık 0.1 ila 1 °C üzerindedir (Reynolds 1977). Claireaux ve Lefrançois (2007) bildirdiğine göre Fry (1947)'a göre farklı abiyotik çevresel faktörler organizmaları beş farklı şekilde etkilemektedir. Bu faktörler: 1) Kontrol faktörü (örneğin sıcaklık) metabolizmadaki biyokimyasal ve biyofiziksel reaksiyonları yönetir; 2) Sınırlayıcı faktörler (örneğin oksijen ve amonyak) aktif metabolik hızı etkiler; 3) Maskeleyen faktörleri (örneğin tuzluluk) bir organizmanın aktivitesini kısıtlar ve organizma homeostazisini korumak daha fazla enerji kullanmak durumunda kalır ve enerji kullanımını artırır; 4) Ölümcül faktörler (örneğin toksik kirleticiler) metabolik işlemleri durdurur ve organizmanın ölümüne yol açarlar; 5) Yönlendirici faktörler (örneğin fotoperiyot) organizmayı potansiyel olarak daha uygun fizyolojik ve habitat koşullarına yönlendirir.

Su sıcaklığının balıklar gibi ektoterm olan organizmaları nasıl etkilediği Şekil 2.4'de özetlenmiştir. Seçilmiş bir habitatı karakterize eden mikroklima, büyük ölçüde, davranış için operasyonel çerçeveyi oluşturan üçlü fizyoloji - biyokimya - morfolojisini belirlemektedir. Balıkların çevre sorunlarıyla karşı karşıya kaldığında yaşadığı süreçler ve gösterdiği performans, Claireaux ve Lefrançois (2007)'in Huey (1991)'den değiştirdiği üç geri besleme döngüsü ile Şekil 2.4'de özetlenmiştir. İlk döngü düzenleyici fizyolojik mekanizmaları özetler, ikinci döngü çevresel koşulların etkisinin davranışsal olarak azaltılmasını ve son döngü tüm organizma bileşenlerini potansiyel olarak etkileyen uzun vadeli evrimsel değişiklikleri içermektedir.

Sıcaklığın aşırı uçlarda olması durumunda beslenmeyle alınan maddeler büyüme gelişmekte kullanımdan ziyade hayatta kalma faaliyetlerinde kullanılmaktadır. Belirli bir periyot içinde sıcaklık değiştiğinde, metabolizma ve normal hücre fonksiyonu için gerekli proteinler ve enzimler şekil veya işlevini değiştirirler ve metabolik fonksiyonlarını yerine getirmezler. Bu durumda balıkların hayatta kalma yetenekleri sınırlandırılır. Yüksek sıcaklıklarda balıklarda hücresel proteinlerin ve enzimlerin şekil ve fonksiyonlarını korumak için hücreler içinde ısı şoku proteinleri üretilir, böylece ortam yaşanabilir bir duruma dönüşene kadar balıklar yaşamaya devam edebilir (Roberts vd. 2010).



**Şekil 2.4.** Habitat koşullarının bir organizmanın aktiviteleri üzerine etkisi (Claireaux ve Lefrançois 2007). Noktalı çizgiler geri bildirim döngülerini göstermektedir

Yüksek sıcaklıklar sucul yaşamın kimyasal reaksiyonlarını artırır, ancak eşik değerini aşan yüksek sıcaklık değişiklikleri su yaşamını genellikle bozar (Chatterjee vd. 2004). Her balığın tolere edebileceği bir sıcaklık aralığı vardır, bunun ötesinde termal stres yaratır. Bu tür aşırı sıcaklık değişimleri, normal hayatta kalma işlevlerinde önemli bir rahatsızlık yaratabilir (Beitinger vd. 2000). Balıkların metabolizmaları için enerji üretmek üzere oksijen ihtiyacı vardır. Bu nedenle, balıkların daha iyi büyümesi için, akvaryum suyundaki çözülmüş oksijeni optimum seviyeye getirmek esastır. Belirli bir tür için optimum sınırların ötesindeki sıcaklık, daha sonraki oksijen ihtiyacını artırarak suda yaşayan hayvanların sağlığını olumsuz yönde etkiler. Bu nedenle su sıcaklığındaki küçük değişiklikler tatlı su balıkları için önemli sonuçlar doğurabilir (Poole ve Berman 2001; Chatterjee vd. 2004).

Beitinger et al. (2000)'ün bildirdiğine göre balıkların sıcaklık toleransı ile ilgili kantitatif laboratuvar çalışmaları 1912 yılında başlayan 1950'li yıllarda artarak devam etmiş ve farklı türler üzerinde yapılan birçok çalışma sonucu yayınlanmıştır. Süregelen bu çalışmalarda her durumda rastgele seçilmiş balıkların belirli bir zaman aralığında tolere edebildikleri termal limitlerin ortalaması yada ortası alınarak istatistiksel olarak kabul edilebilir bir indeks oluşturulması hedeflenmiştir. Bu çalışmaların neticesinde balıklarda termal limitlerin belirlenmesinde kullanılan ve evrensel olarak kabul gören üç yaklaşım ortaya çıkmıştır. Bu tekniklerden ilki "Fry" veya ilk ölümleri başlatan sıcaklık tekniği (Incipient Lethal Temperature:ILT), ikincisi kronik öldürücü metottur (Chronic Lethal Method CLM) ve üçüncüsü kritik termal metot (Critical Thermal Method: CTM). Bu tekniklerin üçü de balıkların sıcaklık tolerans yeteneklerini hesaplamak için sayısız çalışmada kullanılmıştır. Her üç yaklaşım da bir türün sıcaklık toleransı ile ilgili farklı olsa da değerlidir (Beitinger vd. 2000). Fry veya ILT yönteminde farklı alıştırmaya sıcaklıklarında tutulan balıklar yüksek yada düşük sıcaklığa maruz bırakılarak %50'sinin öldüğü değerler belirlenir. Kronik sıcaklık deneylerinde bulunan balıklar dakikada yaklaşık 1-2 °C/d sıcaklık değişimine maruz bırakılarak bulunur. Kritik termal metodoloji

(CTM) sıcaklık toleranslarını, özellikle balıkların nispi veya karşılaştırmalı toleransını karakterize etmek için ikinci bir laboratuvar yaklaşımıdır. CTM'de, genellikle belirli sıcaklıklara bağlı olan rastgele bir balık örneği, önceden tanımlanmış ölüm öncesi belirtileri görülünceye kadar sıcaklıkta sabit bir lineer artış veya azalmaya maruz kalır. Uç nokta (sırasıyla kritik termal maksimum veya minimum, (CTMaks ve CTMin), lokomotor hareketlerinin düzensiz olduğu ve bir balık nihayetinde ölümüne yol açabilecek koşullardan kaçma yeteneğini kaybettiği ölüm öncesi termal nokta olarak tanımlanır. Bu yaklaşımda öldürücü sıcaklıklar balık öldürülmeden tahmin edilmektedir. Termal biyoloji çalışmalarında kullanılan CTM metodu ve hedeflenen unsurlar aşağıdaki alt başlıklarda özetlenmiştir (Beitinger vd. 2000).

### 2.3.1. CTM metodolojisi

Kritik termal minimum-maksimum metodu balıklarda termal toleransın hesaplanmasında nispeten az sayıda birey gerektiren ve ölümcül olmayan bir prosedür olarak yaygın olarak kullanılan metottur (Lutterschmidt ve Hutchinson 1997a; Beitinger vd. 2000). Bu metotta, CTMaks ve CTMin değerlerin belirlenmesinde öncelikle organizmalar farklı sıcaklıklara alıştırılır. Alıştırma işleminden sonra deneysel organizmalar sabit ve kademeli olarak sıcaklık dakikada  $0.3^{\circ}$  C'lik artış veya azaltılarak balıklarda karakteristik denge kaybı (Hernández ve Bückle 2002) ve operkulum hareketlerinde bir duraklama (Chung 1981), ters dönme, dokunulduğunda tepki vermeme, hareketsiz kalma, kas spazmı (Rajaguru 2002) gibi olgular gözlenene kadar maruz bırakılır. Bu metotla belirlenen bu değerler deneyde kullanılan o balık türü için belirlenen fizyolojik üst ve alt sınırlar olarak kabul edilir (Cox 1974; Becker ve Genoway 1979; Beitinger vd. 2000). Denge kaybı çalışmalarda daha az can kaybı için en tutarlı ve güvenilir işaret olarak kullanılabilir.

Her balıkta ayrı sıcaklık değerlerinde oluşan CTMaks ve CTMin değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak CTMaks ve CTMin değerleri balık grupları için hesaplanır (Lutterschmidt ve Hutchinson 1997a). CTMaks, artan sıcaklığa maruz kalan balıkların denge kaybı gösterdiği sıcaklık olarak tanımlanmıştır (Currie vd. 1998; Beitinger vd. 2000). CTM değerleri 30 günlük alışma döneminden sonra belirlenmiştir. Balık fizyolojisi üzerinde mevsimsel veya iklimsel değişikliklerden kaynaklanan termal dalgalanmalar büyük bir etkiye sahip olabilir (Ospina ve Mora 2004). CTMaks ve CTMin'in belirlenmesiyle, türün hayatta kalabileceği termal alan olan termal tolerans poligonu tahmin edilmiştir (Lutterschmidt ve Hutchinson 1997b; Beitinger vd. 2000). Balıklar, türlere göre sıcaklık değişimlerine karşı farklı dirençlere ve toleranslara sahiptir (Behrends vd. 1990).

Her türün kendine ait alt minimum ve maksimum limitlerden oluşan bir termal tolerans aralığı bir de refah içerisinde yaşadığı, optimum büyüdüğü optimum sıcaklık aralığı vardır (Katersky ve Carter 2007). Sıcaklık değişimleri neticesinde oluşan metabolik strese bağlı olarak organizmadaki oksijen ihtiyacı artar ve organizma hastalıklara duyarlı hale gelir (Wedemeyer vd. 1999 ) Termal alt ve üst limiti belirlenmek istenen balıklar CTM testi sırasında son sınır noktasına (denge kaybı görülene kadar) ulaşıncaya kadar, deney kabındaki su alıştırma sıcaklığından başlayarak sabit bir oranda ısıtılır veya soğutulur. CTM denemesi sırasında ısıtma ve soğutma oranı yeterince yavaş olması gereklidir. Daha sonra alt ve üst termal sınırlar için ilk olgu gözlenince balık hızla



alınarak başlangıçtaki alıştıırılan sıcaklığa geri dönerse hayatta kalması beklenir. Becker ve Wolford (1980), CTM yöntemi, kimyasal strese maruz bırakılan balıkların termal limitlerini ölçme ve belirlemede kullanılan en etkili ve hassas yöntem olduğunu bildirmektedir.

### 2.3.2. Alıştırma tepki oranı (ATO)

Alıştırma tepki oranı balığın kritik termal sınırdaki değişimin, alıştırma sıcaklığındaki değişime oranıdır ( $\Delta CT / \Delta Ta$ ); ATO değeri organizmaların çevresel duyarlılıklarını değiştirerek termal duyarlılıklarını ayarlayabilme derecesini göstermektedir. Termal tolerans türlere, alıştırma sıcaklığına, alıştırma süresi ve tuzluluğa göre değişkenlik gösterebilmektedir. Yapılan çalışmalar organizma yaşının ve alıştırma sıcaklığının termal tolerans çalışmalarında dikkate alınması gereken önemli bir faktör olduğunu göstermektedir (Manush vd. 2004; Das vd. 2004; Das vd. 2005; Diaz vd. 2007; Ficke vd. 2007).

Genel olarak, daha yüksek aklimasyon sıcaklıklarında yaşayan balıklar, yüksek sıcaklık değişimlerine tolerans gösterebilmektedir. Ancak düşük aklimasyon sıcaklıklarında yaşayan balıklar düşük sıcaklık düzeylerine de daha fazla tolerans göstermektedirler (Aziz ve Greenwood 1981). Sudaki hayvanların düşük ve yüksek sıcaklıklara toleransının nicel olarak değerlendirmesi, kritik termal metodoloji (CTM) sayesinde yapılabilir (Cowles ve Bogert 1944).

CTM, balıkların ölümle sonuçlanabilecek koşullardan kaçma yeteneğini yitirdiği termal noktaların aritmetik ortalamasıdır (Lowe ve Vance 1955; Cox 1974). CTM, ekolojik olarak uygun bir ölümcül endekstir, çünkü doğada bulunan balıklar, bu tür sıcaklıklara, tolerans sınırlarının dışında zamana bağlı akut dalgalanmalar olarak yaşarlar (Brett 1956; Hutchison 1976).

CTMaks ve CTMin değerleri, sıcaklık değişim miktarı, balıkların boyutu, balıkların stres durumu ve su toksisitesinden etkilenir (Baker ve Heidinger 1996; Beitinger vd. 2000). Alıştırma tepki oranı (ATO) organizmanın termal alışkanlığının büyüklüğünün indeksidir (Claussen 1977; Re vd. 2005). Coğrafi sıcaklık gradyanına bağlıdır (Herrera vd. 1998). Tropik türlerin ılıman bölgelerdeki türlere göre daha yüksek ATO değerlerine sahip oldukları gözlemlenmiştir (Herrera vd. 1998; Re vd. 2005).

Kritik termal alt ve üst limit (CTMaks ve CTMin) değerlerin bilinmesi iklimde meydana gelen olağanüstü değişikliklerin sucul ortamda meydana getireceği abiyotik ve biyotik stres faktörlerine karşı önceden önlem almayı sağlar. CTM denemelerinde oksijen seviyesinin termal sınırların belirlenmesinde bir sınırlayıcı olmasının engellenmesi için denemelerde oksijen seviyesi belli değerlerin altına düşmesi engellenmelidir (Beitinger vd. 2000).

### 2.3.3. Termal tolerans poligonu

Bir türe ait termal poligonlar, CTM metodolojisine uygun olarak yapılan denemelerde her bir alıştırma sıcaklığı grubundaki balıklarda gözlemlenen CTMaks ve CTMin değerlerini, en düşük ve en yüksek tolerans aralıklarını temsil eden iki çizgi arasında kalan alan olarak tanımlanabilir. Poligonun üst ve alt çizgileri, sırasıyla, her bir

tür için CTMaks ve CTMin değerlerini birleştirir. Termal tolerans, türlerin yaşanabilir tüm termal aralıklarını kapsayan termal tolerans poligonuyla gösterilir. Termal tolerans verileri, türlerin küresel ısınmayla veya endüstriyel deşarjlarla ilişkili su sıcaklığındaki değişiklikleri tolere edebilme kabiliyetlerini tahmin etmek ve önlem almak için oldukça yararlıdır (Eme ve Bennett 2009).

Sıcaklık değişikliklerine cevap vermenin diğer yolu da davranışsal termoregülasyondur. Poikilotermik hayvanlar, mevcut bir sıcaklık gradyanı içinde mevcut olan en ideal sıcaklığa fiziksel olarak hareket ederek davranışsal olarak termoregülasyon gerçekleştirirler (Reynolds ve Casterlin 1979). Termal tolerans poligon alanı balık ekolojisi ve dağılımı hakkında önemli bilgiler sağlar ve balık türünün sıcaklığa bağlı hayatta kalma stratejilerini belirlemek için kullanılır. Termal tolerans poligon alanı (°C<sup>2</sup>) olarak gösterilir. Tolerans bölgesi, alıştırma sıcaklık aralığı ile değişmektedir (Bennett ve Beitinger 1997).

Çok geniş sıcaklık aralığında yaşayan habitatlardan gelen balıkların geniş poligon alanlara sahip olacağı, diğer yandan da stabil habitatlardan gelen balıkların ise nispeten küçük poligonal alanlarda yaşayabildiği bilinmektedir. Termal tolerans poligonların belirlenmesi, hem balık ekolojisini anlamak hem de yetiştiricilik ortamı hazırlayabilmek açısından önemli bilgiler vermektedir (Martínez vd. 2016). Termal tolerans verileri türlerin sulardaki küresel ısınma veya endüstriyel deşarjlardan kaynaklı sıcaklık değişimlerini tolere etme yeteneklerini tahmin etmek için de faydalıdır (Walters vd. 2012). Diğer bir yandan küresel hava sıcaklıklarının önümüzdeki yarım yüzyılda ortalama 1,5 ila 4,5 °C artabileceğinin tahmin edilmesi durumunun önemini ortaya koymaktadır (NRC 1983).

#### 2.4. Önceki Çalışmalar

Doktor balıkları ile ilgili olarak yapılan çalışmalar incelendiğinde çalışmaların balığın sistematığı, biyolojisi, genetiği, morfolojisi üzerine yoğunlaştığı görülmektedir. Projeye başladığımız tarihlerde bu balığın termal biyolojisi üzerine yapılmış herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Doktor balıkları ile yapılan bazı çalışmalar şunlardır. Esmaeili Ebrahimi (2006), Abedi vd. (2011) ve Geremew vd. (2015) orta ve güneybatı İran'da bu balığın üreme biyolojisini incelemiştir. Gözükara ve Cavas (2004) ve Gorshkova vd. (2012) sırasıyla Doğu Akdeniz ve Ürdün'de *G. rufa'nın* karyolojisini incelemiştir. Kozánek vd.(2012) *Aeromonas sobria'nın* neden olduğu *Garra rufa* mortalitesini incelemiştir. Tutar vd. (2012) *Cyprinion macrastomus* ve *Garra rufa obtusa'dan* HSP 70'in saflaştırılması ve karakterizasyonu incelemiştir. Kuru vd.(2010) *Garra rufa'nın* gastrointestinal sistemindeki endokrin hücreleri incelemiştir. Bardakci vd. (2000) Doktor balıklarında sürekli ve dalgalanan sıcaklıklarda oogenezin karşılaştırılması ile ilgili bir çalışma yapmışlardır. Dorafshan vd. (2015) İran'da *Garra rufa* (Heckel, 1843) popülasyonlarının morfolojik çeşitliliğini incelemiştir.

Wildgoose (2012) *Garra rufa'nın* balık masajı ve ayak pedikürü amaçlı kullanımı hakkında balık refahı ve halk sağlığı kaygılarının gözden geçirilmesi üzerine bir çalışma yapmıştır. Heisteringer vd. (2011) Kangal balıkları (*Garra rufa*) kullanarak yapılan ihtiyoterapide potansiyel mikrobiyolojik risklerin analizini yapmıştır.

Durna vd (2009) bu türün Anadolu'daki popülasyonlarında genetik çeşitliliğini araştırmıştır. Arzu ve Ergene (2009) Türkiye'den 4 farklı bölgeden doktor balığının sitogenetik çeşitliliği araştırmışlardır. Patimar vd. (2010), İran'ın batısındaki *Garra rufa* popülasyonlarında bazı biyolojik yönlerini çalışarak yayınlamıştır. Shabani vd. (2013) İran'ın Khuzestan Eyaletindeki *G. rufa* popülasyonlarının genetik yapısını mikrosatellit belirteçler kullanarak incelemiştir. Vazirzadeh vd. (2014) Ovaprim kullanarak *G. rufa'nın* üremesinin teşvik edilerek elde edilen yumurta ve larvaların yaşama oranlarını araştırmışlardır.

Doktor balıklarının termal biyolojine yönelik kapsamlı bir çalışmaya rastlanılamamıştır. Ancak diğer balık türlerinde ve su canlılarında termal biyolojilerinin belirlenmesine yönelik çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Farklı balık türleriyle ilgili CTM değerleri ve termal tolerans poligonu ile ilgili yapılmış çok sayıda çalışmalar mevcuttur.

Ford ve Betienger, (2005), japon balığında kronik termal alt üst limitleri dört farklı alıştırma sıcaklığında (5, 15, 25, 35 °C) tutulan balıklar için belirleyerek ortalama alt ve üst termal limitleri 0,3 ile 12,6 °C ve 30,8 ile 43,6 °C olarak bildirmişlerdir. Herrera vd. (1998) *Macrobrachium rosenbergii* juvenileri ve postlarvaları için en düşük ve yüksek termal limit değerlerini belirlemişlerdir. Currie vd (1998) üç farklı alıştırma sıcaklığında tutulan gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*), kanal yayını (*Ictalurus punctatus*), siyah levrek (*Micropterus salmoides*) türlerinde kritik alt ve üst termal limitleri belirlemişlerdir. Bennett ve Beitinger (1997) Tathisu balığı olan *Cyprinodon variegatus* için 5 ve 30 °C alıştırma sıcaklıklarında tutmuşlar ve termal limit ve termal poligonu belirlemişlerdir. Rajaguru ve Ramanchandran (2001), üç acisu balığında (*E. suratensis*, *T. jarbua* ve *A. commersoni*) minimum ve maksimum termal limitleri belirlemişlerdir. Bu türlere ait termal limitleri *E. suratensis* için 16,5-41,58 °C, *T. jarbua* için 13,5-40,68 °C, *A. commersoni* için 15,5-38,58 °C olarak bildirmişlerdir. Manush vd. (2004), 30 gün üç alıştırma sıcaklığında (25, 30, 35 °C) tutulan *Macrobrachium rosenbergii* türünde oksijen tüketim oranı ile birlikte minimum ve maksimum termal değerleri belirlemişlerdir.

Das vd. (2004), sazangillere mensup rohu (*Labeo rohita* Hamilton, 1822), *Catla catla* (Hamilton, 1822) ve *Cirrhinus mrigala* (Hamilton, 1822) türlerini 26, 31, 33 ve 36 °C'ye alıştırmışlar ve bu sıcaklık gruplarda CTM değerlerini belirleyerek yayınlamışlardır. Yine başka bir araştırmacı grubu Chatterjee vd.(2004) iki farklı sazan türünde (*C. carpio* ve *L. rohita*) kritik termal limitleri belirlemiştir. Debnath vd. (2006), üç farklı alıştırma sıcaklığında tutulan *P. pangasius* yavrularının termal toleransını belirlemişlerdir. Kır ve Kumlu (2008a; 2008b), farklı tuzluluktaki dört farklı su sıcaklığına (14, 20, 26, 32 °C) *Penaeus semisulcatus* 'u alıştırmışlar ve bu türün termal alt-üst sınırlarını ve lethal üst sınırlarını belirlemişlerdir. Kumlu vd. (2010), bir pasifik karidesi olan *Litopenaeus vannamei* post-larva ve juvenilerinde kritik termal limitleri araştırmışlardır.

Bazı balık türlerinde yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen CTMaks, CTMin, ATO, termal tolerans poligon alanları aşağıdaki Çizelge 2.1.'de özetlenmiştir.

**Çizelge 2.1.** CTM denemeleri yapılan bazı balık türleri için elde edilen veriler

BALIK TÜRLERİ	ALİŞTİRMA SICAKLIKLARI	CTMaks	CTMin	ATO	Poligon Alanı (°C <sup>2</sup> )	ARAŞTIRICI
<i>Micropterus salmoides</i>	20,25,30°C	35.4-38.5°C	3.2- 10.7°C	-	-	Currie vd. (1998)
<i>Ictalurus punctatus</i>	20,25,30°C	36.4-40.3°C	2.7- 9.8°C	-	-	Currie (1998)
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	10,15,20°C	28-29.8°C	0.0-2.0°C	-	-	Currie (1998)
<i>Cyprinodon variegatus</i>	5, 21 ve 38°C	34.6-44.2°C	0.6-11.3°C	-	1470°C <sup>2</sup>	Beitinger vd. (2000)
<i>Etroplus suratensis</i>	20, 25, 28, 30 ve 35°C	41.5°C,	16.5°C	-	512°C <sup>2</sup>	Rajaguru ve Ramanchandran (2001)
<i>Therapon jarbua</i>	20, 25, 28, 30 ve 35°C	40.6°C	13.5°C	-	629°C <sup>2</sup>	Rajaguru ve Ramanchandran (2001)
<i>Ambassis commersoni</i>	20, 25, 28, 30 ve 35°C	38.5°C	15.5°C	-	442°C <sup>2</sup>	Rajaguru ve Ramanchandran (2001)
<i>Siganus javus</i>	28°C	39.5°C	-	-	-	Rajaguru (2002)
<i>Lates calcarifer,</i>	28°C	44.5°C	-	-	-	Rajaguru (2002)
<i>Liza dussumeri</i>	28°C	44.5°C	-	-	-	Rajaguru (2002)
<i>E. suratensis</i>	20°C-35°C	39.75°C-43.5°C	-	0.25	-	Rajaguru (2002)
<i>Therapon jarbua</i>	20°C-35°C	40.75°C-43.15°C	-	0.20	-	Rajaguru (2002)
<i>Poecilia sphenops</i>	20, 23,26, 29, 32 ve 35°C	38.8-43°C	7.5- 12.5°C	-	959°C <sup>2</sup>	Hernández ve Bückle (2002)
<i>Acanthopagrus latus</i>	10, 25 ve 32°C	34.8-38.2°C	4.9- 9.4°C	-	-	Jian vd. (2003)
<i>Pterophyllum scalare</i>	20, 24, 28 ve 32°C	38.4-42.1°C	-	0.33-0.44	-	Pérez vd., (2003)
<i>Labeo rohita</i>	26, 31, 33 ve 36°C	40.63-42.86°C	13.73-15.58°C	-	744.8°C <sup>2</sup>	Das vd. (2004)

Çizelge 2.1.'in devamı

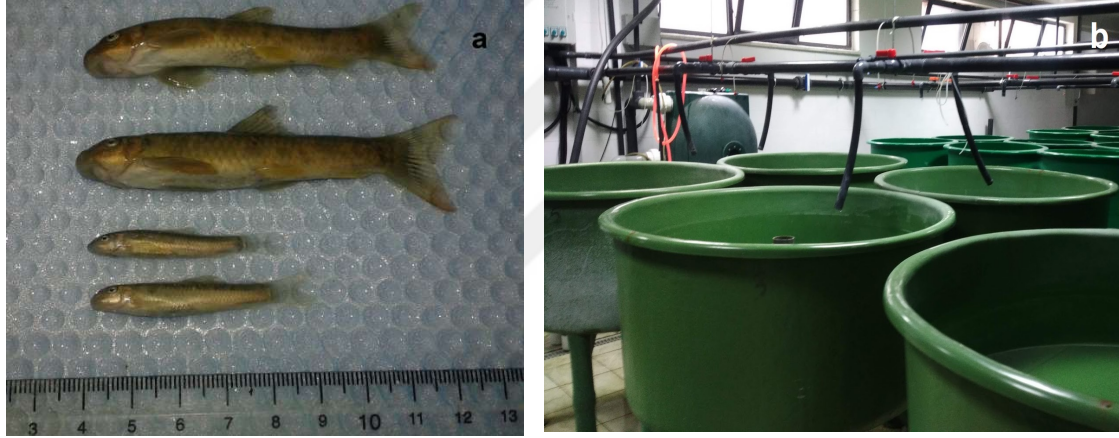
<i>Catla catla</i>	26, 31, 33 ve 36°C	40.45- 42.73°C	13.92-15.63°C	-	728.8°C <sup>2</sup>	Das vd. (2004)
<i>Cirrhinus mrigala</i>	26, 31, 33 ve 36°C	42.25- 43.07°C	12.12- 13.95°C	-	801.8°C <sup>2</sup>	Das vd. (2004)
<i>Cyprinus carpio</i>	25, 30 ve 35°C	39.7- 42.9°C	8.4-10.2°C	0.18- 0.32	311.6°C <sup>2</sup>	(Chatterjee vd. 2004)
<i>Lutjanus guttatus</i>	26,5°C	37.5°C	<i>Halichoers dispilus</i> (15.6°C)	-	-	Ospina ve Mora (2004)
<i>Apogon pacifici</i>	26,5°C	35°C	<i>Cirrithichthys oxycephalus</i> (10°C)	-	-	Ospina ve Mora (2004)
<i>Cyprinodon macularius</i>	25,30°C	40°C- 41.3°C	-	0.26	-	(Carveth vd. 2004)
<i>Rhinichthys osculus</i>	25,30°C	34.4°C- 35.8°C	-	0.28	-	(Carveth vd. 2004)
<i>Carassius auratus</i>	5, 15, 25 ve 35°C	30.8- 43.6°C	0.3-12.6°C	-	1429°C <sup>2</sup>	Ford vd. (2005)
<i>Pseudosciaena crocea</i>	28°C	35°C	-	-	-	Quanzhen vd. (2005)
<i>Pangasius pangasius</i>	30, 34 ve 38°C	42.68- 44.05°C	12.37- 17.22°C	-	231°C <sup>2</sup>	Debnath vd. (2006)
<i>Horabagrus brachysoma</i>	15, 20, 26, 31,33, 36°C	34.86- 42.79°C	13.17-16.39°C	-	526.6°C <sup>2</sup>	Dalvi vd. (2009)

Yukarıda balıklarda termal limitlerin belirlenmesinde kullanılan ve evrensel olarak kabul gören üç yaklaşımdan sadece kritik termal metot kullanılarak yapılmış çalışmalar özetlenmiştir. Bu yöntemden farklı olarak kullanılan termal metodolojilerden “Fry” veya ilk ölümleri başlatan sıcaklık metodu (Incipient Lethal Temperature:ILT) ve kronik öldürücü metot (Chronic Lethal Method CLM) kullanılarak yapılan çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Ancak, bu tez çalışmasında kritik termal metodoloji kullanılarak doktor balıkların kritik termal sınırlarının belirlenmesi amaçlandığı için burada bahsedilmemiştir.

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Balık Materyali

Çalışmalarda kullanılan 120 adet ortalama  $0,85 \pm 0,04$  g ağırlığında ve  $4,39 \pm 0,08$  cm total boya sahip küçük ve 120 adet ortalama  $4,07 \pm 0,22$  g ağırlığa ve  $7,48 \pm 0,13$  cm total boya sahip büyük balık olmak üzere iki farklı boydaki 240 adet doktor balığı *Garra rufa* (Heckel, 1843) Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Akdeniz Su Ürünleri Araştırma ve Uygulama Müdürlüğünden (AKSAM) temin edilmiştir (Şekil 3.1.a). Yapılacak tüm deneyler için gerekli etik izin Akdeniz Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'ndan (11.04.2017 tarih ve 45 sayılı) alınmıştır. Üniteye getirilen balıklar 1,2 m çapında 2 adet yuvarlak fiberglas tanklara her tankta 120 küçük 120 adet büyük balık olacak şekilde stoklanmıştır (Şekil 3.1.b). Adaptasyon tanklarında  $22-24^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta 1 hafta boyunca tutularak yeni ortama alışmaları sağlanmıştır.



**Şekil 3.1. a)** Deneylerde kullanılan küçük ve büyük boy doktor balıkları; **b)** Küçük ve büyük boy balıkların tutulduğu alıştırma tankları

#### 3.2. Deneysel Tasarım ve Balıkların Alıştırma Sıcaklıklarına Adaptasyonu

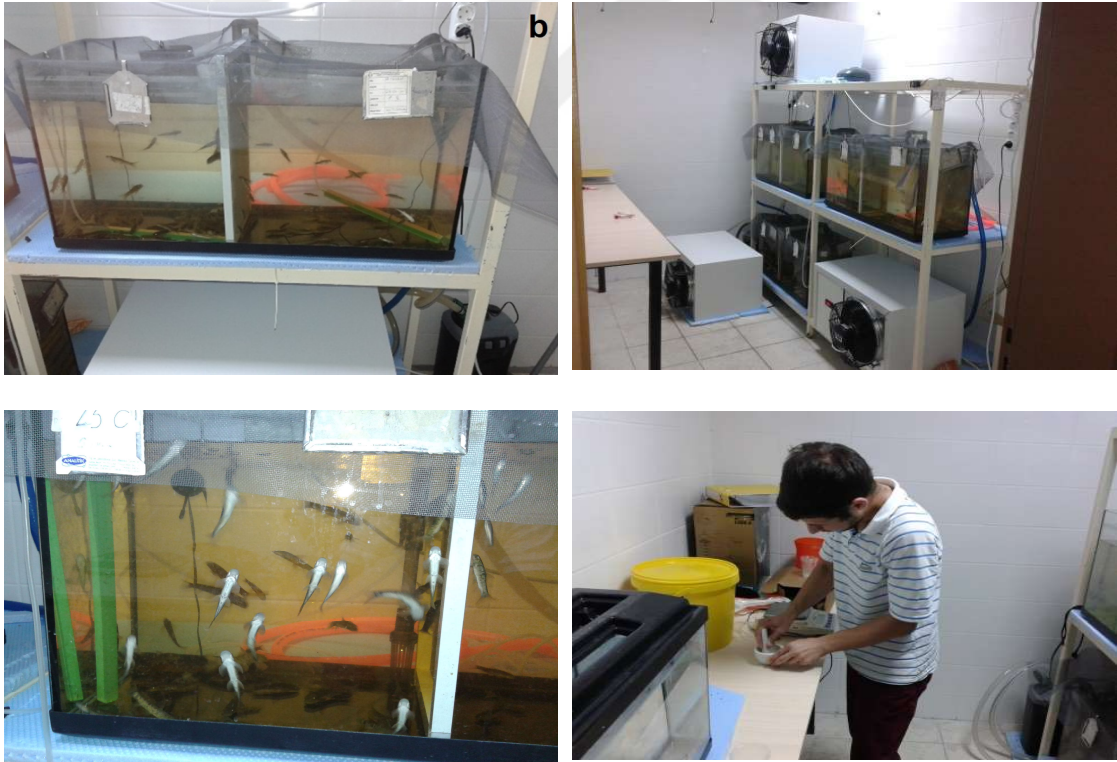
İlk adaptasyon tanklarından alınan balıklar aynı su parametrelerine sahip her biri tel ızgara ile ikiye bölünmüş (70 lt +70 lt.) iki bölmeden oluşan 140 litrelik (0,5 m x 0,8 m x 0,35 m) üç akvaryuma her bir bölmede 40 adet küçük balık, 40 adet büyük balık olacak şekilde stoklanmıştır. Balıklar alıştırma akvaryum bölmelerine yerleştirilmeden önce  $50 \mu\text{l/l}$  dozunda 2-Fenoksietanol (Merck OHG, Hohenbrunn, Almanya) kullanılarak bayıltılmış ve ağırlık ve boyları ölçülerek kaydedilmiştir (Çizelge 3.1.). Üç akvaryuma transfer edilen balıklar akvaryum şartlarına adapte olduktan sonra, akvaryum suları CTM denemelerindeki üç farklı alıştırma sıcaklığına ( $15^{\circ}\text{C}$ ,  $25^{\circ}\text{C}$ ,  $35^{\circ}\text{C}$ ) ısı pompası (2500 KCal, Akuakare LTD., Muğla-Türkiye) ile günde  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  ısıtma veya soğutma işlemi yapılarak CTM denemelerindeki üç farklı sıcaklık değerlerine  $15^{\circ}\text{C}$ ,  $25^{\circ}\text{C}$ ,  $35^{\circ}\text{C}$  ayarlanmıştır. Her iki boydan 40 adet balık üç farklı su sıcaklığına adapte olana kadar ısıtma veya soğutma işlemlerine bir ay devam edilmiştir. Alıştırma dönemi boyunca,

akvaryumlardaki su sıcaklığı günlük dijital termometre ile ölçülmüştür. Su sıcaklığı, alıştırma döneminde ısı pompası ile korunmuştur.

**Çizelge 3.1.** Denemelerde kullanılan büyük ve küçük boy doktor balıklarına (*Garra rufa*) ait boy ve ağırlık verileri

Balık büyüklüğü	Değişken	Gruplar		
		15 °C (n=40)	25 °C (n=40)	35 °C (n=40)
Büyük boy	Total boy (cm)	7,51±0,19 <sup>a</sup>	7,63±0,24 <sup>a</sup>	7,15±,20 <sup>a</sup>
	Ağırlık (g)	4,04±0,30 <sup>b</sup>	4,42±0,72 <sup>b</sup>	3,67±0,35 <sup>b</sup>
Küçük boy	Total boy (cm)	4,27±0,13 <sup>c</sup>	4,43±0,13 <sup>c</sup>	4,54±0,14 <sup>c</sup>
	Ağırlık (g)	0,85±0,06 <sup>d</sup>	0,80±0,05 <sup>d</sup>	0,91±0,10 <sup>d</sup>

Veriler ortalama ± standart hata olarak verilmiştir. Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ( $p<0,05$ ).



**Şekil 3.2.** Deneylerde balıkların 3 farklı alıştırma sıcaklığında tutulduğu sistemin genel görünümü

Adaptasyon dönemi boyunca 140 L akvaryumlardaki oksijen değerleri ölçülmüştür. Bir hava motoru ve hava taşları ile sürekli havalandırılan akvaryumlarda çözülmüş oksijen değeri 7 mg/l üstünde tutulmuştur.

Alıştırma periyodu boyunca balıklar % 45 ham protein , % 20 ham yağ ,% 3 ham selüloz ve % 6 nem içeren ticari akvaryum yemi ile günde iki kez saat 09.00 ve 16.30'da doyana kadar beslenmiştir. Deneme süresince akvaryumlarda suyun oksijen içeriği ve sıcaklığı yemleme öncesinde günde iki defa ölçülerek kaydedilmiştir. Akvaryumlarda yenmeyen yem ve dışkıları her gün sifonlanma ile günlük olarak temizlenmiştir. Sudaki amonyum ve nitrat seviyesi günlük olarak yapılan ölçümlerle takip edilmiştir. Toksik etki yapacak düzeylere erişmesi engellenmiştir.

Akvaryum suyu haftada bir defa dinlendirilmiş musluk suyu kullanılarak ve ısı pompası ile su sıcaklığı alıştırma sıcaklığına ayarlandıktan sonra toplam akvaryum hacminin %20-30 oranında ilave edilerek değiştirilmiştir. Yine günlük yapılan sifonla çıkan su, ısıtılmış veya soğutulmuş suyla (15, 25 ve 35 °C'ye) tamamlanmıştır.

#### 3.4. CTMin ve CTMaks Denemeleri

Farklı iki boydaki doktor balıklara ait termal alt ve üst sınırların belirlenmesi için her sıcaklık grubundan 24 saat aç bırakılmış, tesadüfen seçilerek alınan 20 adet balık ısı pompası ile su sıcaklığı deneyde kullanılacak alıştırma sıcaklığı grubuna göre 15, 25 ve 35 °C'ye ayarlanmış 30 litre (0,3 x0,2 x0,5 cm) termal deney akvaryumuna alınmıştır (Şekil 3.3). Deney sırasında termal deney akvaryumu hava motoru ve hava taşıyla havalandırılarak oksijenlendirilmesi sağlanmış ve çözülmüş oksijen 7 mg/l üzerinde tutulmuştur. Deneyler sırasında pH 7,5-8 arasında ölçülmüştür. Kritik termal minimum değeri belirlemek için akvaryum suyu 0,3 °C/dk soğutulmuş balıklarda denge kaybı görülene kadar soğutulmuş ve termal minimum değerleri (CTMin) her balık için ayrı ayrı kaydedilmiştir. Yine aynı şekilde üç farklı su sıcaklığına alıştırılmış doktor balıklarından küçük ve büyük boy olmak üzere her defasında 20 balık önceden sıcaklığı ayarlanmış 30 litrelik akvaryuma transfer edilerek akvaryum suyu 0,3 °C'dk hızında ısıtılarak balıkların denge kaybı gerçekleşinceye kadar su ısıtılmaya devam edilmiş ve her balık için termal maksimum (CTMaks) değeri kaydedilmiştir. Böylece iki farklı boydaki balıklar ve üç farklı alıştırma sıcaklığına ait gruplar için toplamda 120 adet balıkta CTMin, 120 adet balıkta da CTMaks değerleri belirlenmiştir.

Kritik termal minimum-maksimum değerleri balıkların dengesini kaybettiği andaki su sıcaklığı olarak kabul edilmiştir (Beitinger ve McCauley 1990). Termal alt ve üst limit değeri her balık için bireysel olarak kaydedilerek verilerin aritmetik ortalaması CTM değeri olarak alınmıştır. CTM hesaplamaları Beitinger vd. (2000)'ye göre gerçekleştirilmiş, alıştırma tepki oranı (ATO) ise Claussen (1977) bildirdiği gibi hesaplanmıştır (Formül 3.1). Termal deneyler sırasında dengesini kaybeden balıklar acilen tanktan çıkartılarak canlandırma tankındaki su sıcaklığı alıştırma su sıcaklığına doğru aşamalı olarak ulaştırılmasıyla balıkların canlandırılması sağlanmıştır. Termal deneylerden sonra üç farklı alıştırma sıcaklıklarındaki farklı boydaki balıklarda elde



edilen kritik termal minimum (CTMin) ve kritik termal maksimum (CTMaks) değerleri kullanılarak her iki boy balık grubu için balıkların termal tolerans poligonu, termal tolerans aralığı (TTA) hesaplanmıştır (Formül 3.2).

$$ATO = \frac{\Delta CT_{maks} \text{ veya } \Delta CT_{min}}{\Delta T} = \frac{CT_{m2} - CT_{m1}}{AT_2 - AT_1} \quad (3.1)$$

$$TTA = CT_{Maks} - CT_{Min} \quad (3.2)$$



**Şekil 3.3.** Termal deneylerde kullanılan ısı pompası ve termal deney akvaryumu

### 3.5. Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışmalarda farklı gruplardan elde edilen, CTMin ve CTMaks değerleri ve diğer veriler SPSS (Ver. 23.0) paket programı kullanılarak %95 güven aralığında tek yönlü varyans analizine (ANOVA) tabi tutularak değerlendirilmiştir. Ortalamalar arasındaki fark Duncan çoklu karşılaştırma testine tabi tutularak gruplandırılmıştır.

## 4. BULGULAR

### 4.1. Doktor Balıklarının Kritik Termal Sınırları (CTMin/CTMaks)

Alıştırma periyodu sonunda yapılan CTM denemeleriyle belirlenen CTM değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Balıkların tolere edebildikleri en düşük sıcaklık değerlerinin (CTMin), büyük balıklarda  $3,04 \pm 0,03$  ile  $10,21 \pm 0,19$ °C arasında değiştiği hesaplanmıştır. Küçük balıklarda ise  $3,27 \pm 0,11$  ile  $10,88 \pm 0,14$ °C arasında değiştiği hesaplanmıştır. Balıkların tolere edebildikleri en yüksek sıcaklık değerlerin (CTMaks), büyük balıklarda  $36,99 \pm 0,26$  ile  $42,87 \pm 0,06$  °C arasında değişmektedir. Küçük balıklarda ise  $35,51 \pm 0,36$  ile  $43,05 \pm 0,09$ °C arasında değiştiği bulunmuştur.

Termal üst limit denemelerinde 35 °C dereceye alıştıran gruplardan küçük balıklar daha yüksek sıcaklık değerlerine dayanabilirken ( $43,05 \pm 0,09$ ), 15 °C dereceye alıştıran gruplardan büyük boy balıklar daha yüksek CTM değerlerine ( $36,99 \pm 0,26$ ) sahip olduğu belirlenmiştir. Aksine termal alt limit denemelerinde 35 °C dereceye alıştıran gruplardan büyük balıklar daha düşük sıcaklık değerlerine dayanabilirken ( $10,21 \pm 0,19$ ), diğer grup ve alıştırmaya sıcaklıkları için aradaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

**Çizelge 4.1.** Büyük ve küçük boy doktor balıklarında (*Garra rufa*) kritik termal tolerans limitleri

Değişken	Balık büyüklüğü	Alıştırma sıcaklığı °C		
		15 °C	25 °C	35 °C
CTMaks	Büyük boy (n=20)	$36,99 \pm 0,26^a$	$39,60 \pm 0,12^c$	$42,87 \pm 0,06^d$
	Küçük boy (n=20)	$35,51 \pm 0,36^b$	$39,72 \pm 0,10^c$	$43,05 \pm 0,09^d$
CTMin	Büyük boy (n=20)	$3,04 \pm 0,03^e$	$8,17 \pm 0,22^f$	$10,21 \pm 0,19^g$
	Küçük boy (n=20)	$3,27 \pm 0,11^e$	$8,09 \pm 0,27^f$	$10,88 \pm 0,14^h$

Veriler ortalama  $\pm$  standart hata olarak verilmiştir. Tabloda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak fark önemlidir ( $p < 0,05$ ).

Düşük alıştırmaya sıcaklığında tutulan balıkların (örneğin 15 °C) yüksek alıştırmaya sıcaklığında (örneğin 25 °C) tutulan balıklardan daha düşük sıcaklıklara tolerans gösterdiği aksine yüksek su sıcaklığına (örneğin 35 °C) alıştıran grupların ise düşük sıcaklığa (örneğin 15 °C) alıştıran gruplara göre daha yüksek sıcaklığa tolerans gösterdikleri görülmüştür. Yani alıştırmaya sıcaklıkların yükselmesiyle birlikte balıkların dayanabildiği en yüksek ortalama sıcaklık değerleri yükselirken aynı zamanda balıkların dayanabildiği en düşük sıcaklık değerlerin ortalaması da yükselmiştir. CTMin değerleri alıştırmaya sıcaklık derecesinin artışıyla birlikte büyük boy balıklarda  $3,04$  °C’den  $10,21$  °C’ye yükselmiştir. Küçük boy balıklarda  $3,27$  °C’den  $10,88$  °C’ye yükselmiştir. Balıklarda CTMaks değerleri incelendiğinde; büyük boy balıklarda alıştırmaya sıcaklık derecesinin artışıyla  $36,99$  °C’den  $42,87$  °C’ye yükselirken küçük boy balıklarda  $35,51$  °C’den  $43,05$  °C’ye yükselmiştir ( $p < 0,05$ ).

#### 4.2. Alıştırma Tepki Oranı (ATO)

Yapılan hesaplamalar neticesinde alıştırma tepki oranı değerleri (ATO) büyük balık boyunda, 15-25 °C aralığında 0,26-0,51, 25-35 °C aralığında 0.20-0.33 ve 15-35 °C aralığında ise 0,29-0,36 arasında değişmiştir. ATO değeri küçük balık boyunda ise 15-25 °C aralığında 0,42-0,48, 25-35 °C aralığında 0,28-0,33 ve 15-35 °C aralığında 0,37-0,38 arasında değişim göstermiştir.

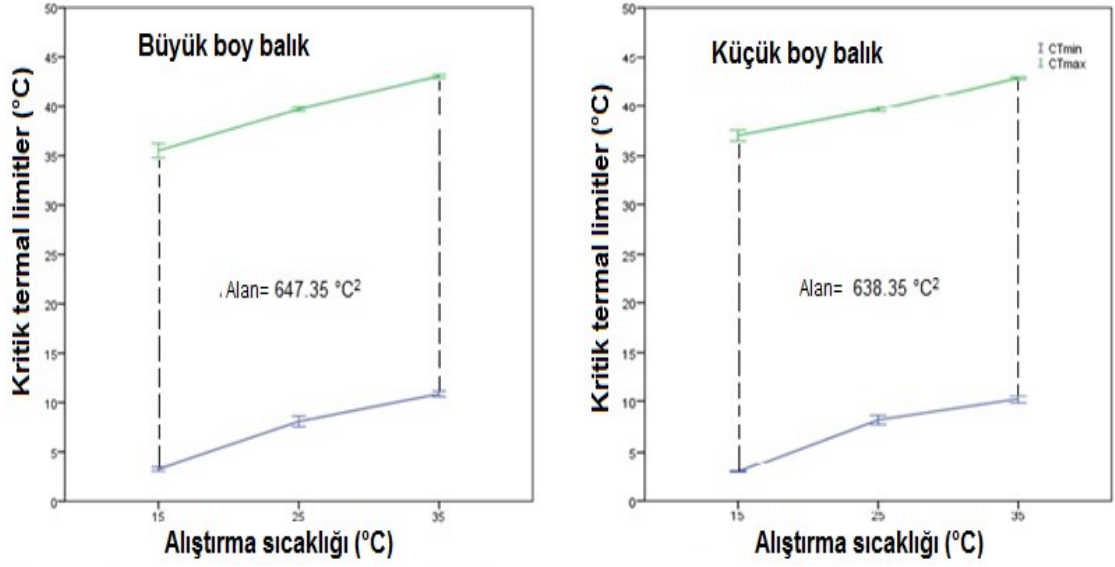
Alıştırma tepki oranı (ATO) balıkların sıcaklık değişimine göstermiş olduğu fizyolojik tepkiyi belirlemede önemli bir gösterge olarak kabul edilmektedir. Çalışma sonuçları, her iki boy balık grubu için yüksek  $\Delta T$  değerlerinin yüksek  $\Delta CTM$  değerine yol açtığını ve bunun sonucunda daha iyi ATO değerine olanak sağladığını göstermektedir (Çizelge 4.2.). 25-35 °C sıcaklık aralığı hariç küçük ve büyük boy balıklarda soğuğa toleransının sıcağa karşı toleransına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

**Çizelge 4.2.** Büyük ve küçük boy doktor balıklarında üç farklı alıştırma sıcaklığı için (15, 25, 35 °C) alıştırma tepki oranı (ATO)

Balık Boyu	İlk sıcaklık (°C)	Son Sıcaklık (°C)	$\Delta T$	$\Delta CTM$	ATO
Büyük boy (CTmaks)	15	25	10	2,61	0,261
	25	35	10	3,27	0,327
	15	35	20	5,88	0,294
Büyük boy (CTmin)	15	25	10	5,02	0,502
	25	35	10	2,04	0,204
	15	35	20	7,17	0,358
Küçük boy (CTmaks)	15	25	10	4,21	0,421
	25	35	10	3,33	0,333
	15	35	20	7,54	0,377
Küçük boy (CTmin)	15	25	10	4,82	0,482
	25	35	10	2,79	0,279
	15	35	20	7,61	0,381

#### 4.3. Termal Tolerans Poligonu

Alıştırma sıcaklığı ve balık boyuna göre gruplardan elde edilen kritik termal sınırlar kullanılarak oluşturulan termal poligon ve termal poligon alanı Şekil 4.1'de görülmektedir. Üç alıştırma sıcaklığına göre hesaplanan termal tolerans poligon alan değerleri küçük balık boyu için 638,35 °C<sup>2</sup>, büyük balık boyu için 647,35 °C<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Türler gere göre hesaplanan termal poligon alanlarının deneyde kullanılan organizmanın yaşam evresi ve alıştırma sıcaklığına bağlı olarak değiştiği bilinmektedir. Bu çalışmada da büyük boy balıkların küçük boy balıklara göre daha geniş termal değişime tolerans gösterdiği (647,35 > 638,35 °C<sup>2</sup>) görülmüştür.



Şekil 4. 1. Üç farklı su sıcaklığına (15, 25, 35 °C) alıştıran büyük ve küçük boydaki doktor balıklarına ait termal tolerans poligon alanı

#### 4.3. Termal Tolerans Aralığı

Termal tolerans aralığı 15 ve 35 °C sıcaklığa alıştıran büyük balıklarda küçük balıklara göre daha yüksek bulunurken (sırasıyla 33,95>32,24 °C ve 32,66> 32,17 °C) TTA değeri 25 °C derece alıştırmaya sıcaklığında tutulan büyük balıklar için daha düşük hesaplanmıştır (31,43<32,17 °C). Büyük boy balıkların küçük boylara göre daha geniş bir aralıktaki sıcaklık değerlerinde yaşayabildiği görülmüştür. Ancak balık boyuna göre yapılan istatistiksel karşılatırmada ortalamalar arasındaki fark istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Hem büyük hem de küçük boy balıklarda en dar sıcaklık aralığı 25 °C alıştırmaya sıcaklığı grupları için bulunmuştur (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Büyük ve küçük boy doktor balıklarında (*Garra rufa*) kritik termal tolerans aralığı

Alıştırma sıcaklığı	Termal Tolerans Aralığı	
	Büyük Boy Balık	Küçük Boy Balık
15 °C	33,95	32,24
25 °C	31,43	31,63
35 °C	32,66	32,17
<b>Ortalama</b>	32,68 ± 0,72	32,01 ±,19

## 5. TARTIŞMA

Sıcaklığın balık biyolojisi üzerinde geniş etkileri olmasına rağmen, çoğu tatlı su balık türünün termal tolerans aralığı bilinmemektedir. Bu bilgi eksikliği, iklim değişikliğinin o balık türünün biyolojisi ve fizyolojisine yönelik etkilerinin tahmin edilmesini engellemektedir. Sıcaklık, balıkların fizyolojisini, enerji kullanımını, termal toleransını, büyüme, üreme ve gelişme, gibi hayati özelliklerini etkilemektedir (Johnston ve Bennett 1996). Su sıcaklığındaki değişimler hem balığın fizyolojik özellikleri hem de suyun fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde önemli etkileri olmaktadır. Sıcaklığın bir balık türünün biyolojisi üzerindeki etkisini incelemek için atılan ilk adımlardan biri ise o türün termal tolerans sınırlarının belirlenmesi olmaktadır.

Balıklar gibi poikiloterm organizmaların tüm yaşamında sıcaklık anahtar rol oynayarak beslenme süresini ve hızını kontrol etmektedir. Tropik ve subtropik bir tür olan *Garra rufa* normal olarak ılık sulara yaşar ve 24 °C'nin altındaki su sıcaklıklarında bu balık türünde sindirim hızının ve iştahın azalması beklenmelidir. Diğer taraftan balıklar, ani ya da sürekli su sıcaklığı değişimi durumunda çevresel değişikliklere daha duyarlı hale gelmektedir (Jobling 1997). Balıklar en iyi optimum su sıcaklık değerlerinde beslenir ve hızlı büyür. Optimum su sıcaklığı balık türleri arasında önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Bu sıcaklık Salmonidlerde 12-17 °C, ılıman bölge balıklarında 20-22 °C, tropik bölgelerde ise 27-30 °C arasında değişmektedir (Jobling 1994).

Abiyotik parametrelere su sıcaklığı, çözülmüş oksijen konsantrasyonu, amonyak üretimi gibi parametreler girer. Bunlar da canlılık, yem tüketimini, metabolik hızı ve dolayısıyla balıkların büyümesini etkileyen parametrelerdir (Beitinger vd. 2000; Reddy-Lopata vd. 2006). Sıcaklığın aşırı uçlarda olması durumunda beslenmeyle alınan maddeler büyüme gelişmekte kullanımından ziyade hayatta kalma faaliyetlerinde kullanılmaktadır. Yüksek su sıcaklığı sucul yaşamın kimyasal reaksiyonlarını artırır, ancak sınır değerleri aşan şiddetli sıcaklık değişiklikleri su yaşamını olumsuz etkilemektedir (Chatterjee vd. 2004). Her balığın tolere edebileceği bir sıcaklık aralığı vardır, bu aralığın dışında kalan yüksek veya düşük sıcaklıklar balıklarda termal stres yaratır. Su sıcaklığındaki değişimler yüksek miktarlarda olması balıklarda homeostasisi bozmaktadır (Beitinger vd. 2000).

Dünyaya ülkemizden yayılan doktor balıkları balık masaj salonlarında, kaplıcalarda pedikür, balık masajı ve ihtiyoterapi amaçlı yaygın olarak kullanılmaktadır. Doktor balıkları aynı zamanda akvaryumlarda süs balığı olarak da değerlendirilmektedir. Ana vatanının ülkemiz olması yetiştiriciliğinin yapılabilmesini cazip kılmaktadır. *Garra rufa*'nın yetiştiriciliğinin yaygın bir şekilde yapılabilmesi için bu balıkların termal biyolojisinin bilinmesi zorunludur.

Kaplıcalarda yüksek su sıcaklığında yaşayabilen bu tür, dağılım gösterdiği su sistemlerinde doğal termoperiyotta daha düşük su sıcaklıklarında yaşayabilmektedir. Sivas'taki kaplıcalarda 38 °C su sıcaklığında yaşayabilen bu balıklar sıcak su balığı olarak

görülmektedir. Su sıcaklıkları farklılık arz eden diğer kaplıcalar ve Spa merkezlerinde bulunabilmektedir.

Çalışmamızda balığın yaşamında önemli olan üç farklı sıcaklığa alıştırdıktan sonra kademeli olarak ısıtma veya soğutma yaparak CTM metodolojisine göre doktor balıklarında termal biyolojisine ait termal alt ve üst limitleri, termal tolerans poligonu ve aralığı ve alıştırmaya tepki oranı hesaplanmıştır. Çalışma sonuçları bize olağanüstü iklim değişikliklerinde ve su ürünleri yetiştiriciliğinde balığın termal dayanımı hakkında bilgi verirken, balığın yaşadığı ortamdaki sıcaklık değişimiyle birlikte değişen su parametrelerin balık üzerinde oluşturduğu stres ve değişimler konusunda da bilgi vermektedir.

CTM yaklaşımında, test balıkları alıştırdıkları sıcaklıktan ölümcül olmayan ancak ölümcüle yakın sıcaklığa balıkların denge kaybı (LOE: loss of equilibrium) ve kas spazmlarının başlangıcına (OS: onset of muscular spasms) kadar sabit ve doğrusal hızda ısıtılıp yada soğutulmaktadır. Bu uç noktadaki su sıcaklığı o balık türü için CTmaksimum veya CTminimumdur. Bu noktada balık hızla önceki alıştırmaya sıcaklıklarına döndürülürse, % 100 hayatta kalma beklenir. CTmaksimum veya CTminimum genellikle bir denemenin ortalaması olarak özetlenir. Deneme sırasındaki sıcaklık değişim oranının, deneme sırasında tolerans kazanılmasını önleyecek kadar sabit, doğrusal ve hızlı olması ve balığın vücut sıcaklığının su sıcaklığını yakından izlemesini sağlayacak kadar da yavaş olması gerekir. Ampirik bulgular, 0,3 °C/dk sabit ve doğrusal bir sıcaklık değişiminin bu kriterleri karşıladığını göstermektedir. Her ne kadar en uygun CTM bitiş noktası, özellikle OS ve LOE ile ilgili bazı tartışmalar olsa da, belirlenen alt ve üst sınır değerleri CTM bitiş noktası kriterlerini sağladığı sürece geçerli olarak kabul edilir (Beitinger vd. 2000).

CTMaks ve CTMin değerlerin bilinmesi iklimde meydana gelen olağanüstü değişikliklerin sucul ortamda meydana getireceği abiyotik ve biyotik stres faktörlerine karşı önceden önlem almayı sağlamaktadır. CTM denemelerinde oksijen seviyesinin termal sınırların belirlenmesinde bir sınırlayıcı olmasının engellenmesi için denemelerde oksijen seviyesi belli değerlerin altına düşmesi engellenmelidir. Termal tolerans verileri, türlerin küresel ısınmayla veya endüstriyel deşarjlarla ilişkili su sıcaklığındaki değişiklikleri tolere edebilme kabiliyetlerini tahmin etmek için de yararlı olabilir. Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Araştırma Konseyi küresel ortalama hava sıcaklığının önümüzdeki yarım yüzyılda 1,5 ila 4,5 °C artabileceğini öngörmektedir (NRC 1983).

Çalışma sonuçları *Garra rufa*'nın 40 °C üzerindeki kritik termal üst sınır değeriyle birçok tatlısu balığından yüksek CTmaks değerine sahip olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.1). Yüksek su sıcaklığı toleransı genellikle doktor balıklarının da üyesi olduğu sazangillerin önemli özelliklerinde biridir (Beitinger vd. 2000). Beitinger vd. (2000) yapmış oldukları derlemede sazangillere mensup 41 türde termal maksimum değerlerinin türlere ve alıştırmaya sıcaklıklarına göre değişmekle birlikte 28,8 ile 40,4 °C arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir. Yine aynı araştırmacılar Cyprinodontidae familyasına mensup türlerde yapılan çalışmaları da derlemiştir ve termal üst limiti 32,2-45,1 °C olarak bildirmişlerdir. Bizim çalışma sonuçlarına bakıldığında alıştırmaya sıcaklığı ve balık büyüklüğüne göre değişmekle birlikte termal üst sınır 35,51 °C (Ta: 15 °C)- 43,05

°C (Ta:35 °C) arasında değişim göstermiştir. Yine doktor balığı 3,04 °C (Ta:15 °C) kritik termal minimum değeri ile daha önceden McClanahan vd. (1986) tarafından Cyprinidae türlerinde rapor edilen 2,8 °C (Ta:18 °C) alt limit değerine oldukça yakın kritik termal alt sınıra sahip olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre alıştırma sıcaklığına ve balık büyüklüğüne değişmekle birlikte doktor balıklarının aklımasyon kapasitesi (ATO) 0,20 ile 0,50 arasında değiştiği görülmektedir (Çizelge 4.2). Diğer tatlı su balık türleriyle karşılaştırıldığında doktor balığı ATO değerleri Martínez vd. (2016) tarafından lepisteslerde bildirilen CTmin için 0,17 ve CTmaks için 0,31 değerlerinden daha yüksektir. Ancak, Otto (1973; 1974)'nun *G. affinis* için bildirdiği 0.34 ve 0.43 değerlerine yakın değerlerdir. Küçük boy balıkların CTmaks için ortalama ATO değerleri (0,37±0,04) büyük boy balıklardan (0,29±0,03) daha yüksek hesaplanmıştır. Ayrıca, büyük ve küçük her iki boy balık için de ortalama CTmin (0,35-0,38) ATO değerleri CTmaks (0,29-0,37) değerlerinden daha yüksek hesaplanmıştır. Bu bize doktor balıklarının soğuğa karşı adaptasyon kabiliyetlerinin daha yüksek olduğunu göstermektedir. Aklımasyon kapasitesi (alıştırma tepki oranı), kritik termal sınırdaki değişimin, alıştırma sıcaklığındaki değişime oranıdır ( $\Delta CT / \Delta Ta$ ); Bu miktar, organizmaların çevresel duyarlılıklarını değiştirerek termal duyarlılıklarını ayarlayabilme derecesini göstermektedir. Sıcaklık toleransı türlere, aklımasyon sıcaklığına, aklımasyon süresine ve tuzluluk ile değişkenlik gösterebilmektedir (Manush vd. 2004; Das vd. 2004; Das vd. 2005; Diaz vd. 2007; Ficke vd. 2007). Genel olarak, daha yüksek aklımasyon sıcaklıklarında yaşayan balıklar, yüksek sıcaklık değişikliklerine tahammül edebilir. Aksine, daha düşük aklımasyon sıcaklıklarında yaşayan balıklar düşük sıcaklıklarda daha fazla tolerans gösterirler (Aziz ve Greenwood 1981).

Doktor balıklarının termal biyolojisiyle ilgili olarak yapılmış çalışmaya rastlanılamamıştır. Ancak bu çalışma ile doktor balıklarının alt ve üst termal limitleri belirlenerek bilimin ve araştırmacıların kullanımına sunulmuştur. Bununla birlikte bu tür çalışmalara balıklardaki termal stres, kalp grafisi, protein sentezinin nasıl etkilendiğini ortaya koyacak çalışmaların eklenmesi faydalı olacaktır.

## 6. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında üç farklı (15, 25, 35 °C) su sıcaklığına alıştıran iki farklı boydaki doktor balığının kritik termal alt ve üst sınırları (CTMin ve CTMaks), termal tolerans poligonu, poligon alanı (°C<sup>2</sup>), termal tolerans aralığı (TTA) ve alıştırmaya tepki oranı (ATO) araştırılmış ve belirlenerek başarılı bir şekilde ortaya konulmuştur. Çalışma sonucunda hem üreticilerin hem de akademik camianın faydalanabileceği önemli sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

- Doktor balıklarının diğer subtropikal sazangiller üyelerinde olduğu gibi termal alt ve üst limitlerinin benzerlik gösterdiği ve balık büyüklüğü ve alıştırmaya sıcaklığına göre değiştiği görülmüştür. Yapılan deneysel çalışmalar sonunda kritik termal alt limit (CTMin)  $3,04 \pm 0,03$  °C kritik termal üst limitin ise  $43,05 \pm 0,09$  °C olarak belirlenmiştir.
- Doktor balıkları için Termal Tolerans Aralığı (TTA) 31.43-33.98 °C arasında değişmiştir. Ancak, TTA hem 15 °C hem de 35 °C'ye alıştıran büyük boy balıklarda küçük boy balıklara göre daha geniş bulunmuştur.
- Yapılan ATO hesaplamalarına göre CTMin değeri alıştırmaya sıcaklığındaki her 1 °C sıcaklık değişiminde yaklaşık olarak 0.37 °C değiştiği hesaplanmıştır.
- Yapılan ATO hesaplamalarına göre CTMaks değeri alıştırmaya sıcaklığındaki her 1 °C sıcaklık değişiminde yaklaşık olarak 0.34 °C değiştiği hesaplanmıştır. Yani Alıştırmaya sıcaklığı değişiminde alt limit üst limite göre daha çok değişim göstermektedir.
- Her iki boy doktor balığı için de termal poligonu sazangiller mensuplarında olduğu gibi geniş bulunmuştur. Bu durum doktor balıkların Sivas ilimiz gibi karasal iklim görülen bir coğrafyadan daha sıcak Suriye hatta Ürdün gibi geniş bir zoocoğrafik alanda dağılım göstermesinin cevabını vermektedir.
- Doktor balıkları *Garra rufa* sahip olduğu bu termal limitler ve termal tolerans aralığı ile çok çeşitli sıcaklığa sahip habitatlarda yaşayabilen örotermal (eurythermal) bir tür olduğu değerlendirilmiştir.



## 7. KAYNAKLAR

- Abedi, M., Shiva, A. H., Mohammadi, H. and Malekpour, R. 2011. Reproductive biology and age determination of *Garra rufa* Heckel, 1843 (Actinopterygii: Cyprinidae) in central Iran. *Turk. J. Zool.*, 35(3), 317-323.
- Akhan, S., Sonay, F.D. and Yandi, I. 2016a. Effect of long term starvation on some productivity traits and body composition of Turkish strain brown trout (*Salmo trutta fario*) wintered in floating net- cages. *Agriculture and Forestry*, 62:91-95.
- Akhan, S., Sonay, F.D. ve Yandi, I. 2016b. Ağ-kafeslerde kışlatılan gökkuşuğu alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*) uzun süreli açlığın bazı verim özellikleri ile vücut kompozisyonu üzerine etkisi. *Yunus Araştırma Bülteni*, 16:265-269.
- Anonymous 1 : <http://azimfishfarm.com/products/garra-rufa/> [Son erişim tarihi: 23.10.2018].
- Anonymous 2 : Discover Life, *Garra rufa* @ Global Biodiversity Information Facility. <https://www.discoverlife.org/mp/20m?r=0.05andla=36andlo=42andkind=Garra+rufa> [Son erişim tarihi:18.04.2019]
- Anonymous 3 : <https://lajollamom.com/doctor-fish-spa-pedicure/>. [Son Erişim Tarihi:18.04.2019].
- Anonymous 4 : <https://moniquetips.blogspot.com/2016/08/treat-psoriasis-with-fish-garra-rufa.html>. [Son erişim tarihi:18.04.2019]
- Arzu, K., and Ergene, S. 2009. Cytogenetic variation of geographically isolated four populations of *Garra rufa* [(Heckel, 1843)(Pisces, Cyprinidae)] in Turkey. *Caryologia*, 62: 276-287.
- Aziz, K.A. and Greenwood, J.G. 1981. Alaboratory investigation of temperature and salinity tolerances of juvenile *Metapenaeus bennettiae*, Racek and Dall (Crustacea: Penaeidae). *J. Exp. Mar. Bio. Ecol.*, 54 (2):137-147.
- Baker, S.C. and Heidinger, R.C., 1996. Upper lethal temperature of fingerling black crappie. *J. Fish Biol.*, 48:1123-1129.
- Bardakci, I., Ozansoy, U. and Koptage, E. 2000. Acomparision of oogenesis under constant and fluctuating temperature in Doctor fish, *Garra rufa* Heckel, 1843 (Teleostie: Cyprinidae). *World Wide Web J. Biol.*, 5: 1-7.
- Becker, C.D. and Genoway, G. 1979. Evaluation of the critical thermal maximum for determining thermal tolerance of freshwater fish. *Environ. Bioi. Fish.*, 4: 245-256.
- Becker, C. and Wolford, M.G. 1980. Thermal resistance of juvenile salmonids sublethally exposed to nickel, determined by the critical thermal maximum method. *Environ. Poll. Series A Ecol. Bioi.*, 21: 181-189.
- Beitinger, T.L. and McCauley, R.W. 1990. Whole-animal physiological processes for the assessment of stress in fishes. *J. Great Lakes Res.* 16: 542-575.
- Beitinger, T.L., Bennett, W. A. and Mccauley, R.W., 2000. Temperature tolerances of North American freshwater fishes exposed to dynamic changes in temperature. *Environ Biol Fishes*, 58: 237-275.

- Beitinger, T.L. and Lutterschmidt, W.I. 2011. Measures of thermal tolerance. In: Farrell, A.P. (Ed.), *Encyclopedia of fish physiology: From genome to environment*. Academic Press, San Diego, California, USA. pp. 1695–1702.
- Bennett, W.A. and Beitinger, T.L. 1997. Temperature tolerance of the sheepshead minnow, *Cyprinodon variegatus*. *Copeia*, 1997(1): 77-87.
- Brett, J.R. and Groves, T.D.D. 1979. Physiological energetics. In: Hoar, W.S., Randall, D.J., Brett, J.R. (Eds.), *Fish Physiology. Bioenergetics and Growth*, vol. 8. Academic Press, New York, pp. 279-352.
- Brett, J.R. 1956. Some principles in the thermal requirements of fishes. *Quart. Rev. Biol.* 31: 75-87.
- Brett, J.R. 1971. Energetic responses of salmon to temperature. A study of some thermal relations in the physiology and freshwater ecology of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). *Amer Zool*, 11: 99-113.
- Carveth, C.J., Widmer, A., Bonar, S.A. and Matter, W., 2004. Estimation of acute upper lethal water temperature tolerances of native Arizona fishes. 'M.Sc. Dissertation', School of Natural Resources, University of Arizona, Tuscon, Arizona, 75 pp.
- Chatterjee, N., Pal, A.K., Manush, S.M., Das, T. and Mukherjee, S.C. 2004. Thermal tolerance and oxygen consumption of *Labeo rohita* and *Cyprinus carpio* early fingerlings acclimated to three different temperatures. *J. Therm. Biol.*, 29: 265-270.
- Chung, K.S. 1981. Rate of acclimation of the tropical salt-marsh fish *Cyprinodon dearborni* to temperature changes. *Hydrobiologia*, 78: 177-181.
- Claireaux, G. and Lefrançois, C. 2007. Linking environmental variability and fish performance: integration through the concept of scope for activity. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 362: 2031–2041.
- Claussen, D.L., 1977. Thermal acclimation in ambystomatid salamanders. *Comp Biochem Physiol Part A*, 58(4): 333-340.
- Coad, B. 2013. Fresh water fishes of Iran. Retrived from <http://www.briancoad.com/species%20accounts/introduction%20new.htm> [Son erişim tarihi: 19.04.2019].
- Cox, D. K. 1974. Effects of three heating rates on the critical thermal maximum of bluegill. In: Gibbons J.W. and Sharitz, R.R (Eds.), *Thermal Ecology*, CONF-730505 National Technical Information Service Springfield, Virginia, pp. 158-163.
- Cowles, R.B. and Bogert, C.M. 1994. A preliminary study of the thermal requirements a desert reptile. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.*, 83: 265-296.
- Currie, R.J., Bennett, W.A. and Beitinger, T.L. 1998. Critical thermal minima and maxima of three freshwater game-fish species acclimated to constant temperatures. *Environ. Biol. Fishes*, 51: 187-200.
- Çelik, İ., Çelik, P. ve Şahin, T. 2014. Akvaryum sektörünün mevcut durumu, sorunlar ve çözüm önerileri. I. Ulusal Akvaryum Balıkçılığı ve Sorunları Çalıştayı Sonuç Raporu, Antalya.

- Dabruzzi, T.F., Bennett, W.A., Rummer, J.L. and Fangue, N.A. 2013. Thermal ecology of juvenile ribbontail stingray, *Taeniura lymma* (Forsskal, 1775), from a Mangal Nursery in the Banda Sea. *Hydrobiologia*, 701: 37-49.
- Dalvi, R.S., Pal, A.K., Tiwari, L.R., Das, T. and Baruah, K. 2009. Thermal tolerance and oxygen consumption rates of the catfish *Horabagrus brachysoma* (Günther) acclimated to different temperatures. *Aquaculture*, 295: 116-119.
- Das, T., Pal, A.K., Chakraborty, S.K., Manush, S.M., Chatterjee, N. and Mukherjee, S.C. 2004. Thermal tolerance and oxygen consumption of Indian Major Carps acclimated to four temperatures. *J. Therm. Biol.*, 29: 157-163.
- Das, T., Pal, A.K., Chakraborty, S.K., Manush, S.M., Sahu, N.P. and Mukherjee, S.C. 2005. Thermal tolerance, growth and oxygen consumption of *Labeo rohita* fry (Hamilton, 1822) acclimated to four temperatures. *J. Therm. Biol.*, 30: 378-383.
- Debnath, D., Pal, A.K., Sahu, N.P., Baruah, K., Yengkokpam, S., Das, T. and Manush, S.M. 2006. Thermal tolerance and metabolic activity of yellowtail catfish *Pangasius pangasius* (Hamilton) advanced fingerlings with emphasis on their culture potential. *Aquaculture*, 258:606-610.
- Demirci, S., Ozdilek, S. Y. and Simsek, E. 2016. Study on nutrition characteristics of *Garra rufa* on the River Asi. *Fresenius Environmental Bulletin*, 12 (A): 5999-6004.
- Dengiz Balta, Z., Akhan, S. and Balta, F. 2017. The physiological stress response to acute thermal exposure in Black Sea trout (*Salmo trutta labrax* Pallas, 1814). *Turk J Vet Anim Sci.* 41:400-406.
- Deutsch, C.A., Tewksbury, J.J., Huey, R.B., Sheldon, K.S., Ghalambor, C.K., Haak, D.C. and Martin, P.R. 2008. Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, 105:6668-6672.
- Díaz, H.F., Re, A.D., Gonzalez, R.A., Sanchez, L.N., Leyva, G., Valenzuela, F., 2007. Temperature preference and oxygen consumption of the largemouth bass *Micropterus salmoides* (Lacepede) acclimated to different temperatures. *Aquac Res.*, 38:1387-1394.
- Eme, J. and Bennett, W.A. 2009. Critical thermal tolerance polygons of tropical marine fishes from Sulawesi, Indonesia. *J. Therm. Biol.*, 34: 220-225.
- Esmaceli, H.R. and Ebrahimi M. 2006. Length-weight relationships of some freshwater fishes of Iran. *J. Appl. Ichthyol.*, 22: 328-329.
- FAO 2018. Dünyada balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliğinin durumu 2018 (ÖZET). <http://www.fao.org/3/CA0191TR/ca0191tr.pdf>. [Son erişim tarihi:20.04.2019]
- Ficke, A.D., Myrick, C.A. and Hansen, L.J. 2007. Potential impacts of global climate change on freshwater fisheries. *Rev. Fish. Biol. Fish.*, 17, 581-613.
- Ford, T. and Beitinger, T.L. 2005. Temperature tolerance in the goldfish, *Carassius auratus*. *J. Therm. Biol.*, 30: 147-152.
- Fry, F.E. 1947. Effects of the environment on animal activity. Ontario Fisheries Research Laboratory Publication, Biol. Ser. 55, 68, 1-62.

- Fry, F.E.J. 1971. The effect of environmental factors on the physiology of fish. In: Hoar, W.S. and Randall, D.J. (ed.) Fish physiology, Volume 6, Environmental relations and behavior, Academic Press, New York. pp. 1–98.
- Gorshkova, G., Gorshkov, S., Abu-Ras, A. and Golani, D. 2012. Karyotypes of *Garra rufa* and *G. ghorensis* (Pisces, Cyprinidae) inhabiting the inland water systems of the Jordan basin. *Ital. J. Zool.*, 79: 9-12.
- Gözükara, S.E. and Çavaş, T. 2004. A karyological analysis of *Garra rufa* (Heckel, 1843) (Pisces, Cyprinidae) from the Eastern Mediterranean River basin in Turkey. *Turk. J. Vet. Anim. Sci.*, 28(3): 497-500.
- Hernández, R.M. and Bückle R, L.F., 2002. Temperature tolerance polygon of *Poecilia sphenops* Valenciennes (Pisces: Poeciliidae). *J. Therm. Biol.*, 27: 1-5.
- Herrera, D.F., Uribe, S.E., Ramirez, B.L.F. and Mora, G.A. 1998. Critical thermal maxima and minima of *Macrobrachium rosenbergii* (Decapoda: Palemonidae). *J. Therm. Biol.*, 23: 381-385.
- Heistinger, K., Heistinger, H., Lussy, H. and Nowotny, N. 2011. Analysis of potential microbiological risks in ichthyotherapy using Kangal fish (*Garra rufa*). *Egypt J. Aquat. Biol. & Fish.*, 15(3): 93-98.
- Huey, R.B. 1991. Physiological consequences of habitat selection. *Am. Nat.* 137:91-115.
- Hutchison, V.H. 1976. Factors influencing thermal tolerance of individual organisms. In: Esch, G.W. and McFarlane, R.W. (ed.) Thermal ecology II, Nat. Tech. Inform. Serv., Springfield. pp. 10–26.
- ITIS, 2005. Catalog of Fishes, (Website version 05-Apr-05). [https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/RefRpt?search\\_type=sourceandsearch\\_id=source\\_idandsearch\\_id\\_value=297](https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/RefRpt?search_type=sourceandsearch_id=source_idandsearch_id_value=297) [Son erişim tarihi:17.04.2019]
- Jarvis, P.L. 2011. Biological synopsis of *Garra rufa*. Can. MS Rpt. Fish. Aquat. Sci. 2946: vi + 14p. [http://publications.gc.ca/collections/collection\\_2011/mpo-dfo/Fs97-4-2946-eng.pdf](http://publications.gc.ca/collections/collection_2011/mpo-dfo/Fs97-4-2946-eng.pdf) [Son erişim tarihi: 22.03.2019].
- Jian, C.Y., Cheng, S.Y. and Chen, J.C., 2003. Temperature and salinity tolerances of yellowfin sea bream, *Acanthopagrus latus*, at different salinity and temperature levels. *Aquac. Res.*, 34: 175-185.
- Jobling, M. 1994. Fish bioenergetics. Chapman and Hall, London, England, 309 p.
- Jobling, M., 1997. Temperature and growth: modulation of growth rate via temperature change. In: Wood, C.M. and McDonald, D.G. (Eds.), Global warming: Implications for freshwater and marine fish. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 225-253.
- Johansen, P.H. 1985. Female pheromone and the behaviour of male guppies (*Poecilia reticulata*) in a temperature gradient. *Can. J. Zool.*, 63:1211-1213.
- Johnston, I.A. and Bennett, A.F. 1996. Animals and temperature: phenotypic and evolutionary adaptation. New York, Cambridge University Press, 419p.
- Jonassen, T.M., Imsland, A.K. and Stefansson, S.O. 1999. The interactions of temperature and fish size on growth of juvenile halibut. *J. Fish Biol.* 54: 556-572.

- Katersky, R.S. and Carter, C.G. 2007. High growth efficiency occurs over a wide temperature range for juvenile barramundi *Lates calcarifer* fed a balanced diet. *Aquaculture*, 272: 444-450.
- Kır, M. and Kumlu, M., 2008a. Effect of temperature and salinity on low thermal tolerance of *Penaeus semisulcatus* (Decapoda: Penaeidae). *Aquac. Res.*, 39(10): 1101-1106.
- Kır, M. and Kumlu, M., 2008b. Critical thermal minima of *Penaeus semisulcatus* (Decapoda: Penaeidae) acclimated to four temperature levels. *J. World Aquacult. Soc.*, 38(4): 535-540.
- Kumlu, M. and Türkmen, S. and Kumlu, M., 2010. Thermal tolerance of *Litopenaeus vannamei* (Crustacea: Penaeidae) acclimated to four temperatures. *J. Therm. Biol.*, 35: 305-308.
- Kuparinen, A., Cano, J.M., Loehr, J., Herczeg, G., Gonda, A. and Merilä, J. 2011. Fish age at maturation is influenced by temperature independently of growth. *Oecologia*, 167: 435-443.
- Kuru, N., Cinar, K., Senol, N., Demirbag, E. and Diler, D. 2010. Endocrine cells in the gastrointestinal tract of *Garra rufa*. *Kafkas Univ. Vet. Fak*, 16:235-241.
- Lowe, C.H. and Vance, V.J. 1955. Acclimation of the critical thermal maximum of the reptile *Urosaurus ornatus*. *Science*, 122: 73-74.
- Lutterschmidt, W.I. and Hutchison, V.M., 1997a. The critical thermal maximum: data to support the onset of spasms the definitive endpoint. *Can. J. Zool.*, 75:1553-1560.
- Lutterschmidt, W.I. and Hutchison, V.M., 1997b. The critical thermal maximum: history and critique. *Can. J. Zool.* 75, 1561–1574.
- Manush, S.M., Pal, A.K., Chatterjee, N., Das, T. and Mukherjee, S.C. 2004. Thermal tolerance and oxygen consumption of *Macrobrachium rosenbergii* acclimated to three temperatures. *J. Therm. Biol.*, 29: 15-19.
- Martínez, J. D., Cadena, C. D., and Torres, M. 2016. Critical thermal limits of *Poecilia caucana* (Steindachner, 1880)(Cyprinodontiformes: Poeciliidae). *Neotrop. Ichthyol.*, 14(1): e150171.
- McClanahan, L.L., Feldmuth, Jones, C.R.J. and Stoltz, D.L. 1986. Energetics, salinity and temperature tolerance in the Mohave tui chub, *Gila bicolor mohavensis*. *Copeia*, 1986: 45-52.
- Mora, C. and Ospina, A. 2001. Tolerance to high temperatures and potential impact of sea warming on reef fishes of Gorgona Island (tropical eastern Pacific). *Mar. Biol.*, 139:765-769.
- Moyle, P.B. and Cech, J.J. 2004. Fishes, an introduction to ichthyology. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA. 726 p.
- NRC (National Research Council). 1983. Changing climate: Report of the carbon dioxide assessment committee. National Academy Press, Washington D.C.
- Ospina, F. and Mora, C. 2004. Effect of body size on reef fish tolerance to extreme low and high temperatures. *Environ. Biol. Fishes.*, 70: 339-343.

- Otto, R.G. 1973. Temperature tolerance of the mosquitofish, *Gambusia affinis* (Baird and Girard). *J. Fish Biol.*, 5: 575-585.
- Otto, R.G. 1974. The effects of acclimation to cyclic thermal regimes on heat tolerance of the western mosquitofish. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 103: 331- 335.
- Patimar, R., Chalanchi, M. G., Chamanara, V. and Naderi, L. 2010. Some life history aspects of *Garra rufa* (Heckel, 1843) in the Kangir River, Western Iran: (Osteichthyes: Cyprinidae). *Zool. Middle East.*, 51(1): 57-66.
- Persson, L. 1986. Temperature-induced shift in foraging ability in two fish species, roach (*Rutilus rutilus*) and perch (*Perca fluviatilis*): implications for coexistence between poikilotherms. *J. Anim.Ecol.*, 55: 829-839
- Pérez, E., Díaz, F. and Espina, S. 2003. Thermoregulatory behavior and critical thermal limits of the angelfish *Pterophyllum scalare* (Lichtenstein) (Pisces: Cichlidae). *J. Therm. Biol.* 28:531-537.
- Poole, G.C. and Berman. C.H. 2001. An ecological perspective on in-stream temperature: natural heat dynamics and mechanisms of human caused degradation. *Environ. Manage.*, 27:787-802.
- Rajaguru, S., 2002. Critical thermal maximum of seven estuarine fishes. *J Therm Biol.*, 27: 125-128.
- Rajaguru, S., Ramachandran, S. 2001. Temperature tolerance of some estuarine fishes. *J. Therm. Biol.*, 26: 41-45.
- Re, A.D., Díaz, F., Sierra, E., Rodriguez, J. and Perez, E. 2005. Effect of salinity and temperature on thermal tolerance of brown shrimp *Farfantepenaeus aztecus* (Ives) (Crustacea, Penaeidae). *J. Therm. Biol.*, 30: 618-622.
- Reddy-Lopata, K., Auerswald, L. and Cook, P. 2006. Ammonia toxicity and its effect on the growth of the South African abalone *Haliotis midae* Linnaeus. *Aquaculture*, 261:678-687.
- Reynolds, W.W. 1977. Thermal equilibration rates in relation to heartbeat and ventilatory frequencies in largemouth blackbass, *Micropterus salmoides*. *Comp. Biochem. Physiol. A Comp. Physiol.*, 56: 195-201.
- Reynolds, W.W. and Casterlin, M.E. 1979. Behavioral thermoregulation and the final referendum paradigm. *Am. Zool.*, 19, 211–224.
- Roberts, R.J., Agius, C., Saliba, C., Bossier, P. and Sung, Y.Y. 2010. Heat shock proteins (chaperones) in fish and shellfish and their potential role in relation to fish health: a review. *J. Fish Dis.*, 33(10):789-801.
- Quanzhen, C., Jiangning, Z., Yibo, L., Aigen, G. and Hefu, Y. 2005. Temperature tolerance of large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea* (Richardson) associated with summer season. *Mar. Sci. Bull.*, 7: 54-62.
- Shabani, A. and Askari, G. 2013. Microsatellite loci to determine population structure of *Garra rufa* (Heckel, 1843) in the Khuzestan Province (Iran). *Int. J. Aquat. Biol.*, 1(4), 188-194.

- Sheldon, K.S., Yang, S. and Tewksbury, J.J. 2011. Climate change and community disassembly: impacts of warming on tropical and temperate montane community structure. *Ecol. Lett.*, 14:1191-1200.
- Tutar, Y. and Okan, Ş. 2012. Heat shock protein 70 purification and characterization from *Cyprinion macrastomus macrastomus* and *Garra rufa obtusa*. *J. Therm. Biol.*, 37:95-99.
- TÜİK, 2018. Su ürünleri istatistikleri. [http://tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1005](http://tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1005) [Son erişim tarihi:17.04.2019]
- Vazirzadeh, A., Zahedinejad, S. and Bahri, A. 2014. Spawning induction in doctor fish, *Garra rufa* (Heckel, 1843) by Ovaprim and captive rearing of larvae. *Iran. J. Ichthyol.*, 1(4): 218-257.
- Wallman, H.L. and Bennett, W.A. 2006. Effects of parturition and feeding on thermal preference of Atlantic stingray, *Dasyatis sabina* (Lesueur). *Environ. Biol. Fishes*, 75: 259-267.
- Walters, R.J., Blanckenhorn W.U. and Berger D. 2012. Forecasting extinction risk of ectotherms under climate warming: an evolutionary perspective. *Funct. Ecol.*, 26: 1324-1338.
- Wedemeyer, G.A., Meyer, F.P. and Smith, L. 1999. Environmental Stress and Fish Diseases. Narendra Publication House, Delhi, India.
- Wildgoose, W.H. 2012. A review of fish welfare and public health concerns about the use of *Garra rufa* in foot spas. *Fish Vet. J.*, 13: 3-16.
- Undar, L., Akpınar, M.A. and Yanıkoglu, A. 1999. Doctor fish and psoriasis. *The Lancet*, 335: 470-471.
- Uribe, C., Folch, H., Enriquez, R. and Moran, G. 2011. Innate and adaptive immunity in teleost fish: a review. *Vet. Med. (Czech)*, 56:486-503.

## ÖZGEÇMİŞ

**MEHMET ALİ DEMİR**

**mehmetalidemir@tarimorman.gov.tr**



### ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2015-2019	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Su Ürünleri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Antalya
Lisans 2011-2015	Akdeniz Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü, Antalya

### MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Mühendis 2017-Devam Ediyor	Tarım ve Orman Bakanlığı Dinar İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Dinar- Afyonkarahisar
-------------------------------	---

### ESERLER:

#### Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

1-Demir,M.A and Akhan S.2018. Determination of critical thermal limits for doctor fish, *Garra rufa* Heckel 1843. II. International Fisheries symposium-IFSC2018, 4-8 November 2018, Kyrenia / Turkish Republic of Northern Cyprus (Özet Bildiri)