

## Marmara ve Karadeniz Bölgesi istavrit karaciğerinde GPx, SOD, CAT enzim aktiviteleri ve vitamin A değerleri\*

### GPx, SOD, CAT enzyme activities and Vitamin A values in the Marmara and Black Sea Region Scad's Liver

#### Özet

Deniz kirliliğine sebep olan kirleticilerin miktarı ve sayısı her geçen gün daha da artmaktadır. Akuatik türlerde biyobelirteç olarak antioksidan savunma sistemi elemanlarının kullanımı kirliliğin erken teşhisi amacıyla tercih edilmektedir. Bu çalışmada Karadeniz ve Marmara denizi yüzey balıklarından istavrit (*Trachurus trachurus*) karaciğer dokusunda GPx, SOD ve CAT enzim aktiviteleri ve vitamin A düzeyi araştırılmıştır. Örnekler Mart (1.dönem) ve Kasım (2.dönem) aylarında toplanmıştır.

Marmara Denizi istavrit balıkları dönemler arasındaki karşılaştırmasında 2. Dönem GPx aktivitesi 1. Döneme göre artmış ( $p \leq 0.01$ ), 2. Dönem vitamin A düzeyi 1. Döneme göre düşük ( $p \leq 0,05$ ) bulunmuştur. Marmara ile Karadeniz'in karşılaştırılmasında GPx aktivitesi Karadeniz istavritlerinde Marmara'ya göre yüksek ( $p \leq 0,05$ ) düzeyde tespit edilmiştir. Her iki dönemde de CAT aktivitesi ve vitamin A düzeyi Karadeniz örneklerinde Marmara'ya göre düşük (CAT:1.Dönem  $p \leq 0,01$ , 2. Dönem  $p \leq 0,05$ ; Vitamin A:1.Dönem  $p \leq 0,05$ , 2. Dönem  $p \leq 0,01$ ) tespit edilmiştir.

Deniz balıklarında kirliliğin biyomönütörü olan antioksidan sistem parametrelerinin; yüzey balıklarının karnivor ve herbivor türleri arasında, yüzey ve dip balık türleri arasında, göçmen balıklar ile göçmen olmayan deniz balıkları hem kendi içlerinde hem de aralarında çalışılması, Deniz balıkları antioksidan sistemi hakkında daha detaylı bilgi edinilmesine ve daha sağlıklı su ürünü tüketilmesine olanak sağlayacaktır. Bu çalışmada, deniz kirliliği ile yüzey balıklarının antioksidan metabolizması ilişkisi incelenmiştir. Elde edilen veriler, bu konuda yapılacak çalışmalara kaynak oluşturabilir.

**Anahtar kelimeler:** İstavrit, Karaciğer, GPx, SOD, CAT, Vitamin A, Marmara Denizi, Karadeniz.

#### Abstract

The amount and number of pollutants causing marine pollution are increasing day by day. The use of antioxidant defense system components as biomarkers in aquatic species is preferred for early detection of contamination. In this study, the activities of GPx, SOD and CAT enzymes and vitamin A status in the liver of scad (*Trachurus trachurus*) from Black Sea and Marmara Sea pelagic fishes were investigated. Samples were collected March (1st period) and November (2nd period).

Compared to the Marmara Sea scads, the second term GPx activity was increased according to the 1st rotation ( $p \leq 0.01$ ) and the 2nd Term vitamin A level was found to be lower than the 1st rotation ( $p \leq 0,05$ ). In the comparison of Marmara and Black Sea, GPx activity was found higher in Black Sea scad's compared to Marmara ( $p \leq 0.05$ ).

#### Araştırma Makalesi

Güzin ÇAMKERTEN<sup>1</sup>  
Hilal KARAGÜL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Veterinerlik Bölümü,  
Teknik Bilimler MYO,  
Aksaray Üniversitesi,  
Aksaray, Türkiye

<sup>2</sup>Biyokimya Anabilim Dalı,  
Veteriner Fakültesi, Ankara  
Üniversitesi, Ankara,  
Türkiye

\* Doktora tezinden özetlenmiştir

#### İletişim (Correspondence)

Güzin ÇAMKERTEN  
Veterinerlik Bölümü, Teknik  
Bilimler MYO, Aksaray  
Üniversitesi, Aksaray, Türkiye  
[oguzalperen@hotmail.com](mailto:oguzalperen@hotmail.com)

Makale Bilgisi  
Geliş: 06-08-2018  
Kabul: 30-08-2018

Copyright © 2018 VetBio

CAT activity and vitamin A level in both periods was lower in the Black Sea samples than in Marmara (CAT:1st period  $p \leq 0,01$ , 2nd period  $p \leq 0,05$ ; vitamin A: 1st period  $p \leq 0,05$ , 2nd period  $p \leq 0,01$ ).

Antioxidant system parameters, which are biomonitor of pollution in marine fishes, the study of pelagic fish between carnivorous and herbivorous species, between surface and bottom fish species, migratory fishes and nonimmigrant sea fish both within and between them will enable us to obtain more detailed information about the antioxidant system of our marine fishes and to consume healthier seafood. In this study, the relationship between marine pollution and pelagic fish's antioxidant metabolism has been investigated and in terms of the obtained data, it can be a source of work to be done in this respect.

**Key Words:** Scad, Liver, GPx, SOD, CAT, Vitamin A, Marmara Sea, Black Sea.

## Giriş

Denizler yaşamın başlangıç noktası olup vazgeçilmez bir unsurdur. Bu nedenle dünya yüzeyindeki tüm topluluklar suyun bulunduğu bölgeleri yerleşim alanları olarak tercih etmiş ve bu bölgelerde kentleşme, endüstriyel gelişme, ticaret ve turizmin zamanla artması, deniz kirliliğini son yüzyılda insan sağlığını tehdit eder boyuta ulaştırmıştır (Barsiene ve ark. 2006). Kirlenmeyi ve etkilerini belirleme çabalarında su kalitesinin biyolojik açıdan değerlendirilmesinin önemli bir yeri vardır. Fakat kimyasal örnekleme çalışmaları sırasında gözden kaçabilecek bazı kirlenme durumlarını, biyolojik sistemlerdeki değişiklikleri izleyerek belirlemek mümkün olabilmektedir (Atay ve Pulatsü 2000).

Hayvansal protein kaynağı olarak, hem kolay hem de en ucuz sağlanabilen besinlerin başında su ürünleri gelmektedir. Özellikle balık eti, insanlar için besleme değeri ve protein kalitesi bakımından çok önemli bir yere sahiptir. Kontamine olmuş balıklar insan sağlığı için risk oluşturur (Atay ve Pulatsü 2000; Sevcikova ve ark. 2011). Deniz ekosistemlerinde görülen kirleticiler, poliklorlu bifeniller (PCB), polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), dioksinler, alkiltin bileşikler, ağır metaller, pestisitler, nitrojen ve kükürt içeren bileşiklerdir (Ariç ve Şen 1994; Garrigues ve ark. 1993; Akbulut ve ark. 2014).

Oksijenin kısmi redüksiyonu ile oluşan çeşitli reaktif oksijen türevleri (ROT) hücre bileşenleri için toksik etkiye sahiptir (Orbea ve ark. 2000). Çevre kirliliğine neden olan birçok kimyasal madde ve metaboliti balıklarda serbest oksijen radikalleri ve ROT'u arttırarak hücresel yapılara kovalent bağlanır ve DNA, protein, karbonhidrat ve membran lipidleri gibi makro molekülleri okside ederek oksidatif stresi oluşturur (Orbea ve ark. 2000; Rodovanovic ve ark. 2010; Nogueira ve ark. 2011; Karadağ ve ark. 2014; Akbulut ve ark. 2014). Canlılar genelde kirleticiyi metabolize ederek zararı minimize etme girişiminde bulunurlar (Cheung ve ark. 2001). Antioksidan savunma olarak bilinen bu sistem süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), glutatyon peroksidaz (GPx) glutatyon transferaz (GST) enzimler ile düşük molekül ağırlıklı yapılar olan glutatyon, vitamin A, E, C, karotinler, ubikinon10 gibi enzimatik olmayan yapıları kapsar ve balıklar da diğer canlılar gibi antioksidan savunma sistemine sahiptir (Yonar 2017; Abhijith ve ark. 2016; Sevcikova ve ark. 2011; Vinodhini ve Narayanan 2009; Orbea ve ark. 2000; Filho 1996).

Çevre kirliliğinin takibi ve tespitinde kullanılan birçok biyokimyasal teknik geliştirilmiştir. Canlı organizmada kirleticilere karşı oluşan sub-lethal biyolojik cevapla ilgili ölçülen tüm parametreler biyobelirteç olarak tanımlanmaktadır (Napierska ve

Podolska 2005). Akuatik canlılarda özellikle de balıklarda biyobelirteçler kirliliğin erken teşhisinde önemlidir (Abhijith ve ark. 2016). Balıklarda su kirliliğinin çevresel bir indikatörü olarak karaciğer dokusu diğer dokulardan daha fazla önerilmektedir (Yılmaz ve ark. 2006).

Kirliliğin belirlenmesinde uygun, tespiti kolay, duyarlı ve ucuz biyobelirteçlerin seçilmesi gerekir. Biyobelirteçlerin tespitinde kullanılan yöntemlerin de aynı şekilde ucuz, duyarlı, spesifik ve kolay uygulanabilir olması önemlidir (Lehtonen ve ark. 2006; Narbonne ve ark. 2005; Zorita ve ark. 2005). Akuatik sistemlerde kimyasal analizlere göre daha düşük maliyet ve kolay uygulanabilirliği dışında eşsiz bilgiler veren enzim testleri biyobelirteç olarak tercih edilmektedir (Carvalho ve ark. 2012; Stoliar ve Lushchak 2012). Kirlenmeye verilen ilk yanıtın antioksidan savunma sistemi tarafından verilmesi ve ekotoksikolojik risk değerlendirmesine uygun ve güvenilir olması nedeniyle antioksidan enzimler biyobelirteç olarak önerilmektedir (Alak ve ark. 2011; Farombi ve ark. 2007). Denizlerdeki kirlenmenin göstergesi olarak biyobelirteçlerin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Bu amaçla hem vertebrali deniz canlıları hem de vertebrasızlar kullanılmaktadır (Sarkar ve ark. 2006).

Bu çalışmada, ekonomik açıdan yüksek değer taşıyan yüzey balıklarından İstavritlerde (*Trachurus trachurus*) kirlilik biyobelirteçlerinden GPx, SOD, CAT enzim aktiviteleri ve vitamin A düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

### **Materyal ve Metot**

Araştırmada, *Caranidae* familyasına ait İstavritler (*Trachurus trachurus*) kullanıldı. Örnekler, Marmara Ereğlisi'nin 2.5 mil açığında 41. kuzey enlemi ve 28. doğu boylamları arasında kalan bölgeden, Karadeniz'de Sarıkum'un 1.26 mil açığında 42. kuzey enlem ve 34. doğu boylamları arasındaki bölgeden Gırgır yöntemi

kullanılarak mart ve kasım aylarında iki kez toplandı. Her iki bölgeden; her toplama dönemi her bir numune için ortalama 30-40 balığın karaciğerini içeren havuzlar oluşturularak 15 istavrit karaciğer örneği toplandı. İki dönemdeki toplam örnek sayısı 60'dir.

Yakalanan balıkların iç organları soğuk-buzlu ortamda çıkartıldı ve karaciğerleri fizyolojik tuzlu suyla yıkandı. Yıkama işlemini takiben 10 g'lık karaciğer örnek havuzlarından enzim analizleri için 5 g ve vitamin analizleri için ise, kalan diğer 5 g karaciğer örneği numaralandırılmış ayrı poşetlere konuldu alüminyum folyo ile sarılarak sıvı nitrojen tankında depolandı. Nakil işlemleri sıvı nitrojen tankıyla gerçekleştirildi ve analiz işlemlerine kadar -80 °C soğutucuda muhafaza edildi.

Doku örneklerinin homojenizasyonu Glutatyon Peroksidaz aktivite tayini için Paglia ve Valentine (1967), Süperoksit Dismutaz aktivite tayini için Misra ve Fridovich (1972), Katalaz aktivite tayini için Aebi (1983) yöntemi kullanılarak hazırlandı.

Doku homojenizatlarından elde edilen süpernatantlarda; GPx aktivitesi Paglia ve Valentine (1967), SOD aktivitesi Sun ve ark. (1988), CAT aktivitesi Aebi (1983) tarafından bildirilen yöntemlerle ölçüldü.

Karaciğer homojenizatlarında vitamin A ve beta-karotin tayini, Aseton-Hekzan (1:1) karışımında ekstraksiyon (Grys, 1980) sonucu Suzuki ve Katoh (1990)'un bildirdikleri UV/VIS spektrofotometrik yöntem ile yapıldı.

Gruplar arası farklılığın öneminin istatistik hesaplanmasında Eş yapma ve t-testi (Esin ve ark. 1997) kullanılmıştır.

### **Bulgular**

Marmara ve Karadeniz'den mart ve kasım aylarında toplanan istavrit balığı karaciğer dokusu SOD, CAT ve GPx aktiviteleri ile vitamin A düzeyleri Tablo 1'de verilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre; dönemler karşılaştırıldığında, Marmara Denizi'nden toplanan örneklerin 2. Dönem GPx aktivitesi 1. Döneme göre artmış ( $p \leq 0.01$ ), 2. Dönem Vitamin A düzeyi 1. Döneme göre düşük ( $p \leq 0,05$ ) bulunurken, Karadeniz örneklerinde iki dönem arasında istatistik bir önem tespit edilememiştir.

Denizler karşılaştırıldığında; her iki dönemde de Karadeniz örnekleri vitamin A düzeyi (1.Dönem  $p \leq 0,05$ , 2. Dönem  $p \leq 0,01$ ) ve CAT aktivitesi (1.Dönem  $p \leq 0,01$ , 2. Dönem  $p \leq 0,05$ ) Marmara'dan düşük, GPx aktivitesi 1. Dönem Marmara'dan yüksek ( $p \leq 0,05$ ) bulunmuştur.

### Tartışma

Kirlenmeyi ve etkilerini belirleme çabalarında su kalitesinin biyolojik açıdan değerlendirilmesinin önemli bir yeri vardır. Biyolojik sistemler genellikle kirlenmeye büyük duyarlılık gösterirler. Bu nedenle kimyasal örnekleme çalışmaları sırasında gözden kaçabilecek bazı kirlenme durumlarını, biyolojik sistemlerdeki değişiklikleri izleyerek belirlemek mümkün olabilmektedir (Atay ve Pulatsü 2000).

Gabryelak ve ark. (1983)'nın tatlı su balıkları eritrositlerinde mevsimsel değişikliğin peroksit metabolizması enzimleri üzerine olan etkisini araştırdıkları çalışmada, ilkbahar aylarında sıcaklığın yükselmesine paralel olarak antioksidan enzim aktivitelerinin yükseldiğini bildirmişlerdir. Filho ve ark. (2001)'nın kirlilik ve mevsimin çiklet balıkları antioksidan savunma sistemi üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada, kirlilik olmayan bölgeden ilkbahar=kasım ve sonbahar=nisan olmak üzere 2 dönemde topladıkları örnek karaciğerlerinde CAT, SOD ve GST aktivitesi MDA, total glutatyon, okside glutatyon düzeylerini ölçmüş ve kasım ayında enzim aktivitelerinin yükseldiğini, total glutatyon, okside glutatyon düzeylerinin arttığını bildirmişler ve bunu

sıcaklık artışı ile oksijen tüketiminin atmasına bağlamışlardır.

Bu çalışmada, Marmara Denizi İstavritleri, iki dönem karşılaştırıldığında 2. Dönem (kasım) GPx aktivitesi 1. Döneme (mart) göre artmış olup  $p \leq 0.01$  düzeyinde istatistiksel anlamlılık tespit edilmiştir. Mart ayı deniz sıcaklığı ortalaması  $8.4^{\circ}\text{C}$  olup kasım ayında  $14.9^{\circ}\text{C}$  olduğu dikkate alındığında Gabryelak ve ark. (1983) ve Filho ve ark. (2001)'nın sonuçlarıyla örtüşmektedir. Yüksek sıcaklık oksijen tüketimini arttırarak ROT'lerinin yükselmesine neden olur ve oksidatif stresi başlatır. Adaptif yanıt, antioksidan savunma sistemindeki değişimlerdir. Balıklar ektotermik canlılar oldukları için çevre ısısı çok önemlidir. Isı değişimi balıklarda oksidatif strese sebep olabilir (Kaymak ve ark. 2014). Palace ve ark. (1998) oksidatif stres sonucu antioksidan bir vitamin olan vitamin A düzeyinin alabalık karaciğerde düştüğünü bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızdaki vitamin A düzeyindeki düşüş çevresel etki sonucu oluşan oksidatif stres ile ilgili olabilir.

Ağır metaller, pestisitler, aromatik hidrokarbonlar, poliklorlu bifeniller, dioksinler, gibi çevre kirleticileri balıklarda serbest radikalleri arttırarak oksidatif stresi başlatır. (Akbulut ve ark. 2014). Oluşan stresin yoğunluğu, süresi ve canlının o kirleticiye duyarlılığı, antioksidan enzim aktivitesini ve ekspresyonunu arttırabilir ya da inhibisyonuna sebep olabilir (Gad 2011).

Vinodhini ve Narayan (2009) yüksek konsantrasyondaki Cu'nın sazan karaciğerinde SOD, GPx ve CAT aktivitesini önce arttırdığını daha sonra GPx ve CAT aktivitesinin düşürdüğünü ve CAT'ı inhibe ettiğini bildirmişlerdir. Padmini ve ark. (2008) ağır metal kirliliğine maruz kalmış gri kefalde mevsimsel değişimin etkisini araştırdıkları çalışmada karaciğer CAT ve SOD aktivitesinin kirlilikle birlikte yaz aylarında kışa oranla daha da düştüğünü, kontrol

grubunda (kirleticiye maruz kalmayan balıklar) ise mevsimsel değişimin antioksidan enzimlerin aktivitesini etkilemediğini tespit etmişlerdir. Ağır metallerin balıklarda oksidatif stres oluşturduğunu artan, radikallerin balıkların antioksidan savunmasını yetersiz bıraktığını ve ısı artışının oksidatif stresi arttırdığını bildirmişlerdir.

Bu çalışmada denizler karşılaştırıldığında; her iki dönemde de Karadeniz örnekleri vitamin A düzeyi ve CAT aktivitesi Marmara'dan düşük, GPx aktivitesi mart ayında Marmara'dan yüksek bulunmuştur. Mart ayında istatistiki önem GPx  $p \leq 0,05$ , CAT  $p \leq 0,01$  ve vitamin A  $p \leq 0,05$  olup, kasım ayında CAT  $p \leq 0,05$ , vitamin A düzeyi  $p \leq 0,01$  olarak bulunmuştur. Çalışmada GPx aktivitesinin yüksek CAT aktivitesi ve vitamin A düzeyinin düşük olması Vinodhini ve Narayan (2009), Padmini ve ark. (2008)'in çalışması ile benzerlik göstermektedir. Karadeniz'in oksijence zengin tabaka (10-50 m)'sında çözülmüş Cu ve Zn yüksek konsantrasyonlarda bulunur (Anonim 2000). Karadeniz'de bulunan ağır metaller çalışmadaki balıklarda oksidatif stresi indükleyerek CAT aktivitesini inhibe etmiş, vitamin A'nın harcanmasına sebep olmuş olabilir.

Aquatik çevre kirleticilerinden biri olan herbisitler oksidatif stresi arttırarak antioksidan enzim aktivitelerinde inhibisyona neden olurlar (Kaymak ve ark. 2014). Gabriyelak ve Klekot (1985) tatlı su balıklarındaki çalışmalarında herbisitlere en duyarlı enzimin GPx olduğunu ve aktivitesinin arttığını tespit etmişler, herbisite uzun süre maruz kalmanın canlıda bu enzim aktivitesini inhibe edeceğini bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda mart ayında yakalanan Karadeniz istavritleri karaciğer GPx aktivitesinin Marmara'dan yüksek bulunması Gabriyelak ve Klekot (1985)'un çalışmasıyla uyumaktadır. Başka bir çalışmada Cheung ve ark. (2001)'ları PAH bileşiklerinin midyelerde CAT aktivitesini düşürdüğünü ancak GPx ve SOD

aktivitelerini kirletici konsantrasyonuna bağlı olarak arttırdığını tespit etmişlerdir. Mart ayında Karadeniz istavritlerindeki GPx aktivitesinin Marmara'dan yüksek CAT aktivitesinin düşük tespit edilmesi Cheung ve ark.(2001)'nin çalışmasıyla benzerlik göstermektedir. Petrolün çözünebilir formları PAH'lardır ve balıklarda oksidatif strese yol açar (Noguiera ve ark. 2011). Karadeniz'deki muhtemel petrol ve petrol ürünleri, herbisit ve ağır metaller istavritlerde oksidatif stresi indüklemiş olabilir.

Marmara örneklerinde GPx aktivitesinin mart ayında Karadeniz'den düşük, her iki dönemde de CAT aktivitesinin ve vitamin A düzeyinin yüksek bulunması; çevresel faktör ya da kirleticilerce indüklenen oksidatif stresi Marmara İstavritleri antioksidan savunma sistemi Karadeniz istavritlerine göre daha iyi kompanze etmiş olabilir.

## Kaynaklar

**Abhijith, B.D., Ramesh, M., Poopal, R.K. (2016).**

Responses of metabolic and antioxidant enzymatic activities in gill, liver and plasma of *Catla catla* during methyl parathion exposure. The Journal of Basic and Applied Zoology, 77:31-40.

**Aebi, H.E. (1983).** Catalase in: H.U.Bermeyer (Hrsy).

Methods of enzymatic analysis. Verlag Chemie; Weinheim, Bd. III, 273-286.

**Alak, G., Sönmez, A.Y., Hisar, O. (2011).** Bazı

Pestisitlerin Balıkların Antioksidan Enzim Aktiviteleri Üzerine Etkileri. J. of Agricultural Faculty of Atatürk Univ., 42 (1):91-93.

**Akbulut, C., Kaymak, G., Esmer, H. E., Yön, N. D.,**

**Kayhan, F. E. (2014).** Balıklarda ağır metal ve pestisitler tarafından indüklenen oksidatif stres mekanizmaları. Ege J Fish Aqua Sci., 31(3):155-160.

**Anonim (2000).** Ulusal Çevre Eylem Planı (UÇEP)

İhtisas Komisyon Raporu. T.C. Çevre Bakanlığı Yayınları, 2-91.

- Atay, D., Pulatsü, S. (2000).** Su Kirlenmesi ve Kontrolü. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Bölümü Yayın No:1513: 1-178.
- Barsiene, J., Lehtonen, K.K., Koehler, A., Broeg, K., Vuorinen P.J., Lang, T., Pempkowiak, J., Syvokiene, J., Dedonyte, V., Rybakovas, A., Repecka, R., Vuontisjarvi, H., Kopecka, J. (2006).** Biomarker responses in flounder (*Platichthys flesus*) and mussel (*Mytilus edulis*) in the Klaipeda-Bütinge area (Baltic Sea). *Marine Pollution Bulletin* in press.
- Carvalho, C.S., Bernusso, V.A., Araújo, H.S., Espíndola, E.L., Fernandes, M.N. (2012).** Biomarker responses as indication of contaminant effects in *Oreochromis niloticus*. *Chemosphere*, 89:60–69.
- Cheung, C. C., Zheng, G. J., Lí, M. Y., Richardson, B. J., Lam, P. K. S. (2001).** Relationship between tissue concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons and antioxidative responses of marine mussels, *Perna viridis*. *Aquatic Toxicol.*, 52:189-203.
- Esin, A., Ekni, M., Gamgam, H. (1997).** Sağlık Bilimlerinde İstatistik. Gazi Üniversitesi Yayın No: 171: 355-365, Ankara.
- Filho, W. (1996).** Fish antioxidant defenses-A comparative approach. *Brazilian J. Med. and Biol. Res.*, 29: 1735-1742.
- Filho, W., Torres, M.A, Tribess, T.B., Pedrosa, R.C., Soares, C.H.L. (2001).** Influence of season and pollution on the antioxidant defenses of the cichlid fish acará (*Geophagus brasiliensis*). *Braz J Med Biol Res.*, 34(6):719-726.
- Farombi, E. O., Adelowo, O. A., Ajimoko, Y. R. (2007).** Biomarkers of Oxidative Stress and Heavy Metal Levels as Indicators of Environmental Pollution in African Cat Fish (*Clarias gariepinus*) from Nigeria Ogun River. *Int J Environ Res Public Health.*, 4(2):158–165.
- Gabryielak, T., Piatkowska, M., Leyko, W., Peres, G. (1983).** Seasonal Variations in The Activities of Peroxide Metabolism Enzymes in Erythrocytes of Freshwater Fish Species. *Comp. Biochem. Physiol.*, 75: 383-385.
- Gabryielak, T., Klekot, J. (1985).** The effect of paraquat on the peroxide metabolism enzymes in erythrocytes of freshwater fish species. *Comp Biochem Physiol C*; 81(2):415-418.
- Gad, N. S. (2011).** Oxidative stress and antioxidant enzymes in *Oreochromis niloticus* as biomarkers of exposure to crude oil pollution. *IJESE*, 1: 49-58.
- Garrigues, P., Narbonne, J.F., Lafaure, M., Ribera, D., Lemaire, P., Raoux, C., Michel, X., Salaun, J.P., Monad, J.L., Romeo, M. (1993).** Banking of environmental samples for short-term biochemical and chemical monitoring of organic contamination in coastal marine environments; the GICBEM experience (1986-1990). *The Science of the Total Environment*, 139/140: 225-236.
- Grys, S. (1980).** Indirect spectrophotometry on vitamin A product. Peak signal readout. *Methods in Enzymology*, 67: 195-199.
- Karadag, H., Fırat, Ö., Fırat, Ö. (2014).** Use of Oxidative Stress Biomarkers in *Cyprinus carpio* L. for the Evaluation of Water Pollution in Atatürk Dam Lake (Adiyaman, Turkey). *Bull Environ Contam Toxicol.*, 92:289–293.
- Kaymak, G., Akbulut, C., Esmer, H.E., Kayhan, F.E., Yön, N.D. (2014).** Sucul Organizmalarda Çevresel Şartlara Karşı Geliştirilen Oksidatif Stres Mekanizmaları ve Adaptif Yanıtlar. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 4: 137-151.
- Lehtonen, K.K., Schiede, D., Köpler, A., Lang, T., Vuorinen P.J., Förllin, L., Barsiene, J., Pempkowiak, J., Gercken, J. (2006).** The BEEP



project in the Baltic Sea: Overview of results and outline for a regional biological effects monitoring strategy. Marine Pollution Bulletin in press.

**Misra, H.P., Fridovich, I. (1972).** Role of Superoxide Anion in the Autooxidation of Epinephrine and Simple Assay for Superoxide Dismutase. J. Biol. Chem., 247: 283-293.

**Napierska, D., Podolska, M. (2005).** Biomarkers of contaminant exposure: results of a field study with flounder (*Platichthys flesus*) from the southern Baltic Sea. Marine Pollution Bulletin 50: 758-767.

**Narbonne, J.F., Aarab, N., Clerandeanu, C., Daubeze, M., Narbonne, J., Champeau, O., Garrigues, P. (2005).** Scale of classification based on biochemical markers in mussels: application to pollution monitoring in Mediterranean coasts and temporal trends. Biomarkers, 10 (1): 58-71.

**Nogueira, L., Sanches, A.L., Silva, D.G., Ferrizi, V.C., Moreira, A.B., Almeida, E.A. (2011).** Biochemical biomarkers in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) after short-term exposure to diesel oil, pure biodiesel and biodiesel blends. Chemosphere, 85: 97-105.

**Orbea, A., Fahimi, D.H., Cajaravile, M.P. (2000).** Immunolocalization of four antioxidant enzymes in digestive glands of mollusks and crustaceans and fish liver. Histochem. Cell. Biol., 114: 393-404.

**Padmini, E., Vijaya Geetha, B., Usha Rani, M. (2008).** Liver oxidative stress of the grey mullet *Mugil cephalus* presents seasonal variations in Ennore estuary. Braz J Med Biol Res., 41(11):951-5.

**Paglie, D.E., Valantine, W.N. (1967).** Studies on Qualitative and Quantative Characterization of Eeythrocyte Glutathion Peroxidase. J.Lab.Clin. Met., 70: 158-169.

**Palace, V.P., Brown, S.B., Baron, C.L., Fitzsimons, J., Woodin, R.B., Stegeman, J.J., Klaverkamp, J.F. (1998).** An evaluation of the relationships among oxidative stress, antioxidant vitamins and early

mortality syndrome (EMS) of lake trout (*Salvelinus namaycush*) from lake ontario. Aquatic Toxicol., 43: 195-208.

**Radovanovic, T.B., Borkovic-Mitic, S.S., Perendija, B.R., Despotovic, S.G., Pavlovic, S.Z., Cakic, P.D., Saicic, Z.S. (2010).** Superoxide dismutase and catalase activities in the liver and muscle of barbel (*Barbus barbus*) and its intestinal parasite (*Pomphorynchus laevis*) from the Danube river, Serbia. Arch. Biol. Sci., Belgrade, 62 (1): 97-105.

**Sarkar, A., Ray, D., Shrivastava Amulya, N. (2006).** Molecular Biomarkers: Their significanve and application in marine pollution monitoring. Ecotoxicology, 15(4): 333-340.

**Sevcikova, M., Modra H., Slaninova A., Svobodova Z. (2011).** Metals as a cause of oxidative stress in fish: a review. Veterinarni Medicina, 56 (11): 537-546.

**Stoliar, O.B., Lushchak, V.I. (2012).** Environmental Pollution and Oxidative Stress in Fish.

Erişim tarihi: 15.02.2018

Erişim

adresi:

<https://www.intechopen.com/books/oxidative-stress-environmental-induction-and-dietary-antioxidants/environmental-pollution-and-oxidative-stress-in-fish>

**Sun, Y., Oberley, L.W., Li, Y. (1988).** A simple for clinical assay of superoxide dismutase. Clin. Chem., 34: 497-500.

**Suzuki, J.P., Katoh, N.A. (1990).** A simple and cheap method for measuring serum vitamin A in cattlle using only spectrophotometer. J. Vet. Sci., 52: 1281-1283.

**Vinodhini, R., Narayanan, M. (2009).** Biochemical changes of antioxidant enzymes in common carp (*Cyprinus carpio* L.) after heavy metal exposure. Turk. J. Vet. Anim. Sci., 33(4): 273-278.

**Yılmaz, H.R., Türköz, Y., Yüksel, E., Örün, İ. (2006).**

An Investigation of Antioxidant Enzymes Activities in Liver of *Cyprinus carpio* Taken from Different Stations in the Karakaya Dam Lake. International Journal of Science and Technology, 1(1): 1-6.

**Yonar, S.M. (2017).** Farklı Su Sıcaklıklarında Tutulan

Pullu Sazan (*Cyprinus carpio*)’da Çörek Otu (*Nigella sativa*) Yağının Oksidatif Stres ve Bazı Antioksidan

Parametrelere Etkisi. Türk Tarım Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 5(9): 1038-1043.

**Zorita, I., Strogyloudi, E., Buxens, A., Mazon, L.I.,**

**Papathanassiou, E., Soto, M., Cajaraville, M.P.**

**(2005).** Application of two SH-based methods for metallothionein determination in mussels and inter calibration of the spectrophotometric method: laboratory and field studies in the Mediterranean Sea.



**Tablo 1.** Mart (Dönem 1.) ve Kasım (Dönem 2.) dönemleri Marmara ve Karadeniz (denizler ve dönemler arası ) istavrit karaciğer örneklerine ait GPx, SOD, CAT aktiviteleri ve vitamin-A düzeyleri

		GPx (nmol NADPH+H+/dakika/mg-protein)		SOD (U/g-protein)		CAT (k/g-protein)		Vitamin-A (µg/g-yaş ağırlık)	
		Marmara	Karadeniz	Marmara	Karadeniz	Marmara	Karadeniz	Marmara	Karadeniz
(Dönem 1)	n	8	10	12	15	12	15	15	15
	x ± Sx	3,082 ± 0,61a	6,74 ± 1,91*a	0,0848±0,036a	0,0282±0,0052-a	0,00217±0,00027a	0,000531±0,00005**a	86,54±13,81a	54,55±3,46*a
(Dönem 2)	x ± Sx	19,33 ± 2,24b	14,83 ± 1,90-a	0,0576±0,0071a	0,0273±0,0028-a	0,00701±0,0033a	0,000742±0,00013*a	54,72±6,00b	36,11±2,53**a
	n	13	11	15	13	15	15	15	15
		<b>a-b: p&lt;0,01</b>	a-a: p>0,05	a-a: p>0,05	a-a: p>0,05	a-b: p>0,05	a-b: p>0,05	<b>a-b: p&lt;0,05</b>	a-b: p>0,05

Denizler arası karşılaştırmada (yatay-satır) istatistiki açıdan fark - (p ≥ 0,05), \* (p ≤ 0,05), \*\* (p ≤ 0,01) ile gösterilmiştir.

Dönemler arası karşılaştırmada (Dikey-her bir sütun için ayrı ayrı) istatistiksel farklılıklar, farklı harfler ile gösterilmiştir.