

# Farklı alıştırmaya sıcaklıklarında kılıçkuyruk (*Xiphophorus helleri*) ve plati balıklarının (*X. maculatus*) termal tolerans parametrelerinin belirlenmesi

## Determination of thermal tolerance parameters of swordtail (*Xiphophorus helleri*) and platy fish (*X. maculatus*) acclimated to different temperature levels

Mahmut Yanar<sup>1\*</sup> • Ali Özdeş<sup>2</sup> • Erhan Erdoğan<sup>3</sup> • Ece Evliyaoğlu<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, 01330, Adana/Türkiye

<sup>2</sup> Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, 01330, Adana/Türkiye

<sup>3</sup> Munzur Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, 62000, Tunceli/Türkiye

<sup>4</sup> Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, 01330, Adana/Türkiye

<https://orcid.org/0000-0002-4445-0228>

<https://orcid.org/0000-0002-0271-2445>

<https://orcid.org/0000-0002-3013-3045>

<https://orcid.org/0000-0003-3578-7336>

\*Corresponding author: [myanar@cu.edu.tr](mailto:myanar@cu.edu.tr)

Received date: 14.10.2020

Accepted date: 11.03.2021

### How to cite this paper:

Yanar, M., Özdeş, A., Erdoğan, E. & Evliyaoğlu, E. (2021). Determination of thermal tolerance parameters of swordtail (*Xiphophorus helleri*) and platy fish (*X. maculatus*) acclimated to different temperature levels. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38(2), 223-228. DOI: 10.12714/egejfas.38.2.12

**Öz:** Çalışmada üç alıştırmaya sıcaklığında kılıçkuyruk (*Xiphophorus helleri*) ve platinin (*X. maculatus*) termal tolerans parametreleri belirlenmiştir. 20, 24 ve 28°C alıştırmaya sıcaklıklarında platinin kritik termal minimum (CTMin) değerleri sırasıyla 9,41, 10,42 ve 11,95°C iken, kılıçkuyruğun 9,38, 11,53 ve 13,23°C platinin kritik termal maksimum (CTMax) değerleri 37,41, 39,19 ve 40,52°C iken, kılıçkuyruğun 36,94, 38,89 ve 40,07°C olarak gerçekleşmiştir. Buna göre alıştırmaya sıcaklıkları balıkların alt ve üst sıcaklık toleranslarını 3-4 °C etkilemiştir. CTMin alıştırmaya tepki oranı (ARR) değerleri alıştırmaya sıcaklıklarına bağlı olarak kılıçkuyrukta 0,42-0,42, platide 0,20-0,34 arasında değişirken, CTMax ARR değerleri kılıçkuyrukta 0,29-0,48, platide ise 0,33-0,44 arasında değişmiştir. Platinin termal tolerans poligon alanı (232°C<sup>2</sup>) kılıçkuyruktan (217,3°C<sup>2</sup>) biraz daha geniş bulunmuştur. İki balık türünün alt sıcaklık toleranslarının düşük olması, kışın su sıcaklığının 10°C'ye düştüğü subtropikal iklimlerde bu balıkların coğrafik dağılımlarını ve yetiştiriciliklerini sınırlar.

**Anahtar kelimeler:** Sıcaklık toleransı, Poeciliidae, TTPA, CTM, ARR

**Abstract:** Thermal tolerance parameters of swordtail (*Xiphophorus maculatus*) and platy (*X. helleri*) at three acclimation temperatures were determined in the study. The CTMin values at 20, 24 and 28°C acclimation temperature were 9.41, 10.42 and 11.95°C respectively for platy and 9.38, 11.53 and 13.23°C for swordtail, while CTMax values were 37.41, 39.19 and 40.52°C for platy and 36.94, 38.89 and 40.07°C for swordtail. Accordingly, acclimation temperature affected the lower and upper temperature tolerances of fish by 3-4 °C. The CTMin ARR values varied between 0.42-0.42 in swordtail and 0.20-0.34 in platy, while CTMax ARR ranged between 0.29-0.48 in swordtail and 0.33-0.44 in platy depending on acclimation temperature. Thermal tolerance polygon area of platy (232°C<sup>2</sup>) was slightly higher than that of swordtail (217.3°C<sup>2</sup>). The fact that both fish species have lower temperature tolerances limits their geographic distribution and aquaculture in subtropical climates where the water temperature drops to 10°C in winter.

**Keywords:** Thermal tolerance, Poeciliidae, TTPA, CTM, ARR

## GİRİŞ

Akvaryum balıkçılığı dünyada en popüler hobilerden biri olmasının yanı sıra, yan sektörleriyle birlikte küresel çapta 15 milyar USD \$'ın üzerinde ticaret hacmine sahip önemli bir sektördür (Penning vd., 2009; Hensen vd., 2010; Rhyne vd., 2012; Raghavan vd., 2013). Tropik ve yarı tropik bölgelerde bulunan Singapur, Tayland, Tayvan, Malezya, Endonezya ve Sri Lanka gibi ülkelerin ekonomik gelişmelerine önemli katkılar sağlamaktadır (Lovell, 2000; Gouveia vd., 2003). Akvaryum balıklarının küresel ekonomiye katkılarının karşın, ülkeler arası yoğun ticareti nedeniyle egzotik tür potansiyelleri yüksektir. Sucul canlıların coğrafik yayılışlarında en önemli ekolojik bariyer su sıcaklığı ve tuzluluktur. Bazı türler termal yetenekleri dolayısıyla bu bariyeri aşarak yeni habitatlara girebilmekte ve mevcut ekosisteme ciddi zararlar verebilmektedir. Örneğin, ABD iç sularında %41'i tropik olmak

üzere 53-54 egzotik balık türü girmiş (Lever, 1996; USGS, 2004) ve burada yaşayan pek çok yerli balık türünün yok olmasına neden olmuşlardır (Crossman, 1991; Ross, 1991). Dolayısıyla sucul hayvanların sıcaklık tolerans parametrelerinin belirlenmesi, balıkların yayılışlarında maruz kaldıkları ekstrem sıcaklıklara karşı gösterecekleri yaşam stratejilerinin anlaşılmasını (Bennet ve Beitinger, 1997) ve yabancı türlerin yeni habitatlara adaptasyonları konusunda sağlıklı bir değerlendirme yapılmasını sağlar. Diğer yandan sıcaklık, su ürünleri yetiştiriciliğinde tür tercihinde göz önüne alınan en önemli kriterlerden biridir. Subtropikal iklimlerde tropik balık yetiştiriciliğinde karşılaşılan en önemli sorunlardan birisi düşük su sıcaklığıdır. Balık havuzlarında su sıcaklığı kışın 8-10°C'ye kadar düşer. Diğer yandan tropik ve subtropikal bölgelerde sıg ve su değişkenliğinin az olduğu havuzlarda

yazın su sıcaklığı 35°C'ye kadar yükselir. Bu sıcaklık seviyeleri çoğu balık türleri için kritiktir ve her tür için bunların ayrıntılı bilinmesi gerekir.

Sucul canlıların alt ve üst sıcaklık toleranslarının belirlenmesinde yaygın kullanılan yöntemlerden biri, kritik termal metodolojidir (CTM). İlk olarak Cowles ve Bogert (1944) tarafından çöl reptillerinin sıcaklık toleranslarını belirlemek için tanımlanan bu metod, daha sonra çeşitli araştırmacılar (Cox, 1974; Spotila vd., 1979; Lutterschmidt ve Hutchison, 1997; Beitinger vd., 2000) tarafından geliştirilerek balıklara ve diğer akuatik hayvanlara uygulanmıştır. CTM verileri, balıkların ekstrem sıcaklıklara toleransları konusunda mutlak bilgiler vermekten ziyade, göreceli bilgiler verir, türler arasında karşılaştırma yapılmasını sağlar. CTMin ve CTMax verileri kullanılarak hesaplanan termal tolerans poligonu, balığın yaşayabileceği sıcaklık aralığının genişliği konusunda bilgi verir (Bennet ve Beitinger, 1997). Diğer yandan, balıkların sıcaklık değişimine karşı gösterdikleri tepkinin matematiksel bir ifadesi olan alıştırmaya tepki oranı da sıcaklık toleransında kullanılan diğer bir parametredir (Claussen, 1977). Bu nedenle gerek ekoloji, gerekse balık yetiştiriciliği bakımından balık türlerinin sıcaklık toleransı ile ilgili veri tabanına ihtiyaç vardır ve bu konuda çalışmalar hızlı bir şekilde artmaktadır.

CTM değerleri balığın alıştırmaya sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Tarafımızdan daha önce 13 akvaryum balık türünün üç farklı alıştırmaya sıcaklığında CTMin ve CTMax değerleri ayrıntılı olarak çalışılmıştır (Yanar vd., 2019). Tuckett vd. (2016) kılıçkuyruk balığının düşük sıcaklığa toleransını incelemiş ancak literatürde, bu türün ve plati balıklarının termal toleransının belirlenmesi eksik kalmıştır. Bu çalışmada, dünyada ve ülkemizde oldukça talep gören doğuran (ovovivipar) akvaryum balıklarından (Poeciliidae) kılıçkuyruk (*Xiphophorus helleri*) ve platinin (*X. maculatus*) üç farklı alıştırmaya sıcaklığında (20, 24 ve 28 °C) alt ve üst sıcaklık toleransı (sırasıyla CTMin ve CTMax), termal tolerans poligon alanı (TTPA) ve alıştırmaya tepki oranı (ARR) belirlenmiştir.

## MATERYAL VE METOT

Balıklar yerel üreticilerden sağlanmış olup, kılıçkuyruk ve platinin kırmızı renkli varyeteleri kullanılmıştır. Laboratuvara getirilen balıklar 20, 24 ve 28°C alıştırmaya sıcaklığına sahip 120 L'lik akvaryumlara kademeleri olarak adapte edilmiş ve burada 35 gün yetiştirilmişlerdir. Bu süreç sonunda platinin standart boyu 3,71±0,19 cm, kılıçkuyruğun ise 4,11±0,21 cm olarak ölçülmüştür. Deneme boyunca su sıcaklıkları planlanan sıcaklıklarda kontrol edilmiş, akvaryumlar merkezi bir hava motoruyla havalandırılarak sular oksijenlendirilmiştir. Yem artıkları ve dışkıları her gün sifonlanarak temizlenmiş, yerine havalandırılmış ve dinlendirilmiş taze su eklenmiştir. Bu süreçte 12 saat aydınlık/karanlık ışık periyodu uygulanmıştır. Alıştırmaya süresinde suların oksijen seviyesi ≥6,5 mg/L, pH 7,5-7,8, sertlik ise 305 mg/L CaCO<sub>3</sub> olarak ölçülmüştür. Akvaryum sularının sıcaklık seviyelerinin düzenlenmesi,

termostatlı su ısıtıcısı (Xilong AT-700) ve su soğutucu (Resun 650-CL) ile sağlanmıştır.

Alıştırmaya akvaryumlarında tutulan balıklar 1 gün aç bırakıldıktan sonra CTMin ve CTMax denemeleri için aynı sıcaklıklara sahip 10 L'lik cam akvaryuma aktarılmıştır. Her bir deneme 3 tekrerrürlü olup, her bir tekrerrürde 5 balık kullanılmıştır. Böylece çalışmada her bir balık türünden CTMin için 45, CTMax için 45 olmak üzere toplam 90 adet birey kullanılmıştır. CTM denemeleri süresince akvaryumlar bir hava motoruyla sürekli havalandırılarak oksijen miktarı uygun düzeylerde tutulmuş, ayrıca sıcaklığın akvaryumun her alanında eşit olması sağlanmıştır.

Balıkların CTMin ve CTMax değerleri 20, 24 ve 28°C su sıcaklıklarında ayrı ayrı belirlenmiştir. Ayrıca elde edilen CTM verileri kullanılarak ARR ve TTPA değerleri hesaplanmıştır. Balıkların sıcaklık tolerans limitlerinin belirlenmesinde Kritik Termal Metodoloji (CTM) yöntemi (Cowles ve Bogert, 1944) kullanılmıştır. Akvaryum balıkları küçük olduğu için, sıcaklığın artırılması veya düşürülmesinde Becker ve Genewoy (1979) tarafından küçük balıklar için önerilen 0,3°C/d su değişim oranı tercih edilmiştir. Su sıcaklığı balığın motor aktivitesi ve koordinasyonunu yitirdiği ve sonuçta denge kaybının oluştuğu (loss of equilibrium; LOE) ana kadar ısıtılmış (CTMax) veya soğutulmuştur (CTMin). LOE için, balıkların 1 dakikadan fazla dorsoventral oryantasyonu sürdürmemesi esas alınmıştır (Bennett ve Beitinger, 1997). Balıkların bireysel olarak kaydedilen CTM değerlerinin aritmetik ortalaması, grupların CTM değeri olarak not edilmiştir. ARR değeri  $\Delta CTM/\Delta T$  formülü ile hesaplanmıştır (Claussen, 1977).  $\Delta CTM$ , alıştırmaya su sıcaklığının azaltılması veya artırılması sonucunda balıkların denge kaybına başladıkları ilk ve son sıcaklık noktaları arasındaki farkı,  $\Delta T$  ise alıştırmaya su sıcaklıkları arasındaki farkı tanımlamaktadır. Çeşitli araştırmacılar (Bennett ve Beitinger, 1997; Eme ve Bennett, 2009) tarafından tanımlanan TTPA, Yanar vd. (2019)'nin önermiş olduğu, koordinat sisteminde horizontal (alıştırmaya su sıcaklığı) ve vertikal (CTM) aksisler arasında kalan yamuk alanı formülünden  $[(a+c) \times h/2]$  yararlanılarak hesaplanmıştır. Ardışık her alıştırmaya sıcaklık aralığı için TTPA =  $(CTMax1-CTMin1)^a + (CTMax2-CTMin2)^c \times (\Delta AT)^{h/2}$  formülü kullanılmıştır. Burada "a" ve "c" yamuğun paralel kenarlarını, "h" yamuğun yüksekliğini, "ΔAT" ardışık iki alıştırmaya sıcaklık arasındaki farkı sembolize etmektedir. Ardışık AT aralıkları arasında kalan alanların toplamı ise, toplam TTPA değerini vermektedir.

CTMin ve CTMax denemeleri süresince balıkların sıcaklık değişimine karşı gösterdikleri hareketlilik, denge kaybı, salgı üretme ve dışkılama gibi tepkiler gözlenerek not edilmiştir. CTM denemelerinden sonra dengesini yitip bayılan balıklar buldukları akvaryumlardan alınıp sıcaklığı 24°C olan iklimasyon akvaryumlarına kademeli olarak alıştırmıştır. Balıklar burada 4 gün gözlemlenerek deneme sonrası yaşama oranları kaydedilmiştir.

Her bir balık türünün alıştırma su sıcaklıklarında CTM değerleri arasındaki farklılıklar, SPSS (versiyon 20,0) programında tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ile tespit edilmiş ve gruplar arasındaki farklılıklar Tukey testi ile %5 önem seviyesinde belirlenmiştir. Metindeki veriler ortalama  $\pm$  standart sapma (SD) olarak kaydedilmiştir.

## BULGULAR

Balıkların CTM değerleri alıştırma sıcaklığından (AT) önemli düzeyde etkilenmiştir ( $P<0,05$ ). AT arttıkça CTMin ve CTMax değerleri artmıştır. Kılıçkuyrukta 20, 24 ve 28°C AT'de CTMin değerleri sırasıyla 9,83, 11,53 ve 13,23°C, CTMax değerleri ise 36,94, 38,89 ve 40,07°C olarak gerçekleşmiştir. Buna göre, 20 ve 28°C AT, kılıçkuyruğun CTMin değerlerinde 3,40°C, CTMax değerinde ise 3,13°C bir fark yaratmıştır. Plati için de benzer durum söz konusudur. 20, 24 ve 28°C AT'de CTMin değerleri sırasıyla 8,82, 10,22 ve 11,03°C, CTMax değerleri ise 37,41, 39,19 ve 40,52°C olarak gerçekleşmiştir. 20 ve 28°C AT baz alınırca, bu türde CTMin değerlerinde 2,21°C, CTMax değerlerinde ise 3,11°C bir sıcaklık farkı olmuştur (Tablo 1).

**Tablo 1.** Balıkların CTM değerleri  
**Table 1.** CTM values of fish

Türler	Alıştırma Sıcaklıkları (°C)			
	20	24	28	
CTMin	Kılıçkuyruk	9,83 $\pm$ 0,40 <sup>a</sup>	11,53 $\pm$ 0,32 <sup>b</sup>	13,23 $\pm$ 0,60 <sup>c</sup>
	Plati	8,82 $\pm$ 0,43 <sup>a</sup>	10,22 $\pm$ 0,28 <sup>b</sup>	11,03 $\pm$ 0,47 <sup>c</sup>
CTMax	Kılıçkuyruk	36,94 $\pm$ 0,32 <sup>a</sup>	38,89 $\pm$ 0,24 <sup>b</sup>	40,07 $\pm$ 0,29 <sup>c</sup>
	Plati	37,41 $\pm$ 0,46 <sup>a</sup>	39,19 $\pm$ 0,40 <sup>b</sup>	40,52 $\pm$ 0,24 <sup>c</sup>

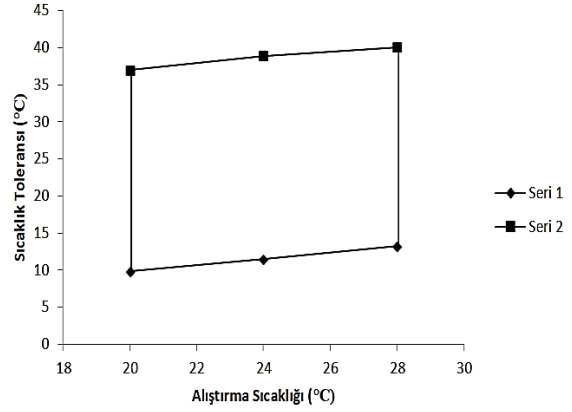
Sonuçlar ortalama $\pm$ standart sapma (n=15) şeklinde verilmiştir. Her satırda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ( $P<0,05$ ).

CTMin ARR değerleri alıştırma sıcaklıklarına bağlı olarak kılıçkuyrukta 0,42-0,42, platide 0,20-0,34 arasında değişirken, CTMax ARR değerleri kılıçkuyrukta 0,29-0,48, platide ise 0,33-0,44 arasında değişmiştir (Tablo 2).

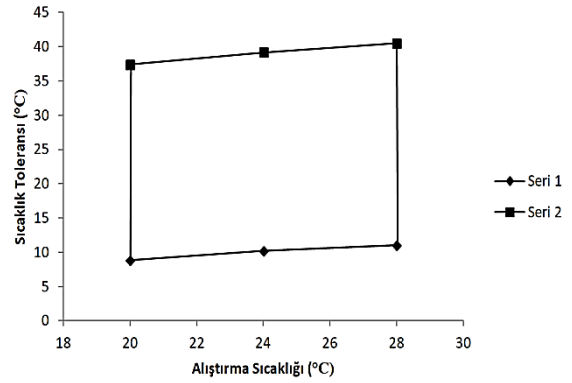
**Tablo 2.** Balıkların ARR değerleri  
**Table 2.** ARR values of fish

Türler	Alıştırma sıcaklıkları (°C)			
	20-24	24-28	20-28	
CTMin	Kılıçkuyruk	0,42	0,42	0,42
	Plati	0,34	0,20	0,27
CTMax	Kılıçkuyruk	0,48	0,29	0,39
	Plati	0,44	0,33	0,38

Balıkların TTPA değerleri kılıçkuyrukta 217,3°C<sup>2</sup> (Şekil 1) platide ise biraz daha yüksek olup 232°C<sup>2</sup> (Şekil 2) olarak hesaplanmıştır.

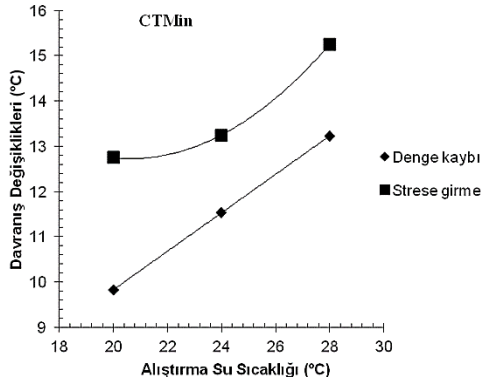


**Şekil 1.** Kılıçkuyruğun (*X. helleri*) termal tolerans poligon alanı  
**Figure 1.** Thermal tolerance polygon area of swordtail (*X. helleri*)



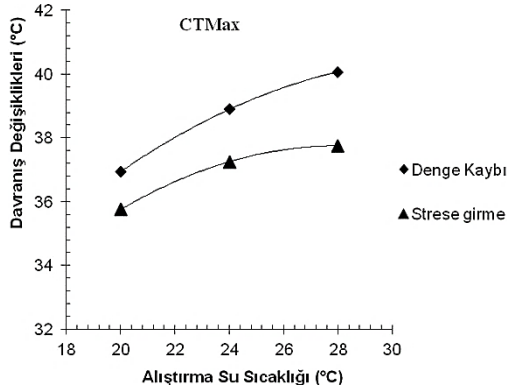
**Şekil 2.** Platinin (*X. maculatus*) termal tolerans poligon alanı  
**Figure 2.** Thermal tolerance polygon area of platy (*X. maculatus*)

Balıklar kritik sıcaklıklara yaklaşırken denge kaybından (LOE) önce bazı davranış değişiklikleri göstermişlerdir. Bu değişiklikler alt ve üst kritik sıcaklığa göre değişmiştir. Her iki balık türünde CTMin uygulamasında kritik düşük sıcaklığa yaklaşırken denge kaybından önce balıkların hareketlerinde giderek artan bir yavaşlama/durağanlaşma göze çarparken, CTMax uygulamasında kritik yüksek sıcaklığa yaklaşırken denge kaybından önce giderek artan bir hiperaktivite, ani sıçrama ve amaçsız yüzme, ayrıca mukus salgınımı ve dışkılama gözlenmiştir. Alıştırma sıcaklığına bağlı olarak gözlenen bu stres davranışları kılıçkuyrukta CTMin uygulamasında su sıcaklığı kritik düşük seviyeye yaklaşırken 15,4-12,8°C'de başlamış, denge kayıpları ise 13,23-9,83°C arasında gerçekleşmiştir (Şekil 3). CTMax uygulamasında ise aynı türde su sıcaklığı kritik yüksek seviyeye yaklaşırken stres davranışları 35,6-37,6°C'de başlamış, denge kayıpları ise 36,94-40,07°C arasında gerçekleşmiştir (Şekil 4). Diğer yandan platide CTMin uygulamasında su sıcaklığı kritik düşük seviyeye yaklaşırken stres davranışları 14,4-11,5°C'de başlamış, denge kayıpları ise 11,03-8,82°C arasında gerçekleşmiştir (Şekil 5). CTMax uygulamasında ise su sıcaklığı kritik yüksek seviyeye yaklaşırken stres davranışları 35,2-37,6°C'de başlamış, denge kayıpları ise 37,41-40,52°C arasında gerçekleşmiştir (Şekil 6).



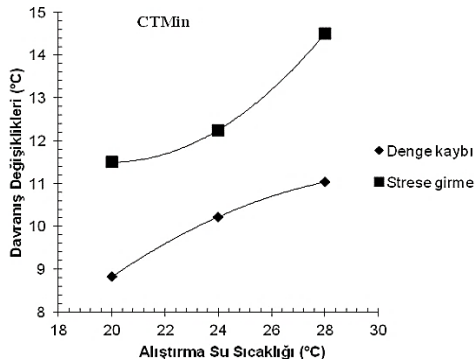
Şekil 3. Kılıçkuyruğun (*X. helleri*) CTMin uygulamasında kritik düşük sıcaklığa tepkisi

Figure 3. The response of swordtail (*X. helleri*) to critical low temperature in CTMin application



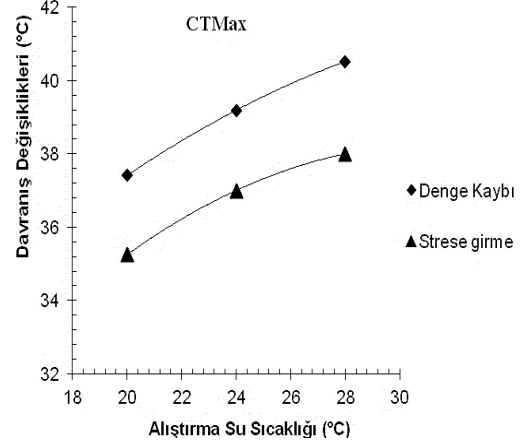
Şekil 4. Kılıçkuyruğun (*X. helleri*) CTMax uygulamasında kritik yüksek sıcaklığa tepkisi

Figure 4. The response of swordtail (*X. helleri*) to critical high temperature in CTMax application



Şekil 5. Platinin (*X. maculatus*) CTMin uygulamasında kritik düşük sıcaklığa tepkisi

Figure 5. The response of platy (*X. maculatus*) to critical low temperature in CTMin application



Şekil 6. Platinin (*X. maculatus*) CTMax uygulamasında kritik yüksek sıcaklığa tepkisi

Figure 6. The response of platy (*X. maculatus*) to critical high temperature in CTMax application

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Alıştırma su sıcaklıkları (AT) her iki balık türünün CTM değerlerini önemli düzeyde etkilemiştir. AT'nin Kılıçkuyruğun CTMin ve CTMax değerlerinde sırasıyla 3,40 ve 3,13; platide ise 2,21 ve 3,11°C bir sıcaklık farkı yaratması, AT'nin balıkların sıcaklık tolerans yeteneğini önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. AT'nin bu etkisi Prodocimo ve Freire (2001) tarafından da gösterilmiştir. Balıkların ortam sıcaklığından etkilenmelerinin nedeni, memeli ve kuşlardan farklı olarak, vücut sıcaklıklarının değişken olmalarına (poikloterm), dolayısıyla su sıcaklığına çok daha fazla bağımlı olmalarına bağlanmıştır. Poecilidler genelde tropik balıklardır ve bu aileye ait olan kılıçkuyruk ve platinin alt ve üst sıcaklık limitleri de buna uygun çıkmıştır. İki türün CTMax değerleri birbirlerine yakın olmakla birlikte, platinin CTMin değeri kılıçkuyruğa göre nispeten daha düşük bulunmuştur. Bu iki türün hem düşük ve hem yüksek sıcaklık toleransları ailenin diğer üyelerine göre nispeten düşük gözükmektedir. Örneğin Hernández ve Bückle (2002) moli (*Poecilia sphenops*) için CTMin ve CTMax değerlerini sırasıyla 7,5-12,5°C ve 38,8-43°C; Yanar vd. (2019), yelken kuyruk moli (*P. latipinna*) için 6,80-8,63 °C ve 38,73-41,83°C; lepistes (*P. reticulata*) için 9,41-11,95 ve 39,71- 41,80°C; Bierbach vd. (2010), *P. latipinna* için 7,6 ve 41,0°C olarak bildirmişlerdir. Diğer yandan *P.mexicana*'nın CTMin değerleri 9,1-11,3°C, *P. formasa*'nın ise 9,7°C olarak rapor etmiştir (Beirbach vd., 2010).

CTMin ARR değerleri alıştırma sıcaklıklarına bağlı olarak kılıçkuyrukta 0,42-0,42, platide 0,20-0,34 arasında değişirken, CTMax ARR değerleri kılıçkuyrukta 0,29-0,48, platide ise 0,33-0,44 arasında değişmiştir. Kılıçkuyruk ve platinin ARR verileri ilk olarak bu çalışmada ortaya konmuştur. Aynı aileden



molinin CTMin ve CTMax ARR değerleri sırasıyla 0,22 ve 0,38, lepistesin ise 0,31 ve 0,26 olarak bildirilmiştir (Yanar vd., 2019). Alıştırma sıcaklıklarının CTM değerleri üzerindeki değişiminin matematiksel ifadesi ARR balıkların sıcaklık dalgalanmalarına karşı dayanıklılığını ifade eder (Claussen, 1977). Bir balığın ARR değerinin yüksek olması, sıcaklık dalgalanmalarına karşı toleransının yüksek olduğunu gösterir. Subtropikal iklimlerde mevsimsel geçişlerde sıcaklık dalgalanmaları fazla olduğu için, bu bölgelerde yaşayan balıkların ARR değerlerinin daha yüksek, tropik bölgelerde ise daha düşük olması beklenir (Herrera vd., 1998; Re vd., 2005). Kılıçkuyruk ve plati tropik türler olduğu için, beklenildiği gibi tropik balıkların ARR değerlerini yansıtmaktadır. Yanar vd., (2019) 10 tropik akvaryum balık türünün CTMin ARR değerlerini 0,18 (vatoz, *Hypostomus plecostomus*) ve 0,63 (zebra balığı, *Brachydanio rerio*) aralığında; CTMax ARR değerlerini ise 0,25 (sarı prenses, *Labidochromis caeruleus*) ve 0,67 (tetrazon, *Puntius tetrazona*) aralığında bulmuşlardır. Kılıçkuyruk ve platinin ARR değerleri bu balıkların içinde orta sıralarda gözükmektedir.

Kılıçkuyrukta 217,3°C<sup>2</sup>, plati balığında 232°C<sup>2</sup> olarak saptanan TTPA değerleri beklenildiği gibi tropikal balıkların değerlerine oldukça yakındır. Aynı alıştırma sıcaklıklarında, plati ve kılıçkuyrukla aynı aileye ait türlerde yapılan bir çalışmada (Yanar vd., 2019) TTPA değerleri siyah molide 259°C<sup>2</sup>, lepisteste 242°C<sup>2</sup> olarak bildirilmiştir. Bu verilere göre, kılıçkuyruk ve platinin TTPA değerleri aynı aileden olan siyah moli ve lepistese göre nispeten daha düşüktür. Diğer bir anlatımla sıcaklık varyansları daha dardır. *Cyprinid* veya *Cyprinodontid* gibi subtropikal türlerde ise TTPA değerleri *Carassius auratus* için 1,429°C (Ford ve Beitinger, 2005), *Cyprinodon variegatus* için 1,470°C (Bennett ve Beitinger, 1997) gibi oldukça yüksek değerlerde bildirilmiştir. Dolayısıyla kılıçkuyruk ve platinin TTPA değerlerinin düşük olması, bu

balıkların subtropikal iklimlerde coğrafik dağılımları ve yetiştiriciliklerini sınırlayacaktır.

Su sıcaklığı düşerken denge kaybından önce balıkların hareketlerinde giderek artan bir yavaşlama; sıcaklık yükselirken ise artan oranda bir hiperaktivite, ani sıçrama ve amaçsız yüzme, ayrıca mukus salgınımı ve dışkılama davranışları, sıcaklığa bağlı stres olarak değerlendirilmiştir. Gerek CTMin gerekse CTMax uygulamasında bu stres davranışları, denge kaybının gerçekleştiği sıcaklıktan yaklaşık 3-4°C önceki sıcaklıklarda başlamıştır. Denge kaybından önce sıcaklık değişimine bağlı bu stres belirtileri, sıcaklığın henüz kritik eşik seviyeye gelmeden önce önlem alınması açısından önemlidir. Yetiştiriciler su sıcaklığının henüz kritik eşik seviyeye gelmeden önce balıkların sıcaklığa bağlı bu tepkilerini bilirlerse, önlem almaları için fırsatları olacaktır. Balıkların kritik sıcaklık seviyesine yaklaşırken gösterdikleri bu stres davranışları, benzer şekilde, Yanar vd., (2019) tarafından 13 akvaryum balık türü üzerinde de gösterilmiştir.

CTM denemeleri sonlandırıldıktan sonra balıklar gözlem akvaryumlarına (24°C) aktarıldıklarından sonra, iki balık türünde yaşama oranı CTMin uygulananlarda %100, CTMax uygulananlarda ise %95-96 dolayında gerçekleşmiştir. Dolayısıyla kritik yüksek sıcaklık, kritik düşük sıcaklığa göre daha öldürücü bulunmuştur. Benzer sonuçlar Yanar vd., (2019) tarafından pek çok balık türünde rapor edilmiştir. Dolayısıyla kısa süreli de olsa, balıkları özellikle yüksek sıcaklık şokundan korunması gerekir.

## TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasına FYL-2019-11433 nolu projeye finansal destek sağlayan Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ederiz.

## KAYNAKÇA

- Becker, C.D. & Genoway, R.G. (1979). Evaluation of the critical thermal maximum for determining thermal tolerance of freshwater fish. *Environmental Biology of Fishes*, 4(3), 245-256. DOI:10.1007/BF00005481
- Beitinger, T.L., Bennett, W.A. & McCauley, R.W. (2000). Temperature tolerances of North American freshwater fishes exposed to dynamic changes in temperature. *Environmental biology of fishes*, 58(3), 237-275. DOI:10.1023/A:1007676325825
- Bennett, W.A. & Beitinger, T.L. (1997). Temperature Tolerance of the Sheepshead Minnow, *Cyprinodon variegatus*. *Copeia*, 77-87. DOI: 10.2307/1447842
- Bierbach, D., Schleucher, E., Hildenbrand, P., Köhler, A., Rodriguez, L.A., Riesch R. & Plath, M. (2010). Thermal tolerances in mollies (*Poecilia* spp.): reduced physiological flexibility in stable environments? *Bulletin of Fish Biology*, 12(1/2), 83-89.
- Claussen, D.L. (1977). Thermal acclimation in ambystomatid salamanders. *Comparative Biochemistry and Physiology - Part A*: 58, 333-340. DOI: 10.1016/0300-9629(77)90150-5
- Cowles, R.B. & Bogert, C.M. (1944). A preliminary study of the thermal requirements a desert reptiles. *Iguana*, 83, 265-296.
- Cox, D.K. (1974). Effects of three heating rates on the critical thermal maximum of bluegill. *Thermal ecology*, 158-163.
- Crossman, E.J. (1991). Introduced freshwater fishes: a review of the North American perspective with emphasis on Canada. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 48(S1), 46-57. DOI:10.1139/f91-303
- Eme, J. & Bennett, W.A. (2009). Critical Thermal Tolerance Polygons of Tropical Marine Fishes from Sulawesi, Indonesia. *Journal of Thermal Biology*, 34, 220-225. DOI:10.1016/j.jtherbio.2009.02.005
- Ford, T. & Beitinger, T.L. (2005). Temperature tolerance in the goldfish, *Carassius auratus*. *Journal of Thermal Biology*, 30(2), 147-152. DOI:10.1016/j.jtherbio.2004.09.004
- Gouveia, L., Rema, P., Pereira, O. & Empis, J. (2003). Colouring ornamental fish (*Cyprinus carpio* and *Carassius auratus*) with microalgal biomass. *Aquaculture Nutrition*, 9(2), 123-129. DOI:10.1046/j.1365-2095.2003.00233.x
- Hensen, R.R., Ploeg, A. & Fossa, S.A. (2010). Standard Names for Freshwater Fishes in the Ornamental Aquatic Industry. The Netherlands: OFI Education Publication.

- Hernández, R.M. & Bückle R, L.F. (2002). Temperature tolerance polygon of *Poecilia sphenops* Valenciennes (Pisces: Poeciliidae). *Journal of Thermal Biology*, 27(1), 1-5. DOI: [10.1016/S0306-4565\(01\)00008-0](https://doi.org/10.1016/S0306-4565(01)00008-0)
- Herrera, D.F., Uribe, S.E., Ramirez, B.L.F. & Mora, G.A. (1998). Critical thermal maxima and minima of *Macrobrachium rosenbergii* (Decapoda: Palaemonidae). *Journal of Thermal Biology*, 23(6), 381-385. DOI: [10.1016/S0306-4565\(98\)00029-1](https://doi.org/10.1016/S0306-4565(98)00029-1)
- Lever, C. (1996). *Naturalized fishes of the world*. New York: Academic Press.
- Lovell, R.T. (2000). Nutrition of ornamental fish. In: Bonagura, J. (Ed.), *Kirk's Current Veterinary Therapy XIII-Small Animal Practice* (pp. 1191-1196). Philadelphia: W.B. Saunder.
- Lutterschmidt, W.I. & Hutchison, V.H. (1997). The critical thermal maximum: history and critique. *Canadian Journal of Zoology*, 75(10), 1561-1574. DOI: [10.1139/z97-783](https://doi.org/10.1139/z97-783)
- Penning, M., Reid, G. McG., Koldewey, H., Dick, G., Andrews, B., Arai, K., Garrat, P., Gendson, S., Lange, J., Tanner, K., Tonge, S., Van den Sande, P., Warmolts, D. & Gibson, C. (2009). Turning the tide: A global aquarium strategy for conservation and sustainability. World Association of Zoos and Aquariums, Bern, Switzerland.
- Prodócimo, V. & Freire, C.A. (2001). Critical thermal maxima and minima of the platyfish *Xiphophorus maculatus* Günther (Poeciliidae, Cyprinodontiformes)-A tropical species of ornamental freshwater fish. *Revista Brasileira de Zoologia*, 18(1), 97-106. DOI: [10.1590/S0101-81752001000500007](https://doi.org/10.1590/S0101-81752001000500007)
- Raghavan, R., Dahanukar, N., Tlusty, M., Rhyne, A., Kumar, K., Molur, S. & Rosser, A. (2013). Uncovering an obscure trade: Threatened freshwater fishes and the aquarium pet markets. *Biological Conservation*, 164, 158-169. DOI: [10.1016/j.biocon.2013.04.019](https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.04.019)
- Re, A.D., Diaz, F., Sierra, E., Rodriguez, J. & Perez, E. (2005). Effect of salinity and temperature on thermal tolerance of brown shrimp *Farfantepenaeus aztecus* (Ives) (Crustacea, Penaeidae). *Journal of Thermal Biology*, 30(8), 618-622. DOI: [10.1016/j.jtherbio.2005.09.004](https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2005.09.004)
- Rhyne, A.L., Tlusty, M.F., Schofield, P.J., Kaufman, L. & Morris Jr, J.A. (2012). Revealing the appetite of the marine aquarium fish trade: the volume and biodiversity of fish imported into the United States. *PLoS One*, 7(5), e35808. DOI: [10.1371/journal.pone.0035808](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0035808)
- Ross, S.T. (1991). Mechanisms structuring stream fish assemblages: are there lessons from introduced species? *Environmental Biology of Fishes*, 30(4), 359-368. DOI: [10.1007/BF02027979](https://doi.org/10.1007/BF02027979)
- Spotila, J.R., Terpin, K.M., Koons, R.R. & Bonati, R.L. (1979). Temperature requirements of fishes from eastern Lake Erie and the upper Niagara River: a review of the literature. *Environmental Biology of Fishes*, 4(3), 281-307. DOI: [10.1007/BF00005485](https://doi.org/10.1007/BF00005485)
- Tuckett, Q.M., Ritch, J.L., Lawson, K. M., Lawson, L. L. & Hill, J. E. (2016). Variation in cold tolerance in escaped and farmed non-native green swordtails (*Xiphophorus hellerii*) revealed by laboratory trials and field introductions. *Biological Invasions*, 18(1), 45-56. DOI: [10.1007/s10530-015-0988-y](https://doi.org/10.1007/s10530-015-0988-y)
- USGS (U. S. Geological Survey), (2004). Nonindigenous aquatic species database, Gainesville, Florida. Alıntılanma adresi: <http://nas.er.usgs.gov> (14.09.2020).
- Yanar, M., Erdogan, E. & Kumlu, M. (2019). Thermal tolerance of thirteen popular ornamental fish species. *Aquaculture*, 501, 382-386. DOI: [10.1016/j.aquaculture.2018.11.041](https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.11.041)