



Farklı Su Sıcaklıklarında Tutulan Pullu Sazan (*Cyprinus carpio*)’da Çörek Otu (*Nigella sativa*) Yağının Oksidatif Stres ve Bazı Antioksidan Parametrelere Etkisi

Serpil Mişe Yonar*

Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, 23119 Elazığ, Türkiye

MAKALE BİLGİSİ

Araştırma Makalesi

Geliş 16 Mart 2017
Kabul 27 Nisan 2017

Anahtar Kelimeler:

Antioksidan sistem
Cyprinus carpio
Çörek otu yağı
Oksidatif stres
Sıcaklık
Pullu sazan

* Sorumlu Yazar:

E-mail: serpilmise@gmail.com

Ö Z E T

Bu çalışmada; farklı su sıcaklıkları uygulanmış pullu sazan (*Cyprinus carpio*)’da malaondialdehit (MDA) ve glutatyon (GSH) düzeyi ile glutatyon-S-transferaz (GST) enzim aktivitesine çörek otu yağının etkisi araştırılmıştır. 20, 24 ve 28°C’ de tutulan balıklara çörek otu yağı (10 mg/kg yem) uygulanmıştır. Kontrol grubu olarak 24°C’de tutulan balıklar seçilmiştir. Uygulama 10 gün devam etmiş ve bu sürenin sonunda balıklardan karaciğer ve böbrek örnekleri alınmıştır. Çalışma sonucuna göre 20°C ve 28°C’deki balıkların MDA düzeyinin önemli oranda arttığı, GSH düzeyi ile GST aktivitesinin düştüğü tespit edilmiştir. Bu gruplarda çörek otu yağı uygulamasıyla MDA düzeyinin istatistiksel olarak önemli düzeyde düştüğü, GSH düzeyi ile GST aktivitesinin önemli oranda yükseldiği belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, balıklarda sıcaklık farklılıklarından kaynaklanan strese karşı çörek otu yağı antioksidan olarak kullanılabilir.

Turkish Journal Of Agriculture - Food Science And Technology, 5(9): 1038-1043, 2017

The Effect of Black Cumin (*Nigella sativa*) Oil on Oxidative Stress and Some Antioxidant Parameters in Scaly Carp (*Cyprinus carpio*) Held at Different Water Temperatures

ARTICLE INFO

Research Article

Received 16 March 2017
Accepted 27 April 2017

Keywords:

Antioxidant system
Black cumin oil
Cyprinus carpio
Oxidative stress
Scaly carp
Temperature

ABSTRACT

In this study, it was investigated the effect of black cumin oil on malondialdehyde (MDA) and glutathione (GSH) levels and glutathione-S-transferase (GST) activity in scaly carp (*Cyprinus carpio carpio*) held at different water temperatures. Black cumin oil (10 mg/kg feed) were administered to the fish maintained at 20, 24 and 28°C. The fish maintained at 24°C were selected as control group. Treatment was continued for 10 days, and at the end of this period, liver and kidney samples were obtained from fish. The MDA level of fish at 20 and 28°C was significantly increased, while the GSH level and GST activity were significantly decreased. The MDA level was significantly decreased, while the GST activity and the GSH level were significantly increased with black cumin oil administration to these groups. According to the data obtained, black cumin oil may be used as an antioxidant against the stress caused by temperature differences in fish.

* Corresponding Author:

E-mail: serpilmise@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v5i9.1038-1043.1231>

Giriş

Tüm canlı organizmalarda olduğu gibi balıklarda da tüm yaşamsal faaliyetler sıcaklıkla etkilenmektedir. Sıcaklık balıklar için fizyolojik açıdan kilit bir rol oynamaktadır. Su sıcaklığı balıkların yaşamını, büyümesini ve beslenmesini, ovaryum ve yumurta gelişimini, bağışıklık sisteminin çalışmasını, osmoregülasyonu ve diğer birçok fizyolojik fonksiyonlarını etkileyen en önemli çevresel faktörlerden biridir (Dikel, 2009; Lou ve ark., 2011).

Sazan, dünyada en çok üretilen, ülkemizde hem yetiştiriciliği yapılan hem de doğal olarak geniş dağılım gösteren ayrıca laboratuvar ortamına kolayca adapte olabilen önemli bir balık türüdür. Ilıman bölgelerdeki sıcak sularla yaşasa da sıcaklığın 1°C'ye düştüğü sularla bile yaşamını devam ettirebilmektedir. 4-30°C sıcaklık aralığına kolaylıkla adapte olabilen sazanın en iyi geliştiği sıcaklık 24-26°C'dir (Çelikkale 2002). Sıcaklığa karşı toleranslarının yüksek olması bu balıkları sıcaklıkla ilgili stres çalışmalarında önemli kılmaktadır.

Oksidatif stres, hücresel metabolizma sırasında oluşan hidroksil radikali, süperoksit radikali ve hidrojen peroksit gibi reaktif oksijen türlerinin artışı (ROS) ile onları detoksifiye eden, antioksidanların yetersizliği sonucu oksidatif dengenin bozulması olarak tanımlanır. Oksidatif streste artış sonucunda oluşan reaktif oksijen türleri hücre içi lipitlerin çift bağ içeren gruplarına saldırır ve bir hidrojen atomu kopararak lipit peroksidasyonunu başlatırlar. Serbest radikallerin etkileri ile makromoleküllerin oksidatif hasarı sonucunda açığa çıkan malondialdehit (MDA) hücreli bileşenlerde meydana gelen oksidatif stresin en önemli göstergelerinden biridir (Özcan ve ark., 2015). Bütün aerobik organizmalar gibi balıklarda da oksidatif stresi ve bunların meydana getirdiği hasarı önlemek için vücutta birçok savunma mekanizmaları gelişmiştir. Bunlar antioksidan savunma sistemleri olarak bilinirler ve enzimatik karakterdeki süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), glutatyon peroksidaz (GSH-Px), glutatyon-S-transferaz (GST) ile enzimatik olmayan redükte glutatyon (GSH), A, E ve C vitaminleri gibi maddelerden oluşurlar (Dautremepuits ve ark., 2003; Trenzado ve ark., 2006).

Ranunculaceae familyasına ait olan *Nigella sativa* bitkisi eski Mısır ve Yunan hekimleri tarafından baş ağrısı, burun tıkanıklığı, diş ağrısını tedavi etmek, bağırsak kurtlarının dökülmesini sağlamak, menstürasyonu düzenlemek ve anne sütünü arttırmak için kullanılmıştır. Geleneksel ilaç olarak Orta Doğu ve Uzak Doğu' da halk arasında uzun süredir kullanılan çörek otu yağının antibakteriyel, antifungal, antidiyabetik, immunomodülatör, antiinflamatuvar, analjezik, antiviral, antioksidan ve antihiperlipidemik etkileri bildirilmiştir. Çörek otunun etkin maddesi olan timokinonun (TQ) oksidatif hasara karşı koruyucu bir etkiye sahip olduğu ve intrasellüler glutatyon (GSH) üretimini arttırdığı kantitatif olarak saptanmıştır (Ahmad ve ark., 2013; Yüncü ve ark., 2013). Çörek otu yağının balıklardaki etkileri konusunda birkaç çalışma yapılmıştır. Örneğin Dorucu ve ark. (2009) alabalıklarda immun-hematolojik ve nonspesifik bağışıklığa, Dubakel ve ark. (2012) büyüme ve kan glukoz düzeylerine, Awad ve ark. (2013) ise spesifik ve nonspesifik bağışıklığa çörek otu yağının etkilerini araştırmışlardır.

Farklı balık türlerinde su sıcaklığının oluşturduğu stresi araştıran birkaç çalışma olmasına rağmen çörek otu yağının antioksidan etkisini inceleyen herhangi bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmada farklı su sıcaklıklarında tutulan pullu sazanın karaciğer ve böbrek dokusundaki MDA ve GSH düzeyi ile GST aktivitesine çörek otu yağının etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Çalışmada, Keban Barajı Su Ürünleri Şube Müdürlüğü'nden temin edilen ve ortalama ağırlığı 50 ± 5 g olan toplam 90 balık kullanılmıştır. Balıklar 33 x 100 x 60 cm boyutlarında ve su sıcaklığı ayarlanabilir ısıtıcılarla 24°C'ye ayarlanmış 6 farklı cam akvaryuma yerleştirilerek 15 gün süreyle adaptasyonları sağlanmıştır. Çalışmada laboratuvar ortamına kolayca adapte olmaları ve sıcaklığa karşı toleranslarının yüksek olması nedeniyle bu balık türü seçilmiştir. Balıkların büyüklük ve uzunluk olarak homojen olmasına dikkat edilmiş, cinsiyet farklılığı göz ardı edilmiş ve rastgele örnekleme yapılmıştır.

Adaptasyon süresinden sonra, balıkların yerleştirildiği akvaryumlardan 2'sinin sıcaklığı 20°C'ye düşürülürken, diğer ikisinin ise 28°C'ye yükseltilmiştir. Bu işlem her iki saatte bir sıcaklığın 1°C azaltılması/arttırılması şeklinde yapılmıştır. Böylece 20, 24 ve 28°C su sıcaklığına sahip aşağıdaki gruplar oluşturularak çörek otu yağı oral yolla uygulanmıştır.

Grup 1: 20°C sıcaklıkta tutulan ve çörek otu yağı uygulanmayan grup,

Grup 2: 24°C sıcaklıkta tutulan ve çörek otu yağı uygulanmayan grup (*Kontrol grubu*),

Grup 3: 28°C sıcaklıkta tutulan ve çörek otu yağı uygulanmayan grup,

Grup 4: 20°C sıcaklıkta tutulan ve 10 mg/kg yem oranında çörek otu yağı uygulanan grup,

Grup 5: 24°C sıcaklıkta tutulan ve 10 mg/kg yem oranında çörek otu yağı uygulanan grup,

Grup 6: 28°C sıcaklıkta tutulan ve 10 mg/kg yem oranında çörek otu yağı uygulanan grup.

Çalışmada kullanılan yemlerinin hazırlanması için çörek otu yağı 10 mg/kg yem olacak şekilde tartılmış ve daha sonra özel bir firmadan alınan ve toz haline getirilen yemle homojen olarak karıştırılarak 10 gün boyunca günde iki kez balıkların vücut ağırlıklarının %2'si oranında oral yolla balıklara adlibitum uygulanmıştır. Çörek otu yağı saf olarak (%100) bir eczaneden temin edilmiştir. Çörek otu yağının uygulanan dozu ise Dorucu ve ark. (2009) referans alınarak belirlenmiştir.

Sazanlar için optimum su sıcaklığı 22-24°C olarak belirtilmiştir (Çelikkale, 1994). Bu nedenle 24°C sıcaklıkta tutulan balıklar kontrol grubu olarak seçilmiştir. Çalışma sırasında su sıcaklığının ayarlanan seviyelerde sabit kalarak süreklilik göstermesi için günde 4 defa ölçüm yapılmıştır.

Çalışmanın 3. ve 7. günlerinde akvaryum sularının 1/3'ü sifonlama yapılarak değiştirilmiştir. Eksilen sular daha önceden sıcaklıkları 20, 24 ve 28°C'ye ayarlanmış

sularla tamamlanmıştır. Çalışma 3 tekrarlı olarak yürütülmüş, her bir tekrar için 30 adet olmak üzere toplamda 90 balık kullanılmıştır. Fırat Üniversitesi Deney Hayvanları Etik Kurulu tarafından istenen ve belirlenen (hayvanın türü, sayısı, cinsiyeti, yaşı ve ağırlığı, anestezi altında kan alma ve otopsi, istatistiksel olarak deney gruplarındaki hayvan sayıları) tüm kurallara uyulmuştur.

Deneme sonunda benzokain (25 mg/L) ile bayıltılan balıklar usulüne uygun şekilde otopsi edilerek (Arda ve ark., 2005) karaciğer ve böbrek örnekleri alınmıştır. Homojenatların hazırlanması için örnekler serum fizyolojik (%0,09 NaCl) ile yıkanmıştır. İki süzgeç kağıdı arasında suyu alındıktan sonra %1,15'lik KCl içinde 1:10 oranında sulandırılarak homojenize edilmiştir. Elde edilen homojenatlar 50 ml'lik propilen tüplerde soğutmalı santrifüjde 3200 rpm'de +4°C'de 10 dakika santrifüj edildikten sonra süpernatantlar alınmıştır. Alınan süpernatantların MDA düzeylerinde meydana gelen değişimler Placer ve ark. (1966)' den modifiye edilen yönteme göre spektrofotometrik olarak ölçülmüştür. GST aktivitesi Habig ve ark. (1974), GSH düzeyi Ellman (1959) ve protein tayini ise Lowry ve ark. (1951)' in bildirdiği metodlara göre belirlenmiştir.

Denemede elde edilen sonuçların istatistiksel analizleri SPSS 12 istatistik paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kontrol ve deneme grubu balıklarının incelenen parametrelerinde meydana gelen değişimler $P < 0,05$ düzeyinde tek yönlü varyans analizi (oneway-anova) ile test edilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Kontrol ve deneme grubu balıklarının karaciğer ve böbrek MDA düzeylerindeki değişimler Tablo 1' de, GSH düzeylerindeki değişimler Tablo 2'de ve GST enzim aktivitelerindeki değişimler ise Tablo 3'de gösterilmiştir.

Kontrol (24°C) grubuna göre 20°C ve 28°C'lik sıcaklıkların uygulandığı balıkların karaciğer ve böbrek dokusundaki MDA düzeylerinin önemli oranda arttığı, GSH düzeyleri ve GST aktivitelerinin ise azaldığı tespit edilmiştir ($P < 0,05$). Buna karşılık 20°C ve 28°C'de çörek otu yağı uygulanan grupların MDA düzeylerinin uygulanmayanlara kıyasla istatistiksel olarak önemli düzeyde düştüğü, GSH düzeyleriyle GST enzim aktivitelerinin önemli oranda yükseldiği saptanmıştır ($P < 0,05$). Kontrol (24°C) grubuyla aynı sıcaklıkta tutulan fakat çörek otu yağı uygulanan grubun incelenen tüm parametrelerinde kontrol grubuyla kıyaslandığında istatistiksel herhangi bir farklılık belirlenmemiştir ($P > 0,05$).

Yüksek sıcaklık (Parihar ve Dubey 1995; Heise ve ark., 2006; Luschchak ve Bagnyukova 2007) ve düşük sıcaklığın (Malek ve ark., 2004; Martinez-Alvarez ve ark., 2005) balıklarda oksidatif strese yol açtığı bildirilmektedir. Yüksek sıcaklık oksijen tüketimini artırmakta buda balıklarda oksidatif strese neden olmaktadır. Diğer taraftan düşük sıcaklık antioksidan sistemi zayıflatarak veya radikal oluşumuna yol açarak oksidatif stresi indüklemektedir (Lushchak, 2011).

Diğer yüksek omurgalı canlılarda olduğu gibi balıklarda da lipid peroksidasyonun bir ürünü olan MDA hücresel bileşenlerde meydana gelen oksidatif zararın önemli göstergesidir (Morales ve ark., 2004). Bu

çalışmada da oksidatif stresin belirlenmesi için karaciğer ve böbrek dokusunda MDA düzeyindeki değişimler araştırılmış, sonuç olarak kontrol grubu (24°C)'na kıyasla düşük (20°C) ve yüksek (28°C) sıcaklıkta tutulan balıkların karaciğer ve böbrek MDA düzeyleri istatistiksel olarak önemli düzeyde artmıştır. Benzer sonuçlar diğer bazı çalışmalardan da (Roche ve Bogé 1996; Hwang ve Lin 2002; Welker ve Congleton, 2004; Vinagre ve ark. 2012; Mişe Yonar ve ark. 2013) elde edilmiştir.

Tablo 1 Kontrol ve deneme grubu balıklarında MDA düzeyleri (Ortalama \pm standart hata, nmol/g protein).

Gruplar	Karaciğer	Böbrek
1	4,49 \pm 0,74 ^d	3,92 \pm 0,63 ^d
2	1,88 \pm 0,36 ^a	1,61 \pm 0,29 ^a
3	3,96 \pm 0,87 ^c	4,60 \pm 1,02 ^e
4	2,78 \pm 0,69 ^b	2,27 \pm 0,50 ^c
5	1,91 \pm 0,71 ^a	1,68 \pm 0,69 ^a
6	2,61 \pm 0,62 ^b	1,93 \pm 0,48 ^b

^{a,b,c,d,e} Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel farkı göstermektedir ($P < 0,05$).

Tablo 2 Kontrol ve deneme grubu balıklarında GSH düzeyleri (Ortalama \pm standart hata, μ mol/g protein).

Gruplar	Karaciğer	Böbrek
1	23,12 \pm 3,08 ^b	21,61 \pm 4,19 ^a
2	30,19 \pm 3,66 ^a	38,42 \pm 4,29 ^d
3	20,08 \pm 4,22 ^c	29,45 \pm 3,26 ^b
4	29,42 \pm 5,22 ^a	34,22 \pm 5,18 ^c
5	31,28 \pm 3,18 ^a	39,93 \pm 6,11 ^d
6	29,55 \pm 3,51 ^a	35,02 \pm 4,31 ^c

^{a,b,c,d} Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel farkı göstermektedir ($P < 0,05$).

Tablo 3 Kontrol ve deneme grubu balıklarında GST aktiviteleri (Ortalama \pm standart hata, μ mol/dakika/mg protein).

Gruplar	Karaciğer	Böbrek
1	12,04 \pm 2,67 ^b	13,41 \pm 1,65 ^a
2	16,30 \pm 2,20 ^c	19,82 \pm 2,29 ^c
3	9,14 \pm 1,45 ^a	16,20 \pm 1,47 ^b
4	16,33 \pm 2,26 ^c	18,97 \pm 2,44 ^c
5	17,45 \pm 3,21 ^c	20,38 \pm 1,57 ^c
6	17,78 \pm 2,87 ^c	19,00 \pm 2,32 ^c

^{a,b,c,d} Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel farkı göstermektedir ($P < 0,05$).

GSH, serbest radikaller ve peroksitlerle reaksiyona girerek hücreleri oksidatif hasardan koruyan, enzimatik olmayan, tripeptit karakterinde, endojen, çok önemli bir antioksidandır. GSH protein yapısındaki sülfhidril gruplarını indirgenmiş halde tutarak çoğu protein ve enzimin inaktive olmasını engeller (Hayes ve McLellan, 1999). GST, GSH ile birlikte elektrofilik gruplar taşıyan bileşikler arasındaki konjugasyonu katalizleyen, birçok farklı ksenobiyotik ve endojen bileşiklerin detoksifikasyonu ve biyotransformasyonunda rol alan, çok fonksiyonlu faz II enzim ailesinin bir üyesidir (Hamed ve ark., 2003). Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre düşük (20°C) ve yüksek (28°C) sıcaklıklarda tutulan fakat çörek otu yağı uygulanmayan balıkların karaciğer ve solungacındaki GSH düzeyi ve GST aktivitesi, kontrol grubu (24°C)'na göre düşük

bulunmuştur. Hwang ve Lin (2002) tarafından yapılan bir çalışmada da benzer sonuçlar elde edilmiş, 25°C’de tutulanlara kıyasla 35°C’de tutulan sazanlarda hepatopankreas ve kas dokusundaki GSH düzeyinin azaldığı belirlenmiştir. Kaur ve ark. (2005), kontrol grubu (20°C)’na göre 3 saat için sıcaklığın 12°C artırılmasıyla 32°C’de strese sokulmuş *Channa punctata* türü balıklarda GST enzim aktivitesinin karaciğer, böbrek ve solungaç dokusunda azaldığını ifade etmişlerdir.

Bu çalışma sonuçları balıkların özellikle optimum aralıklar dışındaki sıcaklıklara oldukça duyarlı olduğunu ve optimum aralık dışındaki sıcaklığın balıklarda oksidatif stresi indüklediğini, ayrıca sıcaklığın hücrel fonksiyonları etkilediğini göstermektedir. Bu sonuç Vinagre ve ark. (2012) tarafından elde edilen sonuçlarla uyum içindedir. Diğer taraftan bu araştırma sonuçlarına göre çörek otu yağı uygulamasıyla sıcaklık farklılıklarının yol açtığı oksidatif stresin inhibe edildiği görülmüştür. Bu inhibisyon çörek otu yağının antioksidan etkisiyle (Ramadan ve ark., 2003) açıklanabilir.

Sonuç

Bu araştırma sonuçlarına göre sıcaklık farklılıklarından kaynaklanan oksidatif stres çörek otu yağı uygulamasıyla önlenir. Çörek otu yağının oluşan radikalleri inhibe ederek sıcaklık değişimlerinin yol açtığı oksidatif stresi engellediği söylenebilir. Özellikle yetiştiricilik tesislerinde sıcaklık farklılıklarından kaynaklanan strese karşı kolay ve ucuz bir şekilde elde edilebilen çörek otu yağının antioksidan olarak kullanılabilmesi, bu sonuçların diğer balık türleri için de bir referans olabileceği sonucuna varılabilir.

Kaynaklar

Ahmad A, Husain A, Mujeeb M, Khan SA, Najmi AK, Siddique NA, Damanhoury ZA, Anwar F, 2013. A review on therapeutic potential of *Nigella sativa*: A miracle herb. Asian Pac J Trop Biomed., 3(5): 337–352. doi: 10.1016/S2221-1691(13)60075-1.

Al-Dubakel AY, Al-Mhawe BH, Majeed MF, Shaeyal LW, 2012. Preliminary study on the effect of dietary black seed (*Nigella sativa*) on growth and blood glucose of common carp (*Cyprinus carpio*) fingerlings. J Thi _Qar Univ Agri Res., 1(2): 41-51.

Arda M, Seçer S, Sarıyüpeoğlu M, 2005. Balık Hastalıkları, Ankara. Medisan Yayın Serisi: 61, 230s.

Awad E, Austin D, Lyndon AR, 2013. Effect of black cumin seed oil (*Nigella sativa*) and nettle extract (*Quercetin*) on enhancement of immunity in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). Aquaculture, 388-391: 193-197.

Çelikkale MS, 1994. İçsu Balıkları ve Yetiştiriciliği (Cilt II), Trabzon. Karadeniz Teknik Üniversitesi Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi Yayınları, 419s.

Dautrepepits C, Betoulle S, Vernet G. 2003. Stimulation of antioxidant enzymes levels in carp (*Cyprinus carpio* L.) infected by *Ptychobothrium* sp. (Cestoda). Fish Shellfish Immun., 15 (5): 467-471. doi:10.1016/S1050-4648(03)00007-X

Dikel S, 2009. Su Sıcaklığının Balık Yetiştiriciliğine Etkisi. Alinteri, 16 (B): 42-49.

Dorucu M, Ozesen Colak S, Ispir U, Altinterim B, Celayir Y, 2009. The effect of black cumin seeds, *Nigella sativa*, on the immune response of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Mediterranean Aquaculture Journal, 2(1): 27-33.

Ellman GL, 1959. Tissue sulphhydryl groups. Arch Biochem Biophys., 82:70-77. doi: 10.1016/0003-9861(59)90090-6

Habig WH, Pabst MJ, Jakoby WB, 1974. Glutathione S-transferases, The first enzymatic step in mercapturic acid formation. J. Biol. Chem., 249:7130-7139.

Hamed RR, Farid NM, Elowa SHE, Abdalla AM, 2003. Glutathione related enzyme levels of freshwater fish as bioindicators of pollution. Environ Syst Decis, 23:313–322. doi:10.1023/B:ENVR.0000031409.09024.cc

Hayes JD, McLellan LI, 1999. Glutathione and glutathione-dependent enzymes represent a coordinately regulated defence against oxidative stress. Free Rad Res, 31:273-300.

Heise K, Puntarulo S, Nikinmaa M, Abele D, Pörtner HO, 2006. Oxidative stress during stressful heat exposure and recovery in the North Sea eelpout *Zoarces viviparus* L. J Exp Biol, 209: 353-363. doi:10.1242/jeb.01977

Hwang, DF, Lin TK, 2002. Effect of temperature on dietary vitamin C requirement and lipid in common carp. Comp Biochem Phys B, 131(1):1-7. doi: 10.1016/S1096-4959(01)00449-3

Kaur M, Atif F, Ali M, Rehman H, Raisuddin S, 2005. Heat stress-induced alterations of antioxidants in the freshwater fish *Channa punctata* Bloch. J Fish Biol, 67:1653–1665. doi: 10.1111/j.1095-8649.2005.00872.x

Lou B, Xu D, Xu H, Zhan W, Mao G, Shi H, 2011. Effect of high water temperature on growth, survival and antioxidant enzyme activities in the Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. Afr J Agr Res, 6(12): 2875-2882. doi: 10.5897/AJAR10.797

Lowry OH, Rosenberough NJ, Farr AL, Randal RJ, 1951. Protein measurement with folinphenol reagent. J Biochem, 193:265-275.

Lushchak VI, 2011. Environmentally induced oxidative stress in aquatic animals. Aquat Toxicol, 101 (1): 13-30. doi: 10.1016/j.aquatox.2010.10.006.

Lushchak VI, Bagnyukova TV, 2007. Hypoxia induces oxidative stress in tissues of a goby, the rotan *Perccottus glenii*. Comp Biochem Phys B, 148 (4): 390-397. doi:10.1016/j.cbpb.2007.07.007

Malek RL, Sajadi H, Abraham J, Grundy MA, Gerhard GS, 2004. The effects of temperature reduction on gene expression and oxidative stress in skeletal muscle from adult zebrafish. Comp Biochem Phys C, 138 (3): 363-373. doi: 10.1016/j.cca.2004.08.014

Martinez-Álvarez RM, Morales AE, Sanz A, 2005. Antioxidant defenses in fish: Biotic and abiotic factors, Rev Fish Biol Fisher, 15: 75-88. doi: 10.1007/s11160-005-7846-4

Mişe Yonar S, Yonar ME, Sağlam N, Silici S, 2013. Farklı su sıcaklıklarında tutulmuş pullu sazan (*Cyprinus carpio carpio* Linnaeus, 1758)’nın karaciğer ve böbreğindeki bazı antioksidan parametreler üzerine propolisin etkisi. *Menba, Kastomunu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 1:11-16.

Morales AE, Pérez-Jiménez A, Hidalgo MC, Abellán E, Gabriel CG. 2004. Oxidative stress and antioxidant defenses after prolonged starvation in *Dentex dentex* liver. Comp Biochem Phys C, 139(1-3):153-161. doi: 10.1016/j.cca.2004.10.008

Özcan O, Erdal H, Çakırca G, Yönden Z, 2015. Oksidatif stres ve hücre içi lipid, protein ve DNA yapıları üzerine etkileri. J Clin Exp Invest, 6 (3): 331-336. doi: 10.5799/ahinjs.01.2015.03.0545

Parihar MS, Dubey AK. 1995. Lipid peroxidation and ascorbic acid status in respiratory organs of male and female freshwater catfish *Heteropneustes fossilis* exposed to temperature increase. Comp Biochem Phys C, 112 (3): 309-313.

Placer ZA, Cushman L, Johnson BC, 1966. Estimation of products of lipid peroxidation (Malonyl dialdehyde) in biological fluids. Anal Biochem, 16:359–364.

- Ramadan M, Kroh LW, Mörsel JT, 2003. Radical Scavenging Activity of Black Cumin (*Nigella sativa* L.), Coriander (*Coriandrum sativum* L.), and Niger (*Guizotia abyssinica* Cass.) Crude Seed Oils and Oil Fractions. J. Agric. Food Chem., 51: 6961-6969.
- Roche H, Boge G, 1996. Fish blood parameters as a potential tool for identification of stress caused by environmental factors and chemical intoxication. Mar Environ Res, 41:27-43. doi: 10.1016/0141-1136(95)00015-1
- Trenzado C, Carmen HM, Gallego MG, Morales AE, Furne M, Domezain A, Domezain J, Sanz A, 2006. Antioxidant enzymes and lipid peroxidation in sturgeon *Acipenser naccarii* and trout *Oncorhynchus mykiss*, A comparative study. Aquaculture, 254 (1-4): 758-767. doi: 10.1016/j.aquaculture.2005.11
- Vinagre C, Madeira D, Narciso L, Cabral HN, Diniz M, 2012. Effect of temperature on oxidative stress in fish: Lipid peroxidation and catalase activity in the muscle of juvenile seabass, *Dicentrarchus labrax*. Ecol Indic, 23:274-279. doi: 10.1016/j.ecolind.2012.04.009
- Welker TL, Congleton JL, 2004. Oxidative stress in juvenile chinook salmon, *Oncorhynchus tshawytscha* (Walbaum). Aquac Res, 35:881-887. doi: 10.1111/j.1365-2109.2004.01080.x
- Yüncü M, Şahin M, Bayat N, Sarı İ. 2013. Çörek otu yağının sıçan karaciğer gelişimine etkisi. Gaziantep Tıp Dergisi, 19(3): 180-184