

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**IŞIK STRESİNE MARUZ KALAN KEREVİTLERDE (*Astacus leptodactylus*
Eschscholtz, 1823) ÇÖREK OTU KATKILI YEMLERİN ANTİOKSİDAN
PARAMETRELERE ETKİSİ**

Murat AKPINAR

DOKTORA TEZİ
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Doç. Dr. Önder AKSU

TUNCELİ – 2021

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**IŞIK STRESİNE MARUZ KALAN KEREVİTLERDE (*Astacus leptodactylus*
Eschscholtz, 1823) ÇÖREK OTU KATKILI YEMLERİN ANTİOKSİDAN
PARAMETRELERE ETKİSİ**

Murat AKPINAR
(151106201)

DOKTORA TEZİ
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Doç. Dr. Önder AKSU

TUNCELİ – 2021

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**IŞIK STRESİNE MARUZ KALAN KEREVİTLERDE (*Astacus leptodactylus*
Eschscholtz, 1823) ÇÖREK OTU KATKILI YEMLERİN ANTİOKSİDAN
PARAMETRELERE ETKİSİ**

**Murat AKPINAR
DOKTORA TEZİ
SU ÜRÜNLERİ ANABİLİM DALI**

Bu tez 19/10/2021 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

İmza:.....

Prof. Dr. Mehmet KOCABAŞ
(Karadeniz Teknik Üniversitesi)

BAŞKAN

İmza:.....

Doç.Dr. Önder AKSU
(Munzur Üniversitesi)

DANIŞMAN

İmza:.....

Prof. Dr. Durali DANABAŞ
(Munzur Üniversitesi)

ÜYE

İmza:.....

Doç. Dr. Filiz Kutluyer KOCABAŞ
(Munzur Üniversitesi)

ÜYE

İmza:.....

Doç. Dr. Başar ALTINTERİM
(Malatya Turgut Özal Üniversitesi)

ÜYE

Bu tez, Enstitümüz Su Ürünleri Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Doç. Dr. Murat KORUNUR
Enstitü Müdürü

NOT: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı “Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu”ndaki hükümlere tabidir.

11/10/2021

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Murat AKPINAR

Danışman
Doç. Dr. Önder AKSU

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışması Munzur Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı Doktora Programı'nda yürütülmüştür. Çalışmada antioksidan kitlerin bir kısmı Doç. Dr. Yeliz Çakır SAHİLLİ tarafından karşılanmıştır. Ayrıca antioksidan analizlerde gene bu hocamız tarafından yapılmıştır.

Tüm bu süreçte benden desteğini esirgemeyen ve her konuda yardımcı olan tez danışmanlarım Sayın Doç. Dr. Önder AKSU ve Doç. Dr. Yeliz Çakır SAHİLLİ'ye teşekkür ederim.

Murat AKPINAR
Tunceli - 2021



İÇİNDEKİLER

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	I
TEŞEKKÜRLER.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	IV
TABLOLAR LİSTESİ.....	V
RESİMLER LİSTESİ.....	VI
KISALTMALAR.....	VII
ÖZET.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
1. GİRİŞ.....	1
2. MATERYAL ve METOT.....	10
2.1. Çalışmada Kullanılan Canlı Materyal.....	10
2.2. Kerevitlerin Laboratuvar Şartlarına Adaptasyonu.....	11
2.3. Yemlerin Hazırlanması.....	12
2.4. Deneme Gruplarının Oluşturulması.....	14
2.5. Yemlemenin ve Deneyin Sonlandırılması.....	17
2.6. Diseksiyon ve Dokuların Hazırlanması İşlemleri.....	19
2.7. Biyokimyasal Analizler.....	21
2.7.1. Süper Oksit Dismutaz (SOD) enzim aktivitesinin belirlenmesi.....	21
2.7.2. Katalaz (CAT) enzim aktivitesinin belirlenmesi.....	21
2.7.3. Glutasyon (GSH) enzim aktivitesinin belirlenmesi.....	21
2.7.4. Malondialdehit (MDA) enzim aktivitesinin belirlenmesi.....	21
2.7.5. GSH Px aktivitesinin ölçülmesi.....	22
2.8. İstatistiksel analizler.....	22
3. BULGULAR.....	23
3.1. Süperoksit Dismutaz (SOD) Düzeyindeki Değişimler.....	23
3.2. Katalaz (CAT) Düzeyindeki Değişimler.....	24
3.3. Malondialdehid (MDA) Düzeyindeki Değişimler.....	26
3.4. Glutasyon Peroksidaz (GSH-Px) Düzeyindeki Değişimler.....	28
3.5. Glutasyon (GSH) Düzeyindeki Değişimler.....	30
4. TARTIŞMA	32
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	41
6. KAYNAKLAR.....	42
ÖZGEÇMİŞ.....	51

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Kerevitlerin avlanıldığı bölgeler.....	10
Şekil 3.1.	Hepatopankreas SOD değerleri.....	24
Şekil 3.2.	Kas SOD değerleri.....	24
Şekil 3.3.	Hepatopankreas CAT değerleri.....	25
Şekil 3.4.	Kas CAT değerleri.....	26
Şekil 3.5.	Hepatopankreas MDA değerleri.....	27
Şekil 3.6.	Kas MDA değerleri.....	28
Şekil 3.7.	Hepatopankreas GSH-PX değerleri.....	29
Şekil 3.8.	Kas GSH-PX değerleri.....	29
Şekil 3.9.	Hepatopankreas GSH değerleri.....	31
Şekil 3.10.	Kas GSH değerleri.....	31



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1.	Gümüşdoğa marka alabalık yemi içeriği.....	13
Tablo 3.1.	Süperoksit dismutaz (SOD) analiz sonuçları.....	23
Tablo 3.2.	Katalaz (CAT) analiz sonuçları.....	25
Tablo 3.3.	Malondialdehid (MDA) analiz sonuçları.....	27
Tablo 3.4.	Glutasyon Peroksidaz (GSH-Px) düzeyindeki değişimler.....	29
Tablo 3.5.	Glutasyon (GSH) düzeyindeki değişimler	30



RESİMLER LİSTESİ

Resim 2.1.	Pinter ağılarıyla kerevitlerin avcılığı.....	11
Resim 2.2.	Kerevitlerin adaptasyon sürecince tanklarda bekletilmesi.....	12
Resim 2.3.	Deneme grupları için hazırlanan yemler.....	13
Resim 2.4.	Aydınlatma yapılan 1, 2, 3, 4 ve 5 numaralı deneme grupları.....	15
Resim 2.5.	Sade pelet yemlerle yemleme yapılan 5, 6 ve 7 nolu kontrol grupları.....	15
Resim 2.6.	Aydınlatılan barınaklarda kerevitlerin gece durumları.....	16
Resim 2.7.	Aydınlatılan tanklarda kerevitlerin yem alma hareketleri.....	16
Resim 2.8.	Çalışma sonunda kerevitlerin bırakıldığı poşet torbalar.....	17
Resim 2.9.	-85 C’lik soğutma özelliğindeki soğutucu.....	18
Resim 2.10.	Diseksiyon işlemi yapıldıktan sonra hepatopankreasın çıkarılması.....	19
Resim 2.11.	Cat unidrive hojenizatör aletinde dokuların homojenize edilmesi.....	20

KISALTMALAR LİSTESİ

MDA	: Malondialdehyde
GSH	: Glutasyon
CAT	: Katalaz
SOD	: Süperoksit dismutaz
GSH-Px	: Glutasyon peroksidaz
ROS	: Reactive Oxygen Species (reaktif oksijen türleri)
RNS	: Reactive Nitrogen Species (reaktif nitrojen türleri)
g	: Gram
mm	: Milimetre
EY	: Esansiyel yağ
ÇÖT	: Çörek Otu Tohumu
ROT	: Reaktif oksijen türleri
RNT	: Reaktif nitrojen türleri
DNA	: Deoksi ribo nükleik asit
H₂O₂	: Hidrojen peroksit
O₂	: Oksijen
Fe	: Demir
Zn	: Çinko
Cu	: Bakır
Mn	: Manganez

ÖZET

Olgun kerevitler (*Astacus leptodactylus*) Keban Baraj Çemişgezek ve Pertek Avlak Sahalarından pinterlerle avlandı. Daha sonra laboratuvara getirilen kerevitler denemeler için tanklara bırakıldı. Çörek otu bitkisinden soğuk sıkım ve masere yöntemleriyle elde edilen yağların pelet yemlere % 1 ve % 2 oranlarında eklenmesiyle rasyonlar oluşturuldu. Deneme gruplarında tam aydınlatmalı tanklarda tutulan kerevitler bu yemlerle beslendi. Tam karanlık, tam aydınlık ve normal gün ışığı alan ortamlarda tutulan diğer üç gruptaki kerevitler ise çörek otu yemi eklenilmeden sadece alabalık pelet yemi ile beslenildi. Deneme sonunda hepatopankreas ve kas dokularındaki antioksidan değerleri belirlendi.

En düşük MDA seviyesi hem kas ve hem hepatopankreas için 7 numaralı katkısız yemle beslenen fakat üstü açık olup, gece karanlık gündüz ise gün ışığı alan grupta gözlemlenirken, en kötü sonuç ise tamamen aydınlatılan ve çörek otu katısı verilmeyen yemle beslenen tam aydınlık grupta gerçekleşti. Lipid peroksidasyon seviyelerini düşürme açısından katkılı yemlerin ise olumlu sonuçlar verdiği ve özellikle %2'lik karışımlarda en etkili sonuçların alındığı görüldü. Yağlar arasındaki farka baktığımızda ise soğuk sıkım çörek otu yağı ile beslenen grubun değerlerinin daha düşük olduğu görüldü. SOD, GSH ve GSH-Px değerleri hem kas ve hem de hepatopankreas için en yüksek değerleri 7. Numaralı deneme grubunda görülürken, bu grubu çörek otu katkılı yemlerin verildiği gruplar izledi. CAT hepatopankreas değerlerinde 2 numaralı deneme grubunda en yüksek değerler elde edilir iken, CAT kas değerlerinde ise diğer sonuçlarda olduğu gibi 7 numaralı grup değerleri en yüksek çıktı ve 1, 2, 3, 4 numaralı ve katkılı yemlerin verildiği deneme grupları bu grubu takip etti.

Analiz sonuçlarına göre kerevitlerin karanlık ortam canlıları olmadığı, gece avlansalar bile normal fotoperiyoda ve gün ışığına da ihtiyaç duydukları ortaya çıkmıştır. Çörek otu yağının oksidatif stresin giderilmesinde kerevitler üzerinde de önemli rolünün olduğu ve soğuk sıkım ve masere yöntemleriyle elde edilen çörek otu yağlarının hemen hemen aynı etkilere sahip olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler : *Astacus leptodactylus*, SOD, GSH, CAT, MDA.

ABSTRACT

Effect of Black Seed Supplemented Feed on Antioxidant Parameters in Crayfish (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) Exposed to Light Stress.

Mature crayfish (*Astacus leptodactylus*) were caught with pinters from Keban Dam Lake Çemişgezek and Pertek Hunting Fields. Later, the crayfish brought to the laboratory were left in the tanks for trials. The rations were formed by adding 1% and 2% of the oils obtained from the black seed plant by cold pressing and maceration methods to the pellet feeds. Crayfish kept in fully illuminated tanks in the experimental groups were fed with these feeds. The crayfish in the other three groups, which were kept in full dark, full light and normal daylight conditions, were fed only with trout pellet food without the addition of black seed meal. At the end of the experiment, antioxidant values in hepatopancreas and muscle tissues were determined.

While the lowest MDA level was observed in the group that was fed with no additive number 7 for both muscle and hepatopancreas but was open, dark at night and daylight during the day, the worst result was observed in the full light group, which was fed with the completely illuminated feed without black seed solids. It was observed that feeds with additives gave positive results in terms of reducing lipid peroxidation levels, and the most effective results were obtained especially in 2% mixtures. When we look at the difference between the oils, it was seen that the values of the group fed with cold-pressed black seed oil were lower. While the highest values of SOD, GSH and GSH-Px values for both muscle and hepatopancreas were seen in the experimental group number 7, this group was followed by the groups fed black seed supplemented feeds. While the highest values were obtained in the 2nd experimental group in the CAT hepatopancreas values, the 7th group values were the highest in the CAT muscle values, as in the other results, and the experimental groups that were given 1, 2, 3, 4 and supplemented feeds followed this group.

According to the results of the analysis, it was revealed that crayfish are not dark environment creatures and they also need normal photoperiod and daylight even if they hunt at night. It has been determined that black cumin oil has an important role on crayfish in eliminating oxidative stress and black cumin oil obtained by cold pressing and maceration methods has almost the same effects.

Key Words: *Astacus leptodactylus*, SOD, GSH, CAT, MDA.

1. GİRİŞ

Kerevitler (tatlı su istakozu) ekolojik, ekonomik ve sosyal açıdan önem taşımaktadır. Genel olarak lüks bir gıda maddesi olarak tüketilmeleriyle birlikte bazı ülkelerde de özel günlerde geleneksel bir gıda maddesi olarak tüketilmektedirler (Hogger, 1988; Momot, 1995; Harlıoğlu ve Holdich, 2001). Bununla birlikte, düşük kaloriye sahip bir protein kaynağı olup, B vitamini, sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum yönünden de zengin bir besindir (Goddard, 1988). Ayrıca, kerevit etinin C vitamini ve karoten içeriği birçok ticari balık türünden daha yüksektir (Harlıoğlu ve Köprücü, 2000; Aksu, 2008).

Çoğu Amerika ve Avustralya kıtalarında olmak üzere 500 den fazla kerevit türü bulunmaktadır (Hobbs, 1988). Ülkemizde ise sadece Astacidae ailesine ait *Astacus leptodactylus* türü doğal olarak bulunmaktadır (Holthius, 1961; Geldiay ve Kocataş, 1970; Balık ve ark., 2005b). Bu türün genel olarak karapaks ve kıskaçlarının görünüşü ile ayırt edilebilen iki alt türünün (*Astacus leptodactylus leptodactylus* ve *Astacus leptodactylus salinus*) ülkemiz sularında dağılım gösterdiği belirtilmiştir (Geldiay ve Kocataş, 1970). Bu tür birçok ülkeye (örnek olarak Polonya, İtalya, Almanya, İngiltere, İspanya ve Fransa) de doğal veya yapay olarak oluşturulmuş ortamlardan hasat edilmek amacıyla stoklanmıştır. Stoklandığı ülkelerin birçoğunun bazı bölgelerinde büyük popülasyonlar oluşturmuştur (Köksal, 1988; Gutierrez ve ark., 1999; Harlıoğlu, 2004; Harlıoğlu ve ark., 2004; Aksu, 2008).

A. leptodactylus'la birlikte, yurdumuzda doğal ortamı Orta Avrupa olan *Austropotamobius torrentium*'un iki popülasyonunun varlığı Trakya bölgemizde (Velika ve Madara Nehirleri) rapor edilmiştir. *A. torrentium*'un yurdumuzdaki varlığının doğal olarak mı yoksa sonradan stoklama ile mi oluşturulduğu konusundaki çalışmalar sürdürülmektedir (Harlıoğlu ve Güner, 2006; Harlıoğlu ve Güner, 2007; Trontelj ve ark., 2005; Aksu, 2008).

Kerevitler neredeyse her su ortamında bulunurlar. Türkiye'nin doğal kerevit türü olan *Astacus leptodactylus* Türk kereviti olarak ve aynı zamanda dar kıskaçlı kerevit veya Galiçya kereviti olarak da bilinir (Atay, 1984; Köksal, 1988).

Kerevitler gündüz saatlerinde gizlenip karanlık zamanlarda aktif olurlar (Mason, 1977). Yapılan çalışmalar bu durumun kerevitin görmesiyle ilgili olabileceği fikrini öne çıkarmıştır.

Kabuklular arasında ışığın algılanmasında çeşitli yapılar yer alabilir. En göze çarpan ve en iyi çalışılan organlar bileşik gözlerdir. Bunlar, stomatopod (Cronin ve ark., 1994), euphausiid (Land, 1981) ve decapod kabuklularda (Herring ve Roe, 1988) en yüksek gelişmişlik derecelerine ulaşırlar, ancak Copepoda, Mystacocarida, Cephalocarida ve çok az türe sahip bazı küçük gruplar, Cirripedia'da hala son larva aşamasında bulunurlar ve Ostracoda arasında Myodocopa'dan bilinirler (Meyer-Rochow ve Benno, 2001). Çok sayıda kabukluda bulunan ön organlar, genellikle nauplius gözü ile homolog olmayan ve üçüncü kategoriye oluşturan açıkça kabuklu ışık dedektörleri fotoreseptörlerdir (Elofsson, 1965, 1966).

Çok sayıda kapsamlı araştırmaya rağmen, kabukluların ışığı tam olarak nasıl algıladıklarına, görsel bilgileri nasıl işlediklerine ve fotoreseptörlerini değişen ortam termal ve fototik koşullarına nasıl ayarladığına dair anlayışımızda karanlık veya aydınlatılmış alanlar ve günlük karanlık/aydınlık ritmine düzenli maruz kalma ile hala önemli boşluklar vardır (Meyer-Rochow ve ark., 1999a). Anlayışımızın hala eksik olduğu bir başka kabuklu görme alanı, polarizasyon duyarlılığı ve titreyen ışıkların algılanması ile ilgilidir (Meyer-Rochow ve Benno, 2001).

Genel olarak kerevitler günün aydınlık saatlerini barınaklarda geçirirler, havanın kararmasıyla birlikte özellikle yiyecek aramak üzere barınaklarını terk eder ve genelde havanın aydınlanmasıyla birlikte barınaklarına geri dönerler (Hogger, 1988). Yapılan bazı çalışmalar ise bu canlıların aydınlık ortamlardan kaçmak için de barınakları kullandıklarını göstermiştir (Mason, 1977). Bununla birlikte barınaklar üzerine yapılan bir diğer çalışmada saydam barınaklar kullanıldığı ve ortamın aydınlatıldığı durumlarda, kerevitlerin aydınlık olmasına rağmen saydam veya içi aydınlatılan barınakları da kullandıkları görülmüştür. Bu durum onların barınak tercihlerinin ışıktan kaçınmadan daha önemli olduğunu göstermiştir (Aksu ve Harlıoğlu, 2003).

Kerevitler su makrofitleri, algler, detritus ve makroomurgasızlar dahil olmak üzere çok çeşitli yiyecekler ile beslenirler (Holdich ve Reeve, 1988; Hamr, 2002; Nyström, 2002). Genel olarak omnivor olmasına rağmen bu hayvanlar, mevcudiyet ve enerji değerine göre farklı gıda bileşenleri tercih edilebilir (Momot, 1995). Ayrıca deneysel koşullar altında, kerevitlerin hayvansal kaynaklı gıdalarla beslenmesi durumunda daha hızlı büyüdükleri ve zararlı bir diyetle devam edenlerin ise daha yüksek yiyecek arama aktivitesi gösterdikleri belirlenmiştir (Söderbäck ve ark., 1988). Besleme seçiciliği de deneysel olarak belgelenmiştir. Yiyecek arayan kerevitlerin ince kabuklu yumuşakçaları kalın kabuklu

olanlara (Nyström, 2002), balık yumurtasını zebra midyeye, büyük midyelere göre (Love ve Savino, 1993) küçük veya orta boy midye ve suda yaşayan karındanbacaklılardan büyüklere göre küçükleri (MacIsaac, 1994; Warner, 1996; Nyström ve Pérez, 1998) tercih ettikleri görülmüştür.

Oksijen, büyüme ve diğer faaliyetler için enerji üretmek amacıyla karbonhidratların, proteinlerin ve lipidlerin katabolizması gibi biyolojik işlevleri yerine getirmek ve yaşam için temel bir elementtir (Valko ve ark., 2007). Bununla birlikte, canlı dokular için toksik bir ajan olarak oksijenin eşdeğer bir rolü de keşfedilmiştir. Oksijen, kendi başına tehlikeli olmasa da, çeşitli “reaktif oksijen türlerinin” (ROT) veya serbest radikallerin sentezinde yer alır. Metabolik reaksiyonlar sırasında veya iyonlaştırıcı radyasyonun etkisiyle oluşan bu ROT veya serbest radikaller biyomoleküllerle etkileşime girebilir ve nihayetinde kanserler, kardiyovasküler hastalıklar ve diğer klinik bozukluklar gibi dejeneratif hastalıkların başlamasına yol açabilir (Czesnikiewicz-Guzik ve ark., 2007; Sedelnikova ve ark., 2010). Reaktif oksijen türleri veya bir oksidan, zincir reaksiyonunun başlatılmasına veya yayılmasına katılan hem radikal hem de radikal olmayan türler dahil olmak üzere tüm reaktif oksijen formlarını içeren toplu bir terimdir. Öncelikle, fizyolojik seviyelerde, ROT, eritropoietin üretimi, apoptozun teşvik edilmesi, anjiyogenez, endotel bağımlı vazorelaksasyon ve makrofajlar tarafından bakteri ve diğer yabancı maddelerin yok edilmesi dahil olmak üzere sinyal verme veya savunma süreçlerinde düzenleyici araçlar olarak faydalı ve hatta önemli roller oynar (Valko ve ark., 2007).

Oksidatif stres, çevresel toksisitenin çok aşamalı kanserojen sürece bağlanmasında önemli bir bileşendir. Ek olarak, oksidatif stres, kanser gelişimi gibi çok aşamalı bir süreç (tek bir hücrede üç aşama; başlangıç, yükselme ve ilerleme) gibi birden fazla aktivitenin kümülatif etkisi ile karakterize edilir. Reaktif oksijen türleri (ROT), endojen ve eksojen uyarıya yanıt olarak üretilir. ROT, karsinogenezin tüm bu aşamalarını etkileyebilir (Tarlovsky, 2013). Bu nedenle oksidatif stres terimi, hücrel oksidan ve antioksidan seviyeleri arasındaki dengesizliği tanımlamak için kullanılır (Hristova M, Penev, 2014; Sarıkaya ve Doğan, 2020).

Polifenoller, askorbik asit, A vitamini, alfa-lipoik asit, tioredoksin, GSH, melatonin, koenzim Q, beta karotenoidler, alfa-tokoferoller gibi antioksidanlar ve ayrıca SOD, CAT, GSH-PX, glutatyon redüktazlar dahil antioksidan enzimler -s-transferazlar, oksidatif hasardan kaynaklanan hastalıkların önlenmesi ve tedavisi için geniş çapta araştırılmıştır (Ighodaro ve Akinloye, 2018).

Çoğu hastalığın fizyopatolojisi şu anda tam olarak aydınlatılamamıştır; ancak birçok epidemiyolojik çalışmada, düşük GSH-PX durumu düzeyleri ile birçok kanser türünde kanser riskinin artması arasındaki ilişkiyi gösteren sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Her zaman, enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidanlar ile atomik düzeyde eşleştirilmiş elektronlarından birini kaybetmiş oksidanlar arasındaki dengesizlikten kaynaklanan bozulma durumları, ilgili oksidanlar lehine reaktif nitrojen türleri (RNT) ile reaktif oksijen türleri (ROT) anlamına gelir. Oksidatif stres, GSH-PX ve oksidatif stres ile ilgili 1000'den fazla makalenin ana bulguları kullanılarak glutatyon peroksidazın olası mekanizmaları gözden geçirilmiştir. Oksidatif stres, hem hayvan hem de insan çalışmalarında çoğu hastalığın ortaya çıkmasında ve gelişmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca antioksidanların 50'ye yakın hastalık patogeneze karşı koruyucu etkileri vardır. Lipid peroksidasyonunun bir sonucu olarak ortaya çıkan oksidatif stres, çevresel toksisiteye ayrılmış çok aşamalı bir seyirle ortaya çıkan karsinogenez aşamasında ve kanser patogenezinde eş zamanlı olarak kilit bir öneme sahip olabilir (Sarıkaya ve Doğan, 2020).

Glutatyon (gama-glutamil-sisteinil-glisin; GSH) en bol bulunan düşük moleküler ağırlıklı tiyoldür ve GSH/glutatyon disülfid hayvan hücrelerinde ana redoks çiftidir. GSH'nin glutamat, sistein ve glisinden sentezi, iki sitozolik enzim, gama-glutamilsistein sentetaz ve GSH sentetaz tarafından sırayla katalize edilir. Zorlayıcı kanıtlar, GSH sentezinin öncelikle gama-glutamilsistein sentetaz aktivitesi, sistein mevcudiyeti ve GSH geri besleme inhibisyonu tarafından düzenlendiğini göstermektedir. Hayvan ve insan çalışmaları, GSH homeostazının korunması için yeterli protein beslenmesinin çok önemli olduğunu göstermektedir. Ek olarak, enteral veya parenteral sistin, metionin, N-asetil-sistein ve L-2-oksoetiazolidin-4-karboksilat, doku GSH sentezi için sisteinin etkili öncüleridir. Glutatyon, antioksidan savunma, besin metabolizması ve hücrel olayların düzenlenmesinde (gen ekspresyonu, DNA ve protein sentezi, hücre çoğalması ve apoptoz, sinyal iletimi, sitokin üretimi ve bağışıklık tepkisi ve protein glutatyonilasyonu dahil) önemli roller oynar. Glutatyon eksikliği, yaşlanmada ve birçok hastalığın (kwashiorkor, nöbet, Alzheimer hastalığı, Parkinson hastalığı, karaciğer hastalığı, kistik fibroz, orak hücreli anemi, AIDS, kanser, kalp krizi, inme ve diyabet dahil) patogenezinde kilit rol oynayan oksidatif strese katkıda bulunur. GSH metabolizmasının beslenme düzenlemesine ilişkin yeni bilgiler, sağlığı iyileştirmek ve bu hastalıkları tedavi etmek için etkili stratejilerin geliştirilmesi için kritik öneme sahiptir (Wu ve ark., 2004).

Süperoksit dismutaz (SOD), hücredeki ilk detoksifikasyon enzimi ve en güçlü antioksidandır. Reaktif oksijen türlerine karşı birinci basamak savunma sisteminin bir bileşeni olarak görev yapan önemli bir endojen antioksidan enzimdir. İki molekül süperoksit anyonunun (O_2^-) hidrojen peroksit (H_2O_2) ve moleküler oksijene (O_2) dismutasyonunu katalize ederek potansiyel olarak zararlı süperoksit anyonunu daha az tehlikeli hale getirir. SOD bir metalloenzimdir ve bu nedenle aktivitesi için bir metal kofaktör gerektirir. SOD tarafından kofaktör olarak gerekli olan metal iyonunun tipine bağlı olarak, enzimin çeşitli formları mevcuttur (Fridovich, 1995; Dringen ve ark., 2005). Normalde SOD tarafından bağlanan metal iyonları demir (Fe), çinko (Zn), bakır (Cu) ve manganedir (Mn). Bu bağlamda, SOD'lar üç biçimde sınıflandırılır ve bunlar arasında (i) prokaryotlarda ve bazı bitkilerin kloroplastlarında yaygın olarak bulunan Fe-SOD (ii) ökaryotların prokaryotlarında ve mitokondrilerinde bulunan Mn-SOD ve (iii) Cu bulunur. /Zn-SOD ökaryotlarda baskındır ve daha çok dağılmıştır, temel olarak sitozolde lokalizedir, fakat aynı zamanda kloroplastlarda ve peroksizomlarda da bulunur (Gill ve Tuteja, 2010; Karuppanapandian ve ark., 2011; Ighodaro ve Akinloye, 2018).

Katalaz, dört benzer alt birime sahip 240 kilodalton (kDa) tetramerik bir proteindir ve *ctt1* gen eşlemesi ile kromozom 11.33 tarafından kodlanır. Her bir polipeptit alt birimi, ağırlık olarak 60 kDa'dır ve tek bir ferriprotoporfirin içerir (Surai, 2006). CAT, hemen hemen mevcut olan yaygın bir antioksidan enzimdir. Oksijen kullanan tüm canlı dokularda enzim, bir kofaktör olarak demir veya mangan kullanır ve hidrojen peroksitin (H_2O_2) suya ve moleküler oksijene indirgenmesini veya indirgenmesini katalize eder ve sonuç olarak SOD tarafından taklit edilen detoksifikasyon sürecini tamamlar (Marklund, 1984; Chelikani ve ark., 2004; Ighodaroab ve Akinloye, 2018). Sürekli olarak hidrojen peroksit moleküllerini araştırdığı hücrelerde bol miktarda bulunur. CAT oldukça verimlidir; bir saniyede milyonlarca hidrojen peroksit molekülünü parçalayabilir. Enzim öncelikle peroksizomlarda bulunur, ancak memeli hücrelerinin mitokondrilerinde yoktur. Bunun tek istisnası, sıçanın kalbinde bulunan mitokondridir (Radi ve ark., 1991). Biyokatalistler, canlı organizmalar tarafından üretilen ve kimyasal katalizörlere kıyasla daha rekabetçi süreçler sunan en yetkin biyolojik makromoleküllerdir (Choi ve ark., 2015). Bunlar temel olarak kimyasal reaksiyonları hızlandıran ve belirli bir biyokimyasal reaksiyon üretmek için elektronların veya fonksiyonel grupların transferine neden olabilen proteinlerdir. Yaşamı sürdürmek için gerekli olan tüm önemli kimyasal dönüşümlerden sorumludurlar (Gurung ve ark., 2013; Sooch ve ark., 2020).

Malondialdehit, enzimatik ve oksijen radikalının neden olduğu lipid peroksidasyonunun endojen genotoksik bir ürünüdür ve katkı ürünlerinin sağlıklı insanlardan izole edilen DNA'da bulunduğu bilinmektedir (Niedernhofer ve ark., 2003). Malondialdehit (MDA), biyomedikal alanlarda oksidatif stresi değerlendirmek için bir biyobelirteç olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Lipid peroksidasyonu, hücresel hasarla sonuçlanan çeşitli aktif bileşiklerin oluşumuyla sonuçlanan zincirleme bir fenomendir. MDA'nın biyoizlenmesi, hem in-vivo hem de in-vitro çalışmalarda hipertansiyon, diyabet, ateroskleroz, kalp yetmezliğı ve kanser dahil olmak üzere çeşitli hastalık modelleri için anahtar bir biyobelirteç olarak kullanılmıştır. Akciğer kanseri hastaları, karmaşık bölgesel ağrı sendromu hastaları ve glokom hastaları dahil olmak üzere çeşitli kategorilerdeki hastalarda daha yüksek MDA seviyeleri rapor edilmiştir. Bulgular, farklı hastalık patolojilerinde oksidatif stresi bulmada güvenilir bir araç olarak MDA testinin geçerliliğini göstermektedir (Singh ve ark., 2015).

Bir organizma çeşitli antioksidan savunma mekanizmalarının yardımıyla serbest radikallere karşı kendini koruyabilir. Hem dışsal hem de içsel kaynaklar dahil olmak üzere vücut. Eksojen örneklerβ karoten vitamin C ve E'yi içerirken katalaz ve glutatyon peroksidaz/redüktaz kaynak endojeni temsil eder.

Eksojen antioksidanların insan sağlığına girişı de yayınlanmıştır. Aslında, serbest radikallere daha az maruz kalmanın ve antioksidan bakımından zengin gıdaların veya antioksidan takviyelerin alımının artmasının, vücudun serbest radikallerle ilgili sağlık sorunları riskini en aza indirme potansiyelini artıracakı öne sürülmüştür (Lobo ve ark. 2010).

Gıda endüstrisinde ve insan sağlığındaki potansiyel rolü göz önüne alındığında, antioksidanlar tüm dünyada popülerlik kazanmaktadır. Antioksidanlar, küçük miktarlarda bile kolayca oksitlenebilen maddelerin oksidasyonunu önleyebilen veya geciktirebilen maddeler olarak tanımlanır. Antioksidan, belirli bir oksitleyici enzimi inhibe edebilen veya diğer moleküllere zarar vermeden önce oksitleyici ajanlarla reaksiyona giren bir madde veya metal iyonlarını tutan bir madde veya hatta demir taşıyıcı protein gibi sistemi tamir edebilen bir madde olarak da tanımlanır (Brewer, 2011). Bu itibarla, rapor edilen sayısız fizyolojik ve biyokimyasal süreçle insan vücudunda serbest radikallerin ve diğer reaktif oksijen türlerinin üretimi (Halliwell, 1994); ancak bunların aşırı üretimi hastalıkların gelişmesine yol açabilir. Bu bağlamda bir antioksidan, (i) lokalize oksijen konsantrasyonunu azaltarak, (ii) başlatıcı radikalleri temizleyerek zincir başlangıcını

önleyerek, (iii) lipid peroksit peroksil ve alkoksil radikallerini parçalayarak, (iv) peroksitleri tonon radikallere dönüştürerek parçalayarak ürünler ve (v) sürekli hidrojen soyutlamasını önlemek için zincir kırılması farklı seviyelerde etki gösterebilir (Miguel, 2010; Bhatt ve ark., 2013).

Tıbbi bitkilerde, bileşimleri, fiziksel ve kimyasal özellikleri ve etki yerleri bakımından farklı olan çok çeşitli doğal olarak oluşan antioksidanlar bulunur. Bunlar arasında, fenolikler ve flavonoidler, güçlü antioksidanlar olarak rapor edilmiştir ve çeşitli in vitro hücresel modelde hidroksil radikali, peroksil radikali, hipokloröz asitler, süperoksit anyonu ve peroksinitrit dahil olmak üzere çok sayıda farklı reaktif oksijen türünü temizleyerek sürekli koruyucu olmuştur (Halliwell, 2007).

Benzer şekilde, polifenollerin kardiyovasküler hastalıklardaki antioksidan aktivitesi, hepatoprotektif, antiokarsinojenik, antimikrobiyal, antiviral ve antiinflamatuvar etkileri iyi araştırılmıştır (Nijveldt ve ark., 2001; Serrano ve ark., 2009).

Çörekotu genellikle baharat olarak yetiştirilmektedir. On iki farklı tip içerisinde tarım ve ticarete en çok kullanılan türü *Nigella sativa* L. (Ranunculaceae) olup, Dünya çapında üzerinde birçok çalışma yapılmıştır (Yakup, 2007).

N. sativa yaygın olarak bilinen çörek otu tohumu dünyanın farklı bölgelerinde yetiştirilen tek yıllık otsu bir bitkidir. Tohumlar, tıbbi amaçlar ve aroma vermek için yaygın olarak kullanılır. Eski Mısırlılara, Yunanlılara ve Romalılarına kadar uzanan geleneksel tıpta siyah çörek otu tohumu kullanılmıştır.

Çörek otu tohumu tek yıllıktır ve dünyanın farklı yerlerinde yetiştirilen otsu bir bitkidir. Özellikle Akdeniz'e kıyısı olan ülkelerde büyümektedir. İnce bölünmüş, doğrusal yaprakları ile 20 ila 30 cm boyunda, narin çiçeklere sahiptir ve genellikle soluk mavi ve beyaz renklidir. Genellikle 5 ila 10 yapraklıdır. Meyve iri ve şişkindir. 3 ila 7 birleşik folikülden oluşan kapsül, her biri çok sayıda tohum bulundurur (Ismail ve ark., 2008).

Çörek otu çeşitli hastalıklar için doğal bir çare olarak geleneksel tıpta kullanılabilir. Astım, hipertansiyon, diyabet, inflamasyon, öksürük, bronşit, baş ağrısı, ateş, baş dönmesi ve grip, gaz giderici ve idrar söktürücü, laktagog ve vermifüj olarak kullanılmaktadır (Hosseini ve ark., 2007; Allahghadri ve ark., 2010; Farhan ve ark., 2021) *N.sativa*'nın iddia edilen halk tıbbi kullanımlarının çoğu kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Antioksidan, antialerjik, antiinflamatuvar dahil olmak üzere terapötik değerini haklı çıkarır, immünomodülatör, antimikrobiyal, anticestod, antitümör, antidiyabetik, antiaflatoksin,

östrojenik, spazmolitik, bronkodilatör, hipokolesterolemik, hipotansif, hepatoprotektif, antinosiseptif, nöroprotektif ve antikonvülsan etkilere sahiptir (Uras ve ark., 2010).

Fitokimyasalların immünolojik ve fizyolojik tepkilerin modülatörleri olarak kullanımına odaklanan beslenme stratejileri, ayrıca antistres ve antioksidan tedaviler ve gastrointestinal sistemin sağlık destekleyicileri, hayvansal üretime artan ilgiyi çekmiştir. Son yirmi yılda, birkaç çalışma, birkaç çiftlik hayvanı türünde diyet katkı maddesi olarak bitki esansiyel yağlarının (EY'lar) kullanılmasının olumlu sonuçlarını bildirmiştir. Son zamanlarda, bu beslenme alternatifleri, hastalıklara karşı direnci artırmak ve salgınları önlemek, ayrıca balık büyümesini, hayvan refahını ve yem kullanımını iyileştirmek için değerlendirilen balık üretiminde değerlendirilmiş ve rapor edilmiştir. Bununla birlikte, rapor edilen çeşitli ve ilgili biyolojik aktivitelere rağmen, bu fitokimyasallar genellikle kararsız ve uçucu moleküllerden oluşur, bu da EY'ların kimyasal ve fiziksel özelliklerini balık besleme araştırmalarında dikkate alınması gereken önemli hususlar haline getirir (Sutuli ve ark., 2018).

Bitkilerden elde edilecek maksimum verim ve en yüksek saflık elde etmek için kabul edilebilir bir teknik seçimi, hedef bileşiğin doğasına göre değişir. Bitkilerden bileşiklerin ekstraksiyonu için solvent ekstraksiyonu ve buharla damıtma gibi çok sayıda kimyasal ve mekanik işlem kullanılmaktadır (Shirsath ve ark., 2012). Esansiyel yağların, katı ve sıvı yağların ekstraksiyonu için kullanılan mevcut teknikler arasında soxhlet, hidrodistilasyon ve alkolle maserasyon yer alır (Wang ve Weller, 2006). Maserasyon yöntemlerinden birisi de bitkiyi başka bir bitkisel yağ içerisinde bekleterek yağını çıkarma yöntemidir (Altınterim ve ark., 2018). Başlangıçta ağırlıklı olarak ilaç ve kozmetik sanayinde kullanılan soğuk sıkım yağlar, artık sofralarımızda da yerini almaya başlamıştır. Soğuk pres yağların üretim tekniklerinin basit, ekolojik ve fazla yatırım maliyeti gerektirmemesine karşılık, hammaddeden alınan yağ veriminin düşük olması bu tür yağların perakende satış fiyatını da etkilemektedir (Gürpınar ve ark., 2011; İmer ve Taşan, 2018).

Çörek otu yağı uzun yıllardır pek çok araştırmada balıklar üzerinde kullanılmıştır. Bununla birlikte kerevitler üzerinde kullanımına pek rastlanılmamıştır. Ayrıca çalışmalarda genellikle soğuk sıkım yağlar kullanılmakta ve masere yağlar kullanılmamaktadır. Bu çalışma ile ışık stresi ve bu iki farklı yöntemle elde edilen yağlar kerevitler üzerinde ilk defa uygulanacaktır. Ayrıca ışık stresi altında bulunan kerevitlerin antioksidan özelliklerine etkileri ilk defa araştırılacaktır. Bu konuların ilk defa çalışılacak olması kerevitlerin sağlığı

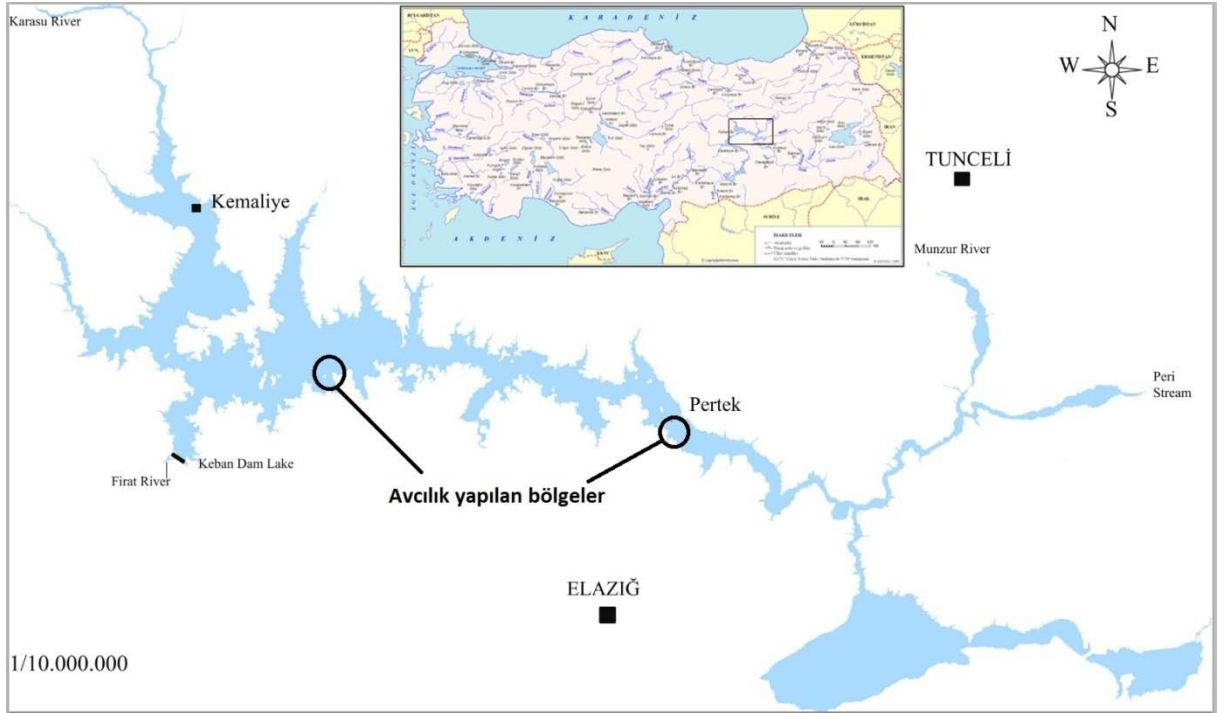
ve ekonomik değer anlamında bilime önemli veriler kazandırabilir. Bu çalışmada kerevitlerin aydınlık ortamda tutulmaları halinde, maruz kaldıkları aydınlık stresine karşı yemlerine güçlü bir antioksidan olan çörek otunun farklı yöntemlerle elde edilmiş yağlarının etkisinin araştırılması amaç edinilmiştir.



2. MATERİYAL VE METOT

2.1. Çalışmada Kullanılan Canlı Materyal

Çalışmada kullanılacak kerevitler (*Astacus leptodactylus*) Keban Baraj Gölü Çemişgezek (38°52'25" K, 38°55'10" D) ve Pertek (38°49'44" K, 39°16'32" D) Avlak Sahalarından pinter ağları vasıtasıyla avcılık yoluyla elde edilmiştir (Şekil 2.1, Resim 2.1)



Şekil 2.1. Kerevitlerin avlanıldığı bölgeler (URL-1, 2017; URL-2, 2021).



Resim 2.1. Pinter ağılarıyla kerevitlerin avcılığı.

2.2. Kerevitlerin Laboratuar Şartlarına Adaptasyonu

Canlı olarak avlanılan kerevitler Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Araştırma ve Uygulama Merkezi'ne getirilerek tanklarda stoklanmış ve bir hafta boyunca ortama adapte olmaları beklenmiştir. Tanklara kerevitler bırakılmadan 3 gün önce tanklar suyla doldurulmuş ve su dinlendirilmiştir. Kerevitler tanklara bırakılmadan önce barınak olarak kullanmaları için 30 cm uzunluğunda ve 5 cm çapında PVC borular kerevitlere barınak olması amacıyla tanklara konulmuştur (Resim 2.2).



Resim 2.2. Kerevitlerin adaptasyon sürecince tanklarda bekletilmesi

2.3. Yemlerin Hazırlanması

Çalışma gruplarında Gümüşdoğa marka 5 mm. ticari alabalık yemi kullanıldı ve yem içerikleri Tablo 2.1’de verilmiştir. Deneme grupları için pelet yeme 1. Deneme grubuna %1 ve 2. Deneme grubuna %2 oranında soğuk sıkım çörek otu yağı ile 3. Deneme grubuna %1 ve 4. Deneme grubuna %2 oranında masere çörek otu yağı püskürtme ve tekrar kurutma yöntemi ile katıldı. Geriye kalan 5, 6 ve 7 numaralı kontrol gruplarına ise sade içine çörek otu yağı katılmamış alabalık pelet yemi hazırlandı. Yemler eşit oranda hazırlanarak 2 kg’lık plastik kutulara kapakları kapalı olacak şekilde bırakıldı (Resim 2.3).

Tablo 2.1. Gümüşdoğa marka alabalık yemi içeriği

İçerik	Miktarı
Ham Protein	Min %45
Ham Yağ	Min %20
Ham Selüloz	Maks %3
Ham Kül	Maks. %12
Nem.	Maks %12
Fosfor	Min % 1.5
Kalsiyum	Min-Maks % 1-2
Lizin	Min. 1,6 %
MET+KİST	Min 1,6 %
Omega3	% 1
Omega6	% 1.5
EPA+DHA	%5
A Vitamini	5000 IU/kg
D3 Vitamini	30 IU/kg
E vitamini	30 mg/kg
C vitamini	125 mg/kg
Metabolik Enerji	4000 Kcal/kg
Sindirilebilir Enerji	4350 Kcal/kg



Resim 2.3. Deneme grupları için hazırlanan yemler.

2.4. Deneme Gruplarının Oluşturulması

Çalışmanın deneme gruplarının oluşturulması amacıyla 4 kare ve 3 küvet tipi uzun tank kullanıldı. Kare tankların ve uzun tankların her birine 15 er adet erkek kerevit bırakıldı. Kerevitlerin boyları ve ağırlıkları tartılarak tanklarda homojen bir canlı kütlesi ayarlanacak şekilde eşit ağırlık ve büyüklüklerdeki kerevitler kullanıldı. Tanklarda hava motoruyla havalandırma yapıldı. Tanklarda 3 günde bir sifonlama yapılarak yem ve metabolizma artıkları uzaklaştırıldı ve sifonlama işlemiyle kaybedilen su dinlendirme tanklarındaki suyla tamamlandı. Yemleme 30 gün boyunca yapıldı. Deneme grupları ve yemleme şekli aşağıdaki gibi oluşturuldu.

1. No'lu kare tank 150 lümen led çubuk tipi 24 saat yanan lamba bırakıldı. Bu gruba yemleme %1 oranında soğuk sıkım çörek otu eklenmiş yemler ile yapıldı (Resim 2.4).

2. No'lu kare tank 150 lümen led çubuk tipi 24 saat yanan lamba bırakıldı. Bu gruba yemleme %2 oranında soğuk sıkım çörek otu eklenmiş yemler ile yapıldı (Resim 2.4).

3. No'lu kare tank 150 lümen led çubuk tipi 24 saat yanan lamba bırakıldı. Bu gruba yemleme %1 oranında masere çörek otu eklenmiş yemler ile yapıldı (Resim 2.4).

4. No'lu kare tank 150 lümen led çubuk tipi 24 saat yanan lamba bırakıldı. Bu gruba yemleme %2 oranında masere çörek otu eklenmiş yemler ile yapıldı (Resim 2.4).

5. No'lu küvet tipi uzun tank 150 lümen led çubuk tipi 24 saat yanan lamba bırakıldı. Aydınlatma kontrolü olarak kullanılan bu gruba sade alabalık pelet yemleri ile yemleme yapıldı (Resim 2.4, Resim 2.5).

6. No'lu küvet tipi uzun tank bu tanka ışık kaynağı eklenmeyip, bütün üst ve yan tarafları siyah renk kalın plastik örtü ile sarılarak herhangi bir ışığın girmesi engellendi. Karanlık kontrolü olarak kullanılan bu gruba sade alabalık pelet yemleri ile yemleme yapıldı (Resim 2.5).

7. No'lu küvet tipi uzun tank bu tanka ışık kaynağı bırakılmadı ve tankın normal gün ışığı almasına müsaade edildi. Standart fotoperiyot kontrolü olarak kullanılan bu gruba sade alabalık pelet yemleri ile yemleme yapıldı (Resim 2.5).



Resim 2.4. Aydınlatma yapılan 1, 2, 3, 4 ve 5 numaralı deneme grupları.



Resim 2.5. Sade pelet yemlerle yemleme yapılan 5, 6 ve 7 nolu kontrol grupları.

Aydınlatılan barınaklarda kerevitlerin gece durumları Resim 2.6. ve yem alımları Resim 2.7’de görülmektedir.



Resim 2.6. Aydınlatılan barınaklarda kerevitlerin gece durumları.



Resim 2.7. Aydınlatılan tanklarda kerevitlerin yem alma hareketleri.

2.5. Yemlemenin ve Deneyin Sonlandırılması

30 günlük beslemenin sonunda çalışma sonlandırılmıştır. Tanklardaki kerevitler kepçeler ile alınarak üzerinde deneme gruplarının numarası yazılı poşet torbalara (Resim 2.8) bırakıldıktan sonra diseksiyon işlemleri yapılıncaya kadar -85 C'lik soğutma özelliğindeki soğutuculara (Resim 2.9) bırakılmışlardır.



Resim 2.8. Çalışma sonunda kerevitlerin bırakıldığı poşet torbalar.



Resim 2.9. -85 C'lik soğutma özelliğindeki soğutucu.

2.6. Diseksiyon ve Dokuların Hazırlanması İşlemleri

Diseksiyon ve dokuların analize hazırlanması işlemleri Munzur Üniversitesi Biyomühendislik Laboratuvarlarında yapıldı. Kerevit dokularındaki enzim faaliyetlerinin belirlenmesine yönelik -85 °C'lik derin dondurucuda bir gün tutulan kerevitler çıkarılarak 5 saat içinde buzlarının çözünmesi amacıyla bekletildi. Kerevitler karapaks ile abdomenin birleştiği yerden ortadan ikiye kesilerek gövde ve abdomen ayrılmış oldu. Daha sonra kerevit karapaksının alt tarafları kesilerek hepatopankreaslar çıkarıldı ve buradan alınan hepatopankreaslar hassas terazide tartıldı (Resim 2.10). Aynı şekilde abdomenin kabuğu kesilerek içinden kas dokuları çıkarıldı. Daha sonra 1/5 w/v oranında 7,4 PH değerine sahip fosfatla tamponlanmış tuz solusyonu eklendi. Bu aşamadan sonra homojenizasyona geçildi ve tüplerdeki dokularda homojenizasyon aletinin devir ısıısıyla enzimlerin bozulmaması için buz kalıbına yerleştirilmiş ependorf tüpteki dokular CAT Unidrive homojenizatör (Resim 2.11) kullanılarak homojenize edildi.



Resim 2.10. Diseksiyon işlemi yapıldıktan sonra hepatopankreasın çıkarılması.



Resim 2.11. Cat unidrive hoenizator aletinde dokuların homojenize edilmesi.

Homojenizasyon bittikten sonra örnekler soğutmalı Hettich Universal 320R santrifüj vasıtasıyla 17000 rpm devirde, 15 dakika süre ile santrifüj yapılarak süpernatantlar oluşturuldu. Süpernatantlar -85 °C'lık derin dondurucuda (Resim 2.9) analiz işlemleri yapılınca kadar beklemeye bırakıldı.

2.7. Biyokimyasal Analizler

2.7.1. Süper Oksit Dismutaz (SOD) enzim aktivitesinin belirlenmesi

Bu metodun esası, ortamda oluşan süperoksitin, süperoksit dismutaz (SOD) enzimi ile ortadan kaldırılması ve kalan miktarın boyanarak renklenmesine dayanan ksantin, ksantin oksidaz (XO) ile O₂ oluşturmaları ve bunun da NBT ile renkli bir bileşik oluşturarak bu renk şiddetinin mikropilaka ölçüm aleti (Şekil 2.5) ile ölçülmesidir (Benli ve ark., 2012). Doku enzim miktarı, Cayman SOD assay 706002 kiti kullanılarak tayin edildi ve sonuçlar U/ml protein olarak verildi

2.7.2. Katalaz (CAT) enzim aktivitesinin belirlenmesi

Yöntem hidrojen peroksitin yıkımı esasına dayanmaktadır (Benli ve ark., 2012). Doku enzim miktarı, Cayman KAT assay 707002 kiti kullanılarak mikropilaka okuyucuda tayin edildi ve sonuçlar nmol/dk/ml olarak verildi.

2.7.3. Glutasyon (GSH) enzim aktivitesinin belirlenmesi

Glutasyon (GSH); γ -L-glutamil-L-sisteinil-glisin olarak bilinen bir tripeptittir (Kasap, 2010). Mikroskobik canlılardan insanlara, pek çok canlı hücresinde sentezlenen, hücre içi konsantrasyonda bulunma oranı çok fazla, molekül ağırlığı düşük, non-protein tiyol yapısına sahip önemli bir antioksidandır (Meister ve Anderson, 1983).

Doku enzim miktarı, Cayman GSH assay 703002 kiti kullanılarak mikropilaka okuyucuda tayin edildi ve sonuçlar μ M olarak verildi.

2.7.4. Malondialdehit (MDA) enzim aktivitesinin belirlenmesi

MDA lipid peroksidasyonunun sekonder bir ürünü olup lipidlere ait peroksidasyonun belirlenmesinde kullanılan önemli bir parametredir (Kurt, 2008).

Doku enzim miktarı, Cayman MDA assay 10009055 kiti kullanılarak mikropilaka okuyucuda tayin edildi ve sonuçlar μ M olarak verildi.

2.7.5. GSH Px aktivitesinin ölçülmesi

Hepatopankreas ve kas örneklerindeki GPx aktivitelerinin tayini Beutler (1975) tarafından tarif edilen metoda göre yapılmıştır. Glutasyon peroksidaz, H_2O_2 varlığında GSH'yi okside glutasyon (GSSG)'a dönüşmesini katalize eder. H_2O_2 'nin bulunduğu ortamda GPx'in oluşturduğu GSSG, glutasyon redüktaz ve NADPH yardımıyla tekrar GSH'a dönüştürülür. Glutasyon peroksidaz aktivitesi, deney ortamındaki NADPH'ın NADP+'ya çevrilmesi ile optik dansitede meydana gelen 0. ve 3. dakikalardaki absorbans farkının 340 nm'de spektrofotometrik olarak ölçülmesi ile belirlenmiştir (Serdar, 2017).

2.8. İstatistiksel analizler

Bu çalışmada elde edilen veriler istatistiksel olarak analiz edildi. İncelenen parametrelerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde SPSS Statistics 20.0 paket programı kullanılarak, ANOVA çoklu değişkenli Duncan's testi uygulanmıştır. Sonuçlar "a, b, c, d, e" harfleri ile ifade edilmiştir. Önem düzeyleri 0,05 oranında verildi.

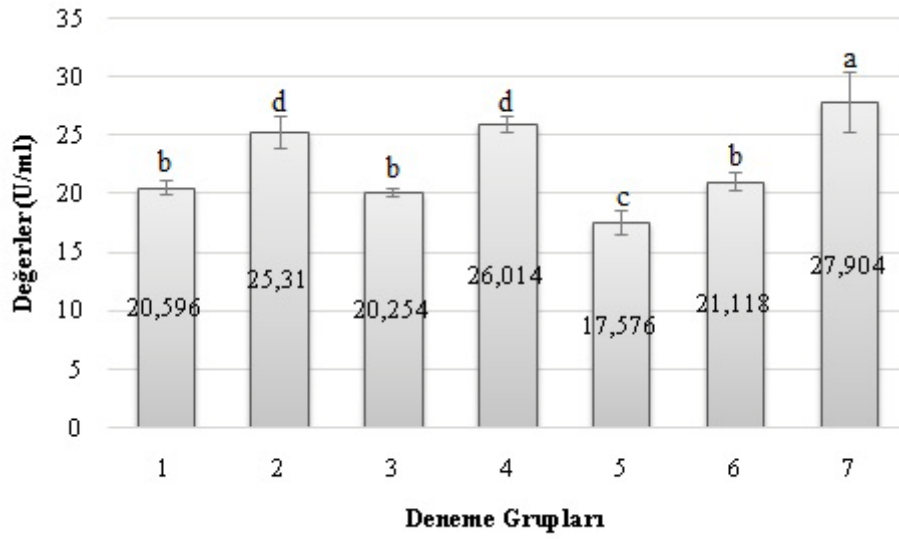
3. BULGULAR

3.1. Süperoksit Dismutaz (SOD) Düzeyindeki Değişimler

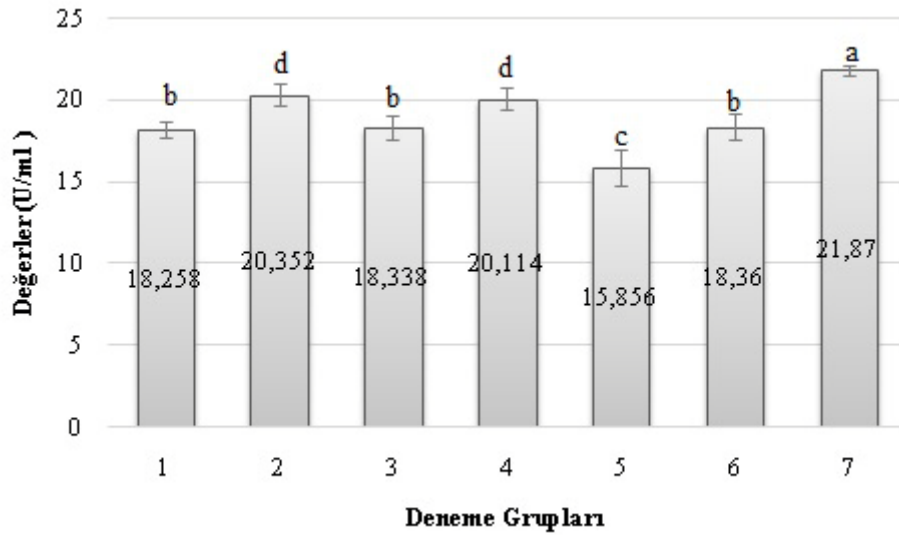
Süperoksit dismutaz analiz sonuçları incelendiğinde (Tablo 3.1) hem hepatopankreas ve hem de kas sonuçlarının gün ışığı ile fotoperiyoda uygun olarak aydınlanan 7 numaralı grupta en yüksek olduğu belirlenmiştir. En düşük değerlerin ise tamamen aydınlatılmış olmakla birlikte yem katkı maddesi olmadan sadece pelet yemler ile beslenen 5 numaralı grupta görülmüştür. İkinci en yüksek değerler ise hem hepatopankreas ve hem de kas için 2, 4 ve 6 numaralı gruplarda birbirine yakın olarak elde edilmiştir. 1 ve 3 numaralı tankların ise gene birbirine yakın değerlere sahip olduğu görülmüştür. İlginç bir şekilde hem kas ve hem de hepatopankreas gruplarının birbirine benzer şekilde sonuçlar verdiği ve 1, 3 ve 5 numaralı grupların birbirinden istatistiksel olarak farklı olmadığı, 2 ve 4 numaralı tankların birbirinden istatistiksel olarak farklı olmadığı ve bu grup içi benzerlik dışında birbirlerinden istatistiksel olarak tamamen anlamlı farklılıklarının olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).

Tablo 3.1. Süperoksit dismutaz (SOD) analiz sonuçları

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
H	20,59±0,32 ^b	25,31±0,71 ^d	20,25±0,17 ^b	26,01±0,36 ^d	17,58±0,50 ^c	21,12±0,36 ^b	27,90±1,26 ^a
K	18,26±0,25 ^b	20,35±0,35 ^d	18,34±0,38 ^b	20,11±0,33 ^d	15,86±0,55 ^c	18,36±0,39 ^b	21,87±0,17 ^a



Şekil. 3.1. Hepatopankreas SOD değerleri



Şekil. 3.2. Kas SOD değerleri

3.2. Katalaz (CAT) Düzeyindeki Değişimler

Katalaz analiz sonuçları incelendiğinde (Tablo 3.2) hepatopankreas için en yüksek değerin 2 numaralı ve en düşük değerin ise 5 numaralı gruplarda elde edildiği görülmüştür. Bu duruma kas için baktığımızda ise en yüksek değerin 7 ve en düşük değerin ise 1 numaralı gruplarda olduğu gözlemlenmiştir.

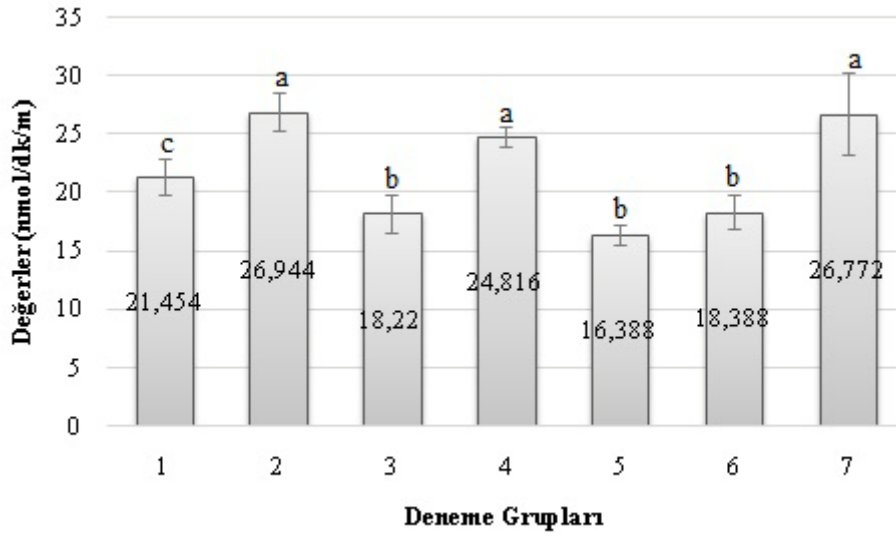
İstatistiksel olarak bakıldığında hepatopankreas grubunda 2, 4 ve 7 numaralı gruplar arasında kendi içlerinde ve 3, 5 ve 6 numaralı grupların da kendi içlerinde

farklarının olmadığı, bu üç sınıfın ise birbirlerinden istatistiksel olarak farklı olduğu saptanmıştır ($p<0.05$).

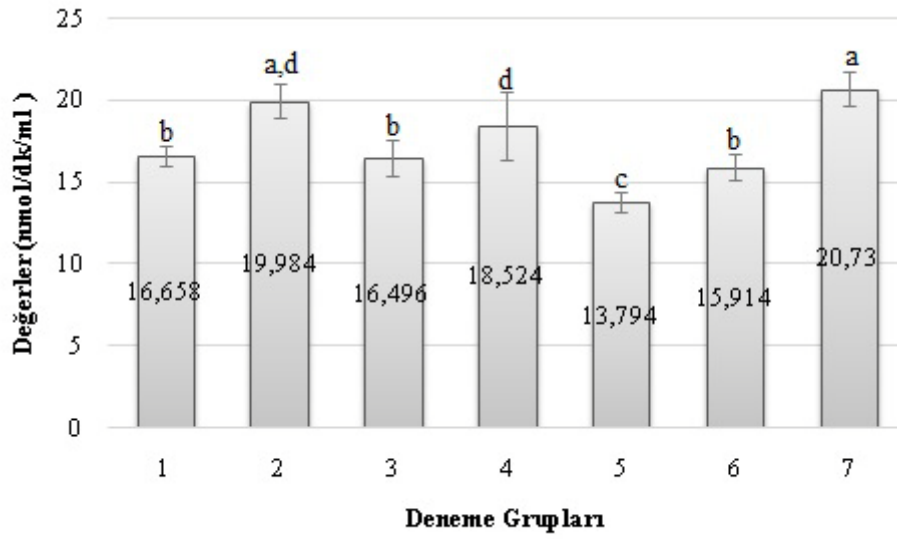
Kas değerlerine bakıldığında, 1, 3 ve 6 numaralı grupların kendi içlerinde farklarının olmadığı, 2 numaralı grubun 4 ve 7 numarayla aynı olduğu, bunun dışında kalan durumlarda ise istatistiksel olarak grupların birbirinden farklı olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).

Tablo 3.2. Katalaz (CAT) analiz sonuçları

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
H	21,45±0,77 ^c	26,94±0,82 ^a	18,22±0,79 ^b	24,82±0,44 ^a	16,39±0,42 ^b	18,39±0,72 ^b	26,77±1,74 ^a
K	16,66±0,31 ^b	19,98±0,52 ^{a,d}	16,50±0,58 ^b	18,52±1,04 ^d	13,79±0,29 ^c	15,91±0,40 ^b	20,73±0,51 ^a



Şekil 3.3. Hepatopankreas CAT değerleri



Şekil 3.4. Kas CAT değerleri

3.3. Malondialdehid (MDA) Düzeyindeki Değişimler

Malondialdehid analiz sonuçları hepatopankreas için incelendiğinde (Tablo 3.3) en yüksek değer 14,13±0,79 μ M ile 5 numaralı grupta olduğu gözlemlenmiştir. 5 numaralı grubu 12,41±0,49 μ M ile 6; 11,09±0,43 μ M ile 3; 9,98±0,42 μ M ile 1; 9,02±0,33 μ M ile 4; 8,66±0,27 μ M ile 2 ve 6,83±0,36 μ M değeri ile 7 numaralı grup izleyerek en küçük değeri almıştır.

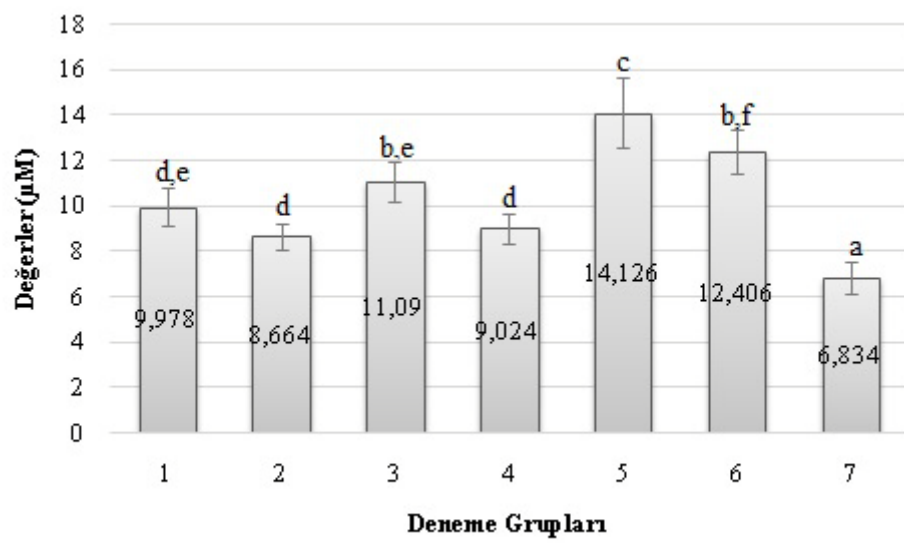
İstatistiksel farklara bakıldığında; 2, 4, 5 ve 7 numaralı grupların birbirlerinden istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde farklı olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).

Kas için analiz sonuçlarına bakıldığında en yüksek değerin 11,81±0,59 μ M ile 5 numaralı tankta olduğu gözlemlenmiştir. 5 numaralı tankı 10,43±0,37 μ M ile 3; 10,07±0,39 μ M ile 1; 9,28±0,61 μ M ile 6; 8,04±0,33 μ M ile 4; 6,93±0,37 μ M ile 2 ve 2,62±0,28 μ M değeri ile 7 numaralı grup izleyerek en küçük değeri almıştır. Hem kas ve hem de hepatopankreas için en büyük değerleri 5 ve en küçük değerleri ise 7 numaralı gruplar almıştır. Arada kalan gruplar ise küçük farklar olsa da benzer şekilde sıralanmışlardır.

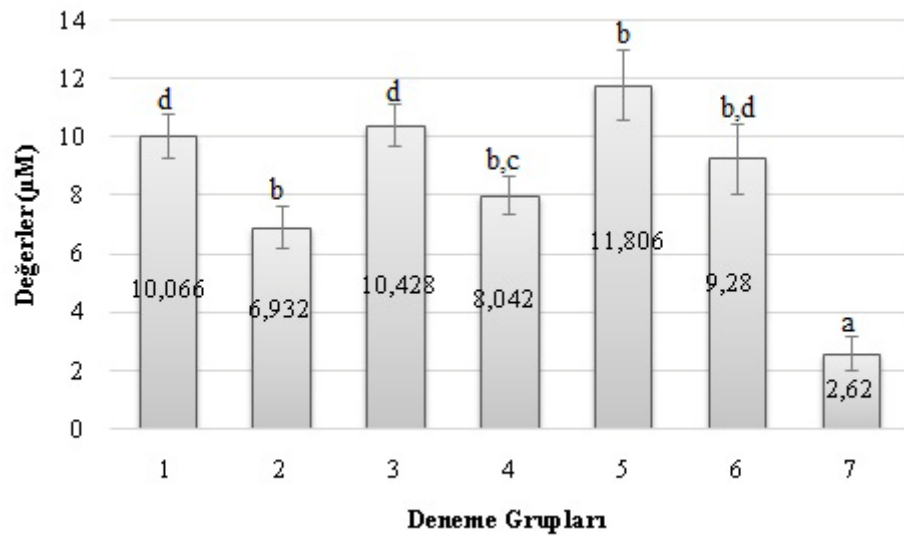
Kas için istatistiksel farklara bakıldığında; 1, 3 ve 6 numaralı, 2, 5 ve 6 numaralı gruplar arasında istatistiksel farkın olmadığı saptanmıştır ($p>0.05$). Bunun dışında kalan durumlar için ise deneme gruplarının birbirinden istatistiksel olarak önemli derecede farklı oldukları görülmüştür ($p<0.05$).

Tablo 3.3. Malondialdehid (MDA) analiz sonuçları.

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
H	9,98±0,42 ^{d,e}	8,66±0,27 ^d	11,09±0,43 ^{b,e}	9,02±0,33 ^d	14,13±0,79 ^c	12,41±0,49 ^{b,f}	6,83±0,36 ^a
K	10,07±0,39 ^d	6,93±0,37 ^b	10,43±0,37 ^d	8,04±0,33 ^b	11,81±0,59 ^c	9,28±0,61 ^{b,d}	2,62±0,28 ^a



Şekil 3.5. Hepatopankreas MDA değerleri



Şekil 3.6. Kas MDA değerleri.

3.4. Glutasyon Peroksidaz (GSH-Px) Düzeyindeki Değişimler

Hepatopankreas için Glutasyon Peroksidaz (GSH-Px) değerlerine bakıldığında (Tablo 3.4) en yüksek değerin 1 numaralı tankta $228,47 \pm 1,83$ U/mg protein olduğu görülmüş ve onu sırası ile 5 numara $223,36 \pm 2,16$ U/mg protein, 7 numara $218,79 \pm 2,37$ U/mg protein, 4 numara $206,04 \pm 2,61$ U/mg protein, 2 numara $205,17 \pm 2,89$ U/mg protein, 6 numara $202,81 \pm 2,3$ U/mg protein ve en küçük 3 numara $188,71 \pm 2,37$ U/mg protein olarak takip etmiştir.

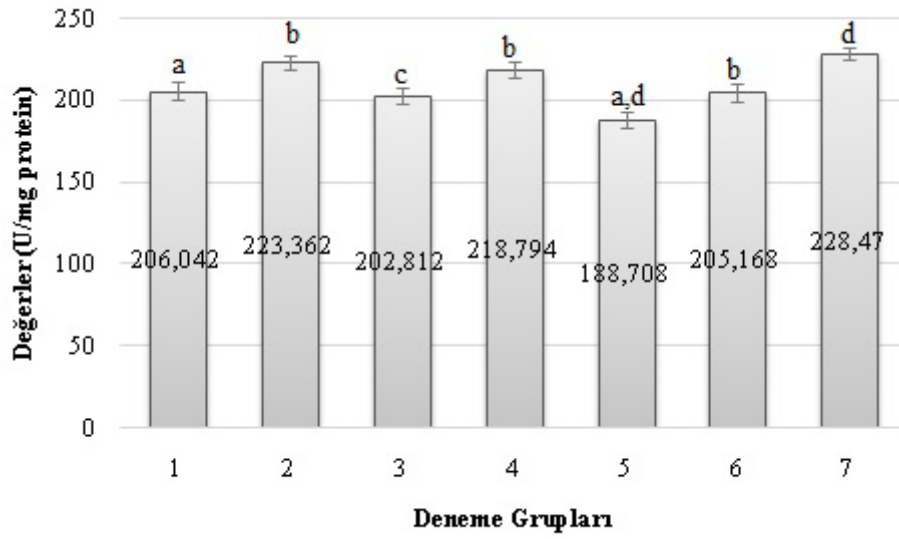
İstatistiksel duruma bakıldığında 2, 4 ve 6 numaralı tankların kendi arasında ve 5 ile 7 numaralı tankların kendi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farka rastlanmazken ($p > 0.05$), diğer gruplar arasında anlamlı bir farkın olduğu görülmüştür ($p < 0.05$).

Kas için Glutasyon Peroksidaz (GSH-Px) değerlerine bakıldığında en yüksek değerin 1 numaralı tankta $348,08 \pm 2,55$ U/mg protein olduğu görülmüş ve onu sırası ile 7 numara $341,59 \pm 0,99$ U/mg protein, 5 numara $321,81 \pm 2,01$ U/mg protein, 4 numara $324,87 \pm 3,28$ U/mg protein, 2 numara $322,18 \pm 2,48$ U/mg protein, 6 numara $321,81 \pm 2,01$ U/mg protein ve en küçük 3 numara $307,05 \pm 3,13$ U/mg protein olarak takip etmiştir.

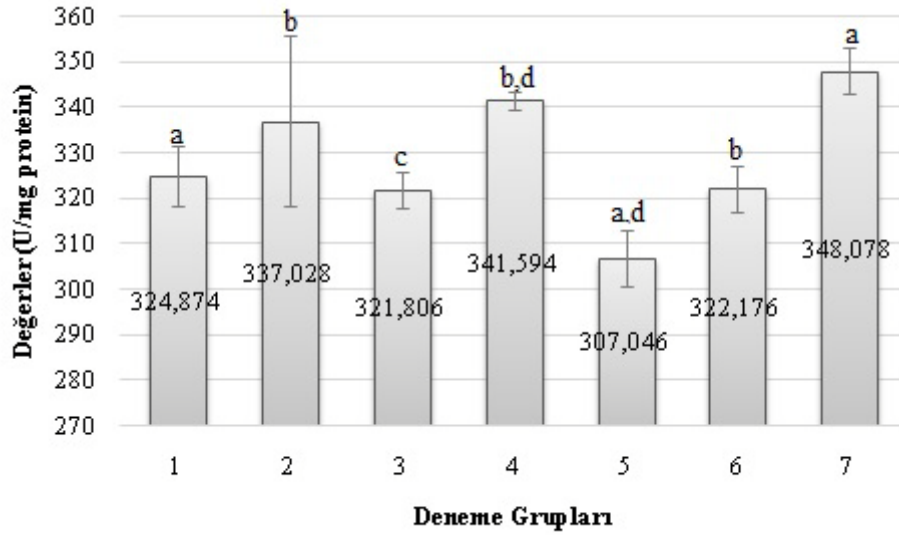
İstatistiksel duruma bakıldığında 2, 4 ve 6 numaralı tankların kendi aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığı, 5 numaralı tankın 1 ve 7 numaralı tanklar ile arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığı ($p > 0.05$) ancak bu durumlar dışında gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$).

Tablo 3.4. Glutasyon Peroksidaz (GSH-Px) düzeyindeki değişimler.

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
H	$228,47 \pm 1,83^a$	$205,17 \pm 2,89^b$	$188,71 \pm 2,37^c$	$206,04 \pm 2,61^b$	$223,36 \pm 2,16^{a,d}$	$202,81 \pm 2,35^b$	$218,79 \pm 2,37^d$
K	$348,08 \pm 2,55^a$	$322,18 \pm 2,48^b$	$307,05 \pm 3,13^c$	$324,87 \pm 3,28^{b,d}$	$337,03 \pm 9,36^{a,d}$	$321,81 \pm 2,01^b$	$341,59 \pm 0,99^a$



Şekil 3.7. Hepatopankreas GSH-PX değerleri.



Şekil 3.8. Kas GSH-PX değerleri.

3.5. Glutasyon (GSH) düzeyindeki değişimler

Hepatopankreas için Glutasyon değerlerine bakıldığında (Tablo 3.5) en yüksek değerin $5,81 \pm 0,13$ ile 5 numaralı grupta olduğu, onu sırasıyla $5,74 \pm 0,34$ ile 1 numaralı grup, $5,29 \pm 0,19$ ile 7, $4,51 \pm 0,29$ ile 4 numaralı, $3,92 \pm 0,33$ ile 6 numaralı, $2,80 \pm 0,16$ ile 2 numaralı ve $2,47 \pm 0,22$ ile 3 numaralı grupların sırasıyla takip ettikleri görülmüştür.

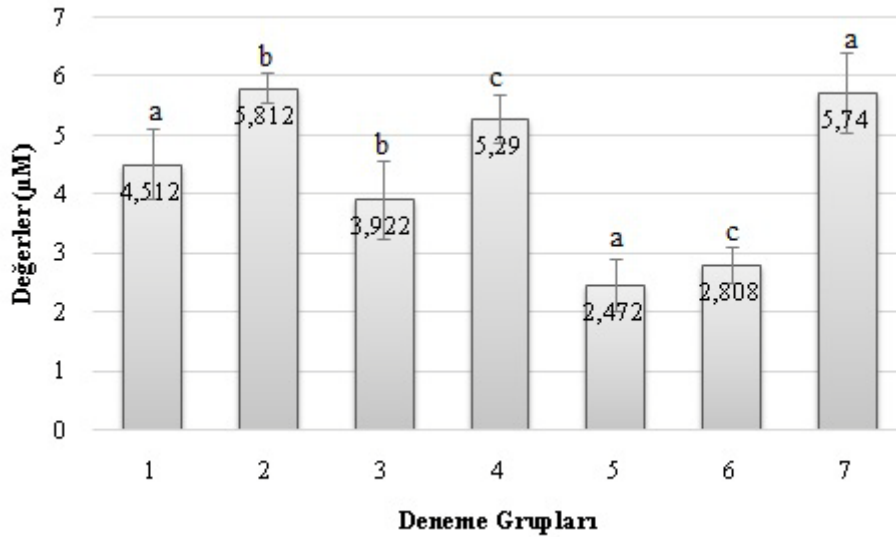
Hepatopankreasın istatistiksel durumuna bakıldığında, 1, 5 ve 7 numaralı gruplar arasında, 2 ve 3 numaralı gruplar arasında, 4 ve 6 numaralı gruplar arasında istatistiksel farkın olmadığı ($p>0.05$) görülmüştür. Bununla birlikte bu grupta dışında ise gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir farkın olduğu görülmüştür ($p<0.05$).

Kas için Glutasyon değerlerine bakıldığında (Tablo 3.5) en yüksek değerin $4,97\pm0,15$ ile 1 numaralı grupta olduğu, onu sırasıyla $4,80\pm0,17$ ile 5 numaralı grup, $4,54\pm0,18$ ile 7, $3,78\pm0,11$ ile 4 numaralı, $3,36\pm0,18$ ile 6 numaralı, $3,01\pm0,07$ ile 2 numaralı ve $2,44\pm0,17$ ile 3 numaralı grupların sırasıyla takip ettikleri görülmüştür.

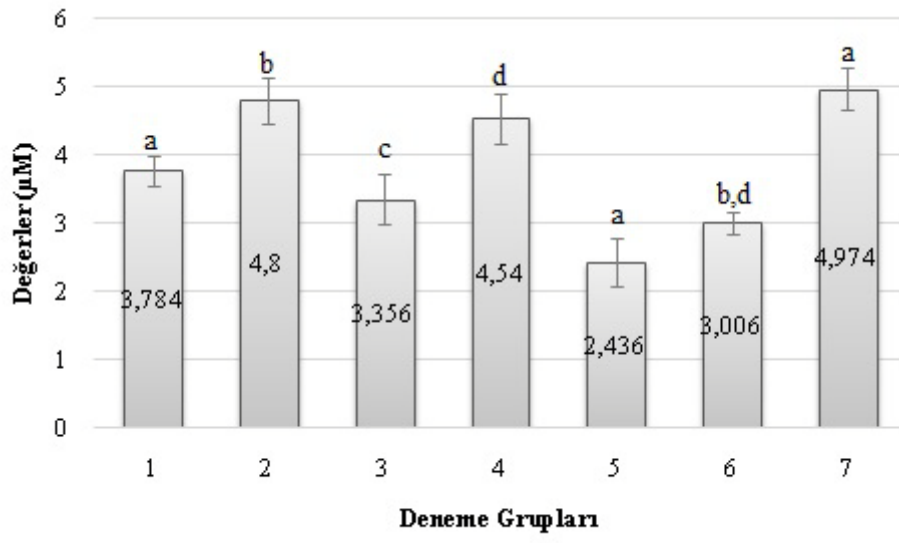
Kasın istatistiksel durumuna bakıldığında, 1, 5 ve 7 numaralı gruplar arasında, 2 ve 6 numaralı gruplar arasında, 4 ve 6 numaralı gruplar arasında istatistiksel farkın olmadığı görülmüştür. Bununla birlikte bu grupta dışında ise gruplara arasında istatistiksel açıdan önemli bir farkın olduğu görülmüştür ($p<0.05$).

Tablo 3.5. Glutasyon (GSH) düzeyindeki değişimler.

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
H	$5,74\pm0,34^a$	$2,80\pm0,16^b$	$2,47\pm0,22^b$	$4,51\pm0,29^c$	$5,81\pm0,13^a$	$3,92\pm0,33^c$	$5,29\pm0,19^a$
K	$4,97\pm0,15^a$	$3,01\pm0,07^b$	$2,44\pm0,17^c$	$3,78\pm0,11^d$	$4,80\pm0,17^a$	$3,36\pm0,18^{b,d}$	$4,54\pm0,18^a$



Şekil 3.9. Hepatopankreas GSH değerleri.



Şekil 3.10. Kas GSH değerleri.

4. TARTIŞMA

Su ürünleri yetiştiriciliği en hızlı büyüyen hayvansal gıda üretim sektörü ve değerli hayvansal protein, omega-3 çoklu doymamış yağ asitleri, vitaminler ve temel mikro besin ürünleridir. Küresel olarak, su ürünleri yetiştiriciliği uygulamalarının yoğunlaşmasına neden olan su ürünleri talebi hızla artmaktadır (Little ve ark., 2016).

Küresel su ürünleri üretimi özellikle son beş yılda büyük ölçüde artmaktadır ve bu eğilim gelecekte de devam edeceğini göstermektedir. Bu büyüme, su ürünleri yemlerine (yabani yakalanmış balıklar gibi sürdürülemez kaynaklardan yapılan) daha fazla talep gelmesine yol açmaktadır ve şu anda formülasyon, yabani balık avlarında düşüş ve balık unu ve balık yağı fiyatlarındaki artış gibi çeşitli sorunlarla karşı karşıyadır. Tüm bu sorunlar yemlerin pahalı olmasına neden oluyor ve bunlar balık üretim maliyetinin %40-70'ini oluşturduğu için sürdürülebilir alternatiflerin araştırılması gerekmektedir. Yetiştiricilik yemlerinin ideal olarak kabul edilebilmesi için gerekli gereksinimleri karşılaması ve daha düşük bir fiyata ve benzer besleyici niteliklere sahip olması gerekir (Rabell ve ark., 2018). Mikrobiyal olarak zenginleştirilmiş detritus kerevit yetiştirmek için ucuz ve etkili bir yöntemdir, ancak besleme metodolojisi ve hayvancılık uygulamaları, çekici ve tam ve hızlı yem alımını sağlayacak kadar yeterince kararlı bir diyet formüle edilerek geliştirilebilir (Jones ve Ruscoe, 1996).

Bu çalışmada da tam olarak belli bir yem rasyonuna sahip olmayan kerevitler için alabalık pelet yemlerine antioksidan özelliği bulunan alternatif maddelerin eklenerek, yemin kerevitler tarafından tercih edilmesinin ve antioksidan kapasitesinin artırılması amaçlanmıştır. Kerevitlerin ister katkılı olsun ister ise katkısız alabalık pelet yemlerini tükettikleri gözlemlenmiştir. Bununla birlikte kerevitler yemleri tüm olarak almayıp küçük parçalar halinde kopardıkları için yemin hangi oranda tüketildiği konusunda net bir bilginiz bulunmamaktadır.

Daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde, tavuk ve civcivler üzerinde çörek otunun etkilerinin yapıldığı çalışmalara rastlanılmıştır.

Kumar ve Patra (2017), aromatik bir bitki olan *N. sativa* L. antimikrobiyal, antioksidan ve diğer farmakolojik özellikleri nedeniyle doğal bir çare olarak kullanılmaktadır. Çok sayıda temel besin maddesinin ve çeşitli farmakolojik olarak aktif bileşiklerin varlığı, çörek otu tohumlarını (ÇÖT) kanatlı diyetlerinde yem bileşeni olarak kullanım için potansiyel olarak uygun hale getirir. Kuşlarda normal veya stres koşulları

altında daha iyi üretkenlik performansı için ÇÖT'nin doğal bir yem katkı maddesi olarak kullanılma olasılığını araştırmak için birçok çalışma yapılmıştır. Kanatlı diyetlerinde BCS takviyesi, çeşitli çalışmalarda büyüme performansını, günlük yem alımını ve yem verimliliğini arttırmıştır. Diyetlere ÇÖT eklenmesinin bir sonucu olarak besin kullanımı da artmıştır. Bazı patojenik bakterilerin popülasyonu ÇÖT tarafından azaltılmıştır. Diyetlere ÇÖT eklenmesi nedeniyle aşılama sonrası viral hastalıklara karşı antikor titreleri artmıştır. ÇÖT'nin kanatlı diyetlerine dahil edilmesi, kanda belirgin kolesterol düşürücü etki göstermiştir. ÇÖT diyeti ile beslenen tavukların et ve yumurtalarının kimyasal bileşimi ve antioksidan özellikleri hakkında sınırlı bilgi bulunmaktadır. Bununla birlikte, az sayıda çalışma, ÇÖT'nin ette çoklu doymamış yağ asidi içeriğini ve antioksidan özelliklerini artırabileceğini bildirmiştir.

Kumar ve Patra (2017), yaptıkları çalışmada tavuk yemine çörek otu yağı değil de, tohumu ekleyerek çalışma yapmışlardır. Her ne kadar yaptıkları çalışmada antioksidan özellikleri üzerinde çalışmamışlarsa da, çörek otu eklenmiş yemler ile beslenen tavukların çeşitli değerlerinde olumlu sonuçlar almışlardır. Bu şekilde bakıldığında çörek otu katkılı yemlerin canlılara çeşitli faydalarının olduğu görülmektedir. Ayrıca çörek otu katkılı yemler tavuklarda yem alımını artırmıştır. Bu çalışmada ise çalışma su ortamında yapılmıştır ve kerevitler tavuklar gibi yemi büyük lokmalar halinde almamakta, küçük parçalara ayırmaktadır. Su ortamında dağılan parçaların takibi de zor olacağından, kerevitlerin yemi ne oranda tükettiklerinin takibi zor olmaktadır. Bununla birlikte ilk yemleme aşamasında bu çalışmada da çörek otu katkılı yemler verilen gruptaki kerevitlerin yeme doğru ilerleme hareketleri katkısız yem verilen gruplara göre daha hızlı olmuştur.

Kerevit büyümesinin yanı sıra, diyetlerin etkinliği, hasattaki beslenme "durumu" açısından da karşılaştırılabilir. Holdich ve Reeve (1988) hepatopankreastan enerji veren besinlerin emilim, depolama ve metabolizma yeri olarak bahseder. Dokuların protein ve lipid içeriğinin yanı sıra dört basit ve kullanışlı indeks olduğu sonucuna varılmıştır; ıslak ve kuru Hepatosomatik İndeksler, hepatopankreasın nem içeriği ve kuyruk kası nem içeriği, tatlı su kerevitlerinde beslenme durumunun bir göstergesi olarak kullanılabilir. Bunlar ve diğer tatlı su kerevit türleri için diğer fizyolojik göstergeler arasında kurulan güçlü korelasyonlar (Evans ve ark., 1991; McClain, 1995; Jussila ve Mannonen, 1997; Jones ve Obst, 2000), bu parametrelerin beslenme durumunun yeterli bir nispi tahminini vereceğini göstermektedir (Ruscoe ve ark., 2000).

Demirci ve ark. (2019), yaptıkları çalışmada etlik piliçlerin rasyonlarına çörek otu (*N. sativa* L.) tohumu (ÇÖT) yağı ilavesinin etin performansı ve et yağ asidi profili üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Etlik civcivler üç gruba ayrılmış, kontrol grubuna ÇÖT yağı eklenmemiş yemler verilmiştir. Deneme grubu rasyonlarına %0,5 ve %1 ÇÖT yağı ilave edilmiştir. Deneme gruplarının canlı ağırlık ve canlı ağırlık kazanımları, genel olarak kontrol grubuna göre daha fazla olmuştur. Yem tüketimi gruplar arasında farklılık göstermemiş ve %1 ÇÖT yağı ile takviye edilmiş diyetle beslenen grup en verimli olmuştur. Deneme gruplarında toplam doymuş yağ asitleri daha düşük ve çoklu doymamış yağ asitleri daha yüksek bulunmuştur, ancak tekli doymamış yağ asitleri kontrol grubundaki civcivlerin etlerinde daha fazla çıkmıştır.

Bu çalışmada yağ asitleri profillerine bakılmamış olmakla birlikte, yeme ÇÖT takviyesi eklenmesi olumlu sonuçlar vermiştir. Demirci ve ark. (2019)'un sonuçlarına da bakarak ileriki çalışmalarda yağ asidi profillerine de bakılması uygun olabilir.

Guler ve ark. (2007), diyet takviyesi olarak çörek otu tohumlarının potansiyel antioksidan aktivitesini araştırmışlardır. Üç yüz adet 3 günlük broyler civciv, her biri 60 kuştan oluşan Deneme gruplarına (kontrol ve dört seviyede çörek otu) rastgele ayrılmıştır. Bazal diyetle %0,5, %1, %2 veya %3 oranında çörek otu tohumları eklenmiş ve 42. günde serum, göğüs kasları, karaciğer ve kalp kaslarındaki malondialdehit (MDA) ve E vitamini düzeyleri üzerine etkileri belirlenmiştir. Diyetle %2 ve %3 çörek otu tohumu eklendiğinde serum ($p < 0.05$), göğüs kası ($p < 0.01$), karaciğer ($p < 0.05$) ve kalp kasındaki ($p < 0.05$) MDA konsantrasyonu önemli ölçüde azalmıştır. %1 ve %0.5 çörek otu tohumu ve kontrol diyeti ile beslenen kuşlara kıyasla. Diyetle çörek otu tohumları eklenmesi, serum ve dokulardaki E vitamini düzeylerini önemli ölçüde etkilememiştir. Bu sonuçlar, çörek otu tohumlarının kümes hayvanları için doğal bir potansiyel antioksidan destekçisi olarak kabul edilebileceğini ve en iyi tepkileri %2 ve %3 katılım seviyesinde gösterdiğini göstermektedir.

Bu çalışmada da benzer şekilde MDA seviyeleri ÇÖT katkılı yemler ile beslenen kerevitlerde düşüş göstermiştir. Her ne kadar en iyi sonuç ışık stresine maruz kalmayan 7 numaralı kontrol grubunda çıkmış olsa da, ışık stresine maruz kalan gruplar içinde hem soğuk sıkım ve hem de masere yağların %2 oranında eklendiği 2 ve 4 numaralı deneme gruplarında en iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Ratlar üzerinde yapılan bir çalışmada da (El-Kholy ve ark., 2007), sodyum nitrit gibi koruyucuların veya gün batımı sarısı gibi renklendiricilerin bazı gıda katkı

maddelerinin kendi etkileri veya aralarındaki etkileşim yoluyla kalp rahatsızlıkları üzerindeki potansiyel tehlikelerine ışık tutmayı amaçlanmıştır. Çalışmada ayrıca çörek otu veya arı balının bu tür risklere karşı olası koruyucu rolü araştırılmıştır. Burada bahsedilen gıda katkı maddeleri serum ve kardiyak toplam lipid (TL), toplam kolesterol (TC), trigliserid (TG) ve fosfolipid (PL) düzeylerinin yanı sıra serum LDL-c, VLDL-c ve LDL-c/HDL-c düzeylerinde önemli yükselmelere neden olmuştur.. Bu arada serum HDL-c düzeyinde ve HDL-c/TC oranında önemli düşüşler gösterilmiştir. Ek olarak, serum ve kalp dokusunda kreatin kinaz (CK) ve aspartat transferaz (AST) enzimlerinin aktivitesi önemli ölçüde artmıştır. Ayrıca oksidatif stres belirteçleri; lipid peroksidasyon ürünü (MDA) ve protein karbonil grubu (PC) kalp dokusunda önemli ölçüde artmıştır. Antioksidanlarla ilgili olarak; kalp dokusunda glutatyon (GSH) içeriği, glutatyon -S-transferaz (GST) ve katalaz (CAT) enzimlerinin aktivitesi önemli ölçüde azalmıştır. Bununla birlikte, çörek otu ve arı balı kullanımı, bu gıda katkı maddelerinin kalp üzerindeki toksik etkilerine karşı kayda değer bir koruma olduğunu gösteren gözlemlenen rahatsızlıkları iyileştirmiş ve daha fazla güvenlik sunmuştur. Genel olarak, burada en belirgin etki, kombine tedavi ile elde edilmiştir. Ayrıca arı balı ile yapılan tedavi, çörek otuna göre daha etkili olmuştur.

Yukarıdaki çalışmada çeşitli kimyasallar stres faktörü olarak verilmiş ve eksojen faktör olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada ise ışık stresi verilerek canlının vücuduna herhangi bir giriş yapılmadan endojen stres oluşturulmuştur. Her iki çalışmada da çörek otu takviyesinin olumlu etkileri görülmüştür. Yukarıdaki çalışmada bal ile kombine etkisine de bakılmıştır, oysa bu çalışmada sadece tek katkı verilmiştir. Su canlıları üzerinde de yukarıdaki çalışmada olduğu gibi bal veya başka katkı maddeleri de eklenerek kombine çalışmalar yapılması olumlu olabilir.

Bu çalışmada da 30 günlük bir besleme çalışması yapılmıştır. Normalde balıklarda bu süre yemleme sonucunda önemli ağırlık artışları meydana gelebilecekken, bu durum kerevitler için söz konusu değildir. Kerevitlerde büyüme ve ağırlık artışı çok daha uzun süreleri almaktadır. Bu nedenle bu çalışmada kerevitlerin ağırlık değişimleri araştırılmamıştır. Kerevitlerden örnekler alınırken yukarıda yazarların da bahsettiği gibi en önemli besleme göstergeleri hepatopankreas ve abdomen etinde olduğu için, antioksidan analizlerin yapılmasında da beslemenin etkinliğini ölçmek adına bu dokulardan örnekler alınmıştır.

Hücre içi reaktif üretiminden çeşitli çevresel stres faktörleri sorumludur. Balıklarda antioksidan enzim aktivitelerinin kaybı ile gösterilen oksidatif strese neden olan oksijen türleridir.

Bu çalışmada da ortamın sürekli ışık kaynağı ile aydınlatılması bir stres faktörü olarak kullanılmıştır.

Yemde katkı maddeleri olarak kullanılan çeşitli sentetik antioksidan türleri vardır (Lundebye ve ark., 2010). Bununla birlikte, sentetik antioksidanların birikimi ve bunların Etteki metabolit kalıntıları tüketicilerin tüketimle ilgili endişelerini artırmaktadır (Merel ve ark., 2019; Latif ve ark., 2020). Bu nedenle araştırmacılar, balık yemlerinde geleneksel sentetik antioksidanların yerini almak için bitki bazlı doğal antioksidanlara odaklanmaktadır (Faheem ve ark., 2020; Latif ve ark., 2020).

Bu çalışmada da antioksidan özelliklere bolca sahip olan çörek otu yağı sentetik antioksidan yerine yem katkı maddesi olarak kullanılmıştır.

Kerevitlerin yem rasyonlarına çörek otu maddesi eklenen daha önce yapılmış çalışmalara rastlanılmamış olmakla birlikte, farklı balık türleri üzerinde yapılan birçok çalışma bulunmaktadır.

Özer ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada yem katkı maddesi olarak kullanılan ve farklı yöntemlerle elde edilen çörekotu (*N. sativa*) yağının gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) kan parametrelerine etkilerini inceledikleri çalışmada olumlu sonuçlar almışlar ve çörek otu yağı eklenen yemlerle beslenen balıkların yağın eklenmediği yemler ile beslenen balıklara oranla yem alma isteklerinin çok daha fazla olduğunu gözlemlemişlerdir.

Bu çalışmada da benzer şekilde çörek otu yağı katkılı yemlerin verildiği deneme gruplarında bulunan kerevitler, katkısız yemler ile beslenenlere oranla daha fazla yem alma isteği göstermişlerdir. Bununla birlikte burada bir problem ortaya çıkmaktadır. İki çalışmada da yağlar yemlere püskürtme, karıştırma ve kurutma yöntemleriyle eklenmişlerdir fakat alabalıklar yemi tüm olarak yutmaktadırlar. Kerevitler ise çene ayakları ile yemi tutarak küçük parçalar ayırmakta ve küçük lokmalar şeklinde yutmaktadır. Bu durumda yemin ne oranda yağ ile beraber tüketildiği sağlıklı olarak anlaşılamamaktadır.

Latif ve ark. (2020) yaptıkları besleme denemesinde, diyetlere çörek otu (*N. sativa*) takviyesinin rohu'nun (*Labeo rohita*) büyüme performansı, kasların yaklaşık bileşimi, antioksidan ve histobiyokimyasal parametreleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır.

Yavrular (8.503 ± 0.009 g) 28 gün boyunca %0.0, %1 ve %2.5 çörek otu katkılı diyetlerle beslenmiştir. Balık örneklemesi denemenin 7., 14., 21. ve 28. günlerinde yapılmıştır. Bu çalışmanın sonuçları, çörek otu takviyesinin, takviye edilmeyenlere göre rohu'nun büyüme performansını ve kas protein içeriğini önemli ölçüde artırdığını göstermiştir. Çörek otu ile beslenen rohu'nun çalışılan tüm dokularında (karaciğer, solungaç, böbrek ve beyin) lipid peroksidasyon seviyeleri önemli ölçüde azalırken, antioksidan enzimler (katalaz, glutatyon-S-transferaz, glutatyon peroksidaz ve indirgenmiş glutatyon) aktivitelerinin tümünde arttığı görülmüştür.

Yousefi ve ark. (2021) dünya çapında en önemli dördüncü kültür balık türü olan sazan (*Cyprinus carpio*) yavrularında glifosatın çeşitli hematolojik, biyokimyasal ve bağışıklık parametrelerini nasıl etkilediğini incelemişlerdir. Ayrıca, glifosata bağlı toksisiteyi azaltmak için çörek otu (*Nigella sativa*, 0.25, 0.5 ve %1) ile diyet takviyesinin potansiyelini de değerlendirmişlerdir. Sonuçlar, sazan yavrularının glifosata 14 günlük ölümcül derecede maruz kalmasının oksidatif stresi artırdığını, antioksidan savunmayı azalttığını, çeşitli metabolik yolları etkilediğini ve bağışıklık depresyonunu indüklediğini göstermiştir. Ayrıca, 60 gün boyunca 0.25, 0.5 ve %1'lik *N. sativa* ile zenginleştirilmiş diyetlerle beslenen balıkların, glifosat maruziyeti ile kontrol balıklarına göre daha iyi başa çıktıklarını ve daha kararlı biyokimyasal serum parametreleri (toplam protein, albümin, trigliseritler, düşük yoğunlukta lipoprotein LDL), kolesterol ve yüksek yoğunluklu lipoprotein HDL), kontrol balıklarından daha yüksek bağışıklık savunması seviyeleri (lizozim ve immünoglobulin) ve daha yüksek antioksidan enzimler (süperoksit dismutaz SOD, glutatyon peroksidaz GPx) belirlenmiştir. Tüm zenginleştirilmiş diyetlerle beslenen balıklar ayrıca kan serumunda daha düşük lipid peroksidasyonu (MDA), daha düşük metabolik enzimler (alanin aminotransferaz ALT, aspartat aminotransferaz AST ve alkalın fosfataz ALP) seviyeleri ve kontrol balıklarına göre daha düşük kortizol seviyeleri sergilemişlerdir. Toplamda, sonuçlar çörek otunun diyetle dahil edilmesinin, balıklarda glifosata maruz kalmanın olumsuz etkilerinin çoğunu azaltarak sürdürülebilir bir biyolojik iyileştirme stratejisi olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Gholamzadeh ve ark. (2013) çörek otunun antioksidan aktivitelerinin yanı sıra çörek otu ekstraktlarının ayrı ayrı ve kombinasyon halinde gümüş sazanın buzdolabında saklanması sırasında kimyasal ve duyuşal özellikleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Bunu yapmak için balık dört parçaya bölünmüş, üç parça, çörek otu ve çörek otu özütlerinin %1 çözeltisine ve bunların kombinasyonlarına daldırılmıştır. Dördüncü kısım,

kontrol numunesi olarak damıtılmış suya daldırılmıştır. Kesilen tüm balıklar polietilen torbalara konularak buzdolabında ($4\pm1^{\circ}\text{C}$) saklanmıştır. Kimyasal indeksler (yani PV, TBA ve FF A) ve duyusal özellikler 15 günlük (0, 3, 6, 9, 12 ve 15 gün) bir süre boyunca ölçülmüştür. Sonuçlara göre, kontrol numunesi ile karşılaştırıldığında, her üç işlemde de lipid oksidasyonu önemli ölçüde ($p<0.05$) gecikmiştir. Ayrıca, duyusal analiz, çörek otu özütü ile muamele edilen numunenin 15 günlük süre boyunca en iyi kaliteye sahip olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca kimyasal indekslerin yükselme eğilimi diğer işlemlere göre önemli ölçüde engellenmiştir. Sonuçlara dayanarak, çörek otu ve çörek otu ekstraktlarının ve bunların kombinasyonunun gümüş sazan balığı üzerinde antioksidan etkiye sahip olduğu ve muamele edilen örneklerin raf ömrünü uzatabileceği sonucuna varılmıştır.

Yonar (2017) yaptığı çalışmada, farklı su sıcaklıklarında tutulan pullu sazanlarda (*Cyprinus carpio carpio*) çörek otu yağının malondialdehit (MDA) ve glutatyon (GSH) düzeyleri ve glutatyon-S-transferaz (GST) aktivitesi üzerine etkisini araştırmıştır. 20, 24 ve 28°C 'de tutulan balıklara çörek otu yağı (10 mg/kg yem) uygulanmıştır. 24°C 'de tutulan balıklar kontrol grubu olarak seçilmiştir. Denemeye 10 gün devam edilmiş ve bu süre sonunda balıklardan karaciğer ve böbrek örnekleri alınmıştır. 20 ve 28°C 'de balıkların MDA seviyesi önemli ölçüde artarken, GSH seviyesi ve GST aktivitesi önemli ölçüde azaldı. Bu gruplara çörek otu yağı uygulaması ile MDA düzeyi önemli ölçüde azalırken, GST aktivitesi ve GSH düzeyi önemli ölçüde arttı. Elde edilen verilere göre çörek otu yağı, balıklarda sıcaklık farklılıklarından kaynaklanan strese karşı antioksidan olarak kullanılabilir.

Yukarıdaki çalışmalarda çörek otu bazen yem katkı maddesi, bazen yağ ve bazen de ekstrakt olarak su canlıları üzerinde kullanılmıştır. Hatta cansız balıklarda raf ömrünü artırmak için dahi kullanıldığı görülmüştür. Bu çalışmada da çörek otu yağı ilk defa kerevitlerde ışık stresine karşı yem katkı maddesi olarak kullanılmıştır.

Bu çalışmanın kas ve hepatopankreas MDA sonuçlarına baktığımız zaman daha önce referans alacağımız bir kerevit çalışması değeri olmadığı için kontrol gruplarına göre yorum yapmak zorunda kaldık. Normal alabalık pelet yemi verilen ve standart gün ışığı ve gece karanlığına maruz kalan deneme grubu doğal şartlara en uygun kontrol grubu olarak görülmektedir. Beklentimiz bu gruptaki stresin en az olması ve antioksidan parametrelerinde en iyi çıkmasıydı. Nitekim durum beklediğimiz gibi oldu ve en iyi değerler bu grupta bütün şartlar için gözlemlendi. En düşük MDA seviyesi hem kas ve

hem hepatopankreas için bu grupta gözlemlenirken beklenileceği gibi en kötü sonuç ise tamamen aydınlatılan ve çörek otu katısı verilmeyen yemle beslenen tam aydınlık grupta gerçekleşti. Lipid peroksidasyon seviyelerini düşürme açısından katkılı yemlerin ise olumlu sonuçlar verdiği ve özellikle %2'lik karışımlarda en etkili sonuçların alındığı görüldü. Yağlar arasındaki farka baktığımızda ise soğuk sıkım çörek otu yağı ile beslenen grubun değerlerinin daha düşük yani haliyle daha iyi olduğu görüldü. Tam karanlık ve katkısız yem verilen grubun ise değerlerinin orta seviyede olduğu gözlemlendi.

SOD değerlerine bakıldığında gene MDA'daki duruma benzerlik görüldü. SOD değerlerinin iyi olması için değerlerin yüksek olması gereklidir ve en yüksek değerler kas ve hem de hepatopankreas için kontrol grubu olan 7. Grupta görüldü. En kötü değerler ise gene aydınlık ve katkısız yem verilen 6. grupta gözlemlendi. Aydınlık ortamda çörek otu katkılı yem verilen deneme grupları ise iyi sonuç verip kontrol grubunun arkasından ikinci sırayı aldılar ve yine yem katkı yüzdesi arttıkça değerlerin daha da yükseldiği görüldü. Yağlar arasında karşılaştırma yaptığımıza ise masere yağ grubunun çok az bir farkla önde olduğunu gördük. Tam karanlık grup ise MDA'da olduğu gibi iyi ile kötü arasında orta seviyede yer almıştır.

CAT değerlerine bakıldığında gene MDA'daki duruma benzerlik görüldü. CAT değerlerinin iyi olması için değerlerin yüksek olması gereklidir ve en yüksek değerler kas için kontrol grubu olan 7. Grupta görüldü ve hepatopankreas için ise 2. Deneme grubu olan soğuk sıkım çörek otu yağı katkılı grupta görüldü. En kötü değerler ise gene aydınlık ve katkısız yem verilen 6. grupta gözlemlendi. Aydınlık ortamda çörek otu katkılı yem verilen deneme grupları ise iyi sonuç verip kontrol grubunun arkasından ikinci sırayı aldılar ve yine yem katkı yüzdesi arttıkça değerlerin daha da yükseldiği görüldü. Yağlar arasında karşılaştırma yaptığımıza ise soğuk sıkım yağ grubunun çok az bir farkla önde olduğunu gördük. Tam karanlık grup ise SOD'da olduğu gibi iyi ile kötü arasında orta seviyede yer almıştır.

GSH değerlerine geldiğimizde tamamen SOD değerleri ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. Soğuk sıkım yağ katkılı yemlerle beslenen grubun değerlerinin masere yağ grubundan azda olsa daha iyi olduğu belirlenmiştir.

GSHH-PX değerlerinin ise gene SOD değerleri ile benzer sonuçlar verdiği görülmüştür. Masere yağ katkılı yemlerle beslenen grubun değerlerinin soğuk sıkım yağ grubundan azda olsa daha iyi olduğu belirlenmiştir.

Antioksidan potansiyeli de dahil olmak üzere çörek otuna çeşitli faydalı özellikler atfedilmiştir. Daha önce, süperkritik sıvı ekstraksiyonunun (SFE) antioksidanlar açısından zengin *N. sativa* özünü elde etmek için kullanılabileceği bildirilmişti. Bu çalışmada, önceden optimize edilmiş SFE ve geleneksel Soxhlet ekstraksiyon yaklaşımları kullanılarak hazırlanan *N. sativa* ekstraktları, bilinen çeşitli antioksidanlar için analiz edildi. *N. sativa* özütlerinin, protein karbonil oluşumunun yanı sıra toluene maruz kalan fibroblastlarda hücre içi glutatyon (GSH) tükenmesini önlediği bulundu. Ayrıca, kısmen saflaştırılmış SFE ve Soxhlet fraksiyonları, toluen kaynaklı oksidatif stresli Wistar sıçanlarında ve ayrıca L929 fibroblastlarında hepatik GSH kaybını önleyebilir. Sonuçlar, SFE tarafından üretilen *N. sativa* özütünün, Soxhlet yaklaşımından daha fazla antioksidan içerdiğini gösterdi. Ayrıca hazırlayıcı silika jel ve ters faz kromatografisi kullanılarak, SFE ile ekstrakte edilmiş veya Soxhlet ile ekstrakte edilmiş *N. sativa*'nın farklı fraksiyonlarının, hücre kültüründe olduğu kadar in vivo olarak da GSH tükenmesi açısından farklı seviyelerde koruyucu etkilere sahip olduğu gösterilmiştir. Timokinon açısından zengin fraksiyonların antioksidan kapasite açısından en güçlü olduğu bulunmuş olsa da, veriler *N. sativa*'nın koruyucu etkilerinin sadece timokinondan değil, belki diğer antioksidanlardan da kaynaklanabileceğini göstermektedir (Ashraf ve ark., 2011).

Yukarıdaki çalışma, bu çalışma ve tartışılan diğer çalışmalar göstermektedir ki, çalışma invitro veya invivo çalışmalar olsun, hatta memeli, kanatlı ve hatta su canlılarında bile çörek otunun MDA seviyelerini düşürmede ve antioksidan enzimleri artırarak savunma sistemini güçlendirmede önemli etkilere sahiptir. Ayrıca elde ediliş yöntemleri farklı ve etki dereceleri de değişken olsa bile çörek otunun canlılara yem veya yem katkı maddesi olarak verilmesi faydalı sonuçlar vermektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Analiz sonuçlarına göre kerevitlerin karanlık ortam canlıları olmadığı, gece avlansalar bile normal fotoperiyoda ve gün ışığına da ihtiyaç duydukları ortaya çıkmıştır.

Çörek otu yağının oksidatif stresin giderilmesinde kerevitler üzerinde de önemli rolünün olduğu ortaya çıkmıştır.

Soğuk sıkım ve masere yöntemleriyle elde edilen çörek otu yağlarının hemen hemen aynı etkilere sahip olduğu görülmüştür.

Elde edilen bu sonuçlara göre önerilerimiz;

Bitkilerin hayvan yem katkı maddesi olarak kullanılması önemlidir ve daha denenmemiş pek çok bitki bu konularda denenmelidir.

Masere ve soğuk sıkım yağların etkilerinin hemen hemen aynı olduğu görülmüştür. Masere yağların elde edilmesi soğuk sıkım yağlara göre çok daha kolay ve hem de daha ekonomiktir. Tüketiciler masere yağ konusunda bilgilendirilmeli ve önerilmelidir.

Çörek otu kerevitler üzerinde ilk defa çalışılmıştır. İlerleyen çalışmalarda çörek otunun başka formlarının da etkileri kerevitler üzerinde çalışılmalıdır.

Daha sık ve rahat bulunan bitki türlerinin çalışılması hem sektöre ve hem de ekonomiye büyük kazançlar sağlayacak, aynı zamanda bu canlıların insan gıdası olarak kullanımlarında sentetik antioksidanlara göre avantajlar sağlayacaktır.

6. KAYNAKLAR

- Aksu, Ö., Harlioğlu, M.M.** 2003. Tatlı su ıstakozu (*Astacus leptodactylus*)'nun barınak kullanımı. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15 (2): 127-134.
- Altınterim, B., Kutluyer, F., Aksu, Ö.** 2018. Oksijen radikal absorban kapasitesi (ORAK) seviyeleri farklı bitki masere yağlarının yoğun stoklanmış gökkuşağı alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss*) bazı kan parametrelerine etkileri. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 13(1): 63-69.
- Allahghadri, T., Rasooli, I., Owalia, P., Nadooshan, M.J., Ghazanfari, T., Taghizadeh, T., Asdaneh, S.D.A.** 2010. Antimicrobial property, antioxidant capacity, and cytotoxicity of essential oil from cumin produced in Iran. *Journal of Food Science*, 75: 54-61.
- Ashraf, S.S., Rao, M.V., Kaneez, F.S., Qadri, S., Al-Marzouqi, A.H., Chandranath, I.S., Adem, A.** 2011. *Nigella sativa* extract as a potent antioxidant for petrochemical-induced oxidative stress. *Journal of Chromatographic Science*, 49(4): 321-3266.
- Atay, D.** 1984. Kabuklu su ürünleri ve üretim tekniği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınlar, Ankara, 192 s.
- Balık, İ., Çubuk, H., Özkök, R., Uysal, R.** 2005. Some biological characteristics of crayfish (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) in Lake Eğirdir. *Turkish Journal of Zoology*, 29: 295-300.
- Benli, A.Ç.K., Şahin, D., Memmi, B.K., Dinçel, A.S.** 2012. Karbarile maruz kalan tatlı su ıstakozlarında (*Astacus leptodactylus* Eschscholtz, 1823) antioksidan enzim düzeyleri. *Türk Biyokimya Dergisi*, 37 (2): 162-166.
- Beutler, E.** 1975. Red cell metabolism, a manual of biochemical methods. Grune Strottan, New York.
- Bhatt, I.D., Rawat, S., Rawal, R.S.** 2013. Antioxidants in medicinal plants. In *Biotechnology for Medicinal Plants*, pp 295-322, eds. Chandra S., Springer-Verlag, Berlin.
- Brewer, M.S.** 2011. Natural antioxidants: sources, compounds, mechanisms of action and potential applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10: 221-246.
- Chelikani, P., Fita, I., Loewen, P.C.** 2004. Diversity of structures and properties among catalases. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 61: 192-208.
- Choi, J.M., Han, S.S., Kim, H.S.** 2015. Industrial applications of enzyme biocatalysis: current status and future aspects. *Biotechnology Advances*, 33(7): 1443-1454.

- Cronin, T.W., Marshall, N.J., Caldwell, R.L.** 1994. The retinas of mantis shrimps from low-light environments (Crustacea; Stomatopoda; Gonodactylidae). *Journal of Comparative Physiology A*, 174:607–619.
- Demirci, M., Karlı, M.A., Aluç, Y.** 2019. Determining the effects of black cumin seed oil on performance and meat fatty acid profile of broiler chickens. *South African Journal of Animal Science*, 49(5): 888-899.
- Dringen, R., Pawlowski, P.G., Hirrlinger, J.** 2005. Peroxide detoxification by brain cells. *Journal of Neuroscience Research*, 79: 157-165.
- Elofsson, R.** 1965. The nauplius eye and frontal organs in Malacostraca (Crustacea). *Sarsia*, 19: 1–54.
- El-Kholy, W.M., Hassan, H.A., Nour, S.E.** 2007. The role of black seed and/ or bees honey in modulating the heart disorder induced by food additives in male rats. *The Egyptian Journal of Hospital Medicine*, 28: 327 – 341
- Evans, L.H., Fan, A., Finn, S.P., Dawson, S.P., Siva, C.P., Lee, I.R.** 1991. Nutritional status assessment studies in the freshwater crayfish, *Cherax tenuimanus*. In *Aquaculture nutrition workshop Salamander Bay, NSW*, pp. 87-91, eds. Allan, G.L. and Dall, W., NSW Fisheries, Brackish Water Fish Culture Research Station, Salamander Bay, Sydney.
- Faheem, M., Khaliq, S., Mustafa, N., Rani, S., Lone, K.P.** 2020. Dietary *Moringa oleifera* leaf meal induce growth, innate immunity and cytokine expression in grass carp, *Ctenopharyngodon idella*. *Aquaculture Nutrition*, 26: 1164–1172.
- Farhan, N., Salih, N., Salimon, J.** 2021. Physiochemical properties of saudi *Nigella sativa* L. ('Black cumin') seed oil. *Oilseeds and fats, Crops and Lipids*, 28(11): 1-9.
- Fridovich, I.** 1995. Superoxide radical and superoxide dismutases. *Annual Review of Biochemistry*, 64: 97-112.
- Geldiay, R., Kocataş, A.** 1970. Türkiye *Astacus* (Decapoda) populasyonlarının dağılışı ve taksonomik tespiti, *Ege Üniversitesi Fen Fakültesi İlmi Raporlar Serisi*, 94: 3-11.
- Gholamzadeh, M., Hosseini, H., Eskandari, S., Hosseini, E., Gholamzadeh, M.** 2013. Antioxidant activity of black cumin (*Nigella sativa* L.) and black caraway (*Buniumpersicum boiss*) extracts, individually and in combination on chemical changes and sensory properties of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) stored in refrigerator. *Journal of Food Hygiene*, 3 (11): 11-22.
- Gill, S.S., Tuteja, N.** 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, 48: 909-930

- Goddard, J.S.** 1988, Food and feeding. In *Freshwater Crayfis: Biology, Management and Exploitation*, pp. 145–166, eds. Holdich, D.M., Lowery, R.S., Chapman and Hall, London.
- Guler, T., Ertas, O.N., Kızıl, M., Dalkilic, B., Ciftci, M.** 2007. Effect of dietary supplemental black cumin seedson antioxidant activity in broilers. *Medycyna Weterynaryjna*, 63(9): 1060-1063.
- Gurung, N., Ray, S., Bose, S., Rai, V.** 2013. A broader view: Microbial enzymes and their relevance in industries, medicine and beyond. *Biomed. Research International*, 11: 1-18.
- Gutierrez, P., Martinez, J.M., Bravo-Utrera, M.A., Montes, C.** 1999. The status of crayfish populations in Spain and Portugal. In *Crayfish in Europe as Alien Species – How to make the best of a bad situation*, pp. 161-192, eds. Gherardi, F. & Holdich, D.M., Brookfield.
- Gürpınar, G.Ç., Geçgel, Ü., Taşan, M.** 2011. Soğuk presyon tekniği ile üretilen bitkisel yağların özellikleri ve sağlık üzerine etkileri. 7. *Gıda Mühendisliği Kongresi*, Ankara
- Halliwell, B.** 1994. Free radicals, antioxidants and human diseases: curiosity, cause and consequences. *Lancet*, 344:721–724
- Halliwell, B.** 2007. Flavonoids: a re-run of the carotenoids story? Dietary supplements and health. *Novartis Foundation Symposium Chichester*, Wiley, 27 July 2007, pp 93–104 .
- Hamr, P.** 2002. Orconectes. In *Biology of Freshwater Crayfish*, pp. 585-608, eds. Holdich D.M., Blackwell Science.
- Harhoğlu, M.M., Köprücü, K.** 2000, An investigation on the vitamin A2, C, E and β -carotene contents of freshwater crayfish, *Astacus leptodactylus* Eschscholtz. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(2): 277-281.
- Harhoğlu, M.M., Holdich, D.M.** 2001, Meat yields in the introduced crayfish, *Pacifastacus leniusculus* and *Astacus leptodactylus*, from British waters. *Aquaculture Research*, 32: 411-417.
- Harhoğlu, M.M.** 2004. Tatlı su istakozu yetiştiriciliği. Fırat Üniversitesi Yayın Komisyonu Başkanlığı, Elazığ, 86s.
- Harhoğlu, M.M., Barım, Ö., Türkgülü, İ., Harhoğlu, A.G.** 2004. The potential fecundity of an introduced population of freshwater crayfish, *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823). *Aquaculture*, 230: 189-195.
- Harhoğlu, M.M., Güner, U.** 2006. Studies on the recently discovered crayfish, *Austropotamobius torrentium* (Shrank, 1803), in Turkey: morphological analysis and meat yield. *Aquaculture Research*, 37: 538-542.

- Harhoğlu, M.M., Guner, U.** 2007. A new record of recently discovered crayfish, *Austropotamobius torrentium* (Shrank, 1803), in Turkey. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 387: 1-5.
- Herring, P.J., Roe, H.S.J.** 1988. The photoecology of pelagic oceanic decapods. *Symposia of the Zoological Society of London*, 59: 263–290.
- Hristova, M., Penev, M.** 2014. Oxidative stress and cardiovascular diseases. *Trakia Journal of Sciences*, 12(3): 296-303.
- Hobbs, Jr.H.H.** 1988. Crayfish distribution, adaptive radiation and evolution. *In freshwater crayfish: biology, management and exploitation*, pp. 52-83, eds. Holdich, D.M. & Lowery, R.S., Croom-helm, London.
- Hogger, J.B.** 1988. Ecology, population biology and behaviour. *In freshwater crayfish: biology, management and exploitation*, pp. 114-144, eds. Holdich, D.M. & Lowery, R.S., Croom-helm, Cambridge.
- Holdich D.M., Reeve I.D.** 1988. Functional Morphology and Anatomy. *In freshwater crayfish: biology, management and exploitation*, pp. 11-51, eds. Holdich, D.M. & Lowery, R.S., Croom-helm London, Sydney.
- Holthius, L.B.** 1961. Report on a collection of Crustacea and Stamotopoda from Turkey and the Balkans, *Zool. Verhandlungen*, 47: 1-67.
- Hossein, H, Fazly, B.S., Maryam, M.H.** 2007. Antibacterial activity of total extracts and essential oil of *Nigella Sativa* L. seeds in mice. *Pharmacology online*, 2: 429–435.
- Ighodaro, O.M., Akinloye, O.A.** 2018. First line defence antioxidants-superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and glutathione peroxidase (GPX): Their fundamental role in the entire antioxidant defence grid. *Alexandria Journal of Medicine*, 54(4): 287-293.
- İmer, Y., Taşan, M.** 2018. Çeşitli soğuk pres yağların bazı mikro ve makro element içeriklerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(01): 14-25.
- Ismail, N., Ismail, N., Ismail, M.A., Latiff, L., Mazian, M., Mariod, A.A.** 2008. Black cumin seed (*Nigella Sativa* Linn.) oil and its fractions protect against beta amyloid peptide-induced toxicity in primary cerebellar granule neurons. *Journal of Food Lipids*, 15: 519–533.
- Jones, C.M., Ruscoe, I.M.** 1996. Production technology for redclaw crayfish (*Cherax quadricarinatus*). *Final report FRDC project 92/119*. Canberra: Fisheries Research and Development Corporation.

- Jones, P.L., Obst, J.H.** 2000. Effects of starvation and subsequent refeeding on the size and nutrient content of the hepatopancreas of *Cherax destructor* (Decapoda : Parastacidae). *Journal of Crustacean Biology*, 20: 431-441.
- Jussila, J., Mannonen, A.** 1997. Marron (*Cherax tenuimanus*) and noble crayfish (*Astacus astacus*) hepatopancreas energy and its relationship to moisture content. *Aquaculture*, 149: 157-161
- Karuppanapandian, T., Moon, J.C., Kim, C., Manoharan, K., Kim, W.** 2011. Reactive oxygen species in plants: their generation, signal transduction, and scavenging mechanisms. *Australian Journal of Crop Science*, 5(6):709-725.
- Kasap, Y.** 2010. Glutasyon (GSH) düzeyinin plasentada araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 105s.
- Köksal, G.,** 1988. *Astacus leptodactylus* in Europa. In *freshwater crayfish, biology, management and exploitation*, pp. 365-400, eds. Holdich D.M. & Lowery, R.S., Cambridge.
- Kumar, P., Patra, A.K.** 2017. Beneficial uses of black cumin (*Nigella sativa* L.) seeds as a feed additive in poultry nutrition. *World's Poultry Science Journal*, 73(4): 872-885.
- Kurt, N.** 2008. Yaşa bağlı olarak antioksidan enzimlerinin süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) aktivitelerinin ve malondialdehit (MDA) seviyesinin incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Adana, 42 s
- Land, M.F.** 1981. Optics and vision in invertebrates. In *Handbook of sensory physiology*, pp. 471–592, eds. Autrum, H., Springer, New York.
- Latif, M., Faheem, M., Asmatullah, Hoseinifar S.H., Van Doan, H.** 2020. Dietary black seed effects on growth performance, proximate composition, antioxidant and histo-biochemical parameters of a culturable fish, Rohu (*Labeo rohita*). *Animals (Basel)*, 11(1):48.
- Little, D.C., Newton, R.W., Beveridge, M.C.M.** 2016. Aquaculture: A rapidly growing and significant source of sustainable food? Status, transitions and potential. *Proceedings of the Nutrition Society*, 75: 274–286.
- Lobo, V., Patil, A. Phatak, A., Chandra, N.** 2010. Free radicals, antioxidants and functional foods: impact on human health. *Pharmacognosy Reviews*, 4(8): 118–126.
- Love, J., Savino, J.F.** 1993. Crayfish (*Orconectes virilis*) predation on zebra mussels (*Dreissena polymorpha*). *Journal of Freshwater Ecology*, 8: 235-259.

- Lundebye, A.K., Hovea, H., Magea, A., Bohnab, V.J.B., Hamrea, K.** 2010. Levels of synthetic antioxidants (ethoxyquin, butylated hydroxytoluene and butylated hydroxyanisole) in fish feed and commercially farmed fish. *Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*, 27: 1652–1657
- Marklund, S.L.** 1984. Extracellular superoxide dismutase and other superoxide dismutase isoenzymes in tissues from nine mammalian species. *Biochemical Journal*, 222: 649–655.
- Mason, J.C.** 1977. Reproductive efficiency of *Pasifastacus leniusculus* (DANA) in culture. *Freshwater Crayfish*, 3: 101–107.
- MacIsaac, H.J.** 1994. Size-selective predation on zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) by crayfish (*Orconectes propinquus*). *Journal of the North American Benthological Society*, 13: 206–216.
- McClain, W.R.** 1995. Growth of crawfish *Procambarus clarkii* as a function of density and food resources. *Journal of the World Aquaculture Society*, 26: 24–28.
- Meister, A., Anderson, M.E.** 1983. Glutathione. *Annual Review of Biochemistry*, 52: 711–760
- Merel, S., Regueiro, J., Berntssen, M.H.G., Hannisdal, R., Ornsrud, R., Negreira, N.** 2019. Identification of ethoxyquin and its transformation products in salmon after controlled dietary exposure via fish feed. *Food Chemistry*, 289: 259–268.
- Meyer-Rochow, V.B., Kashiwagi, T., Nishimura, K., Eguchi, K.** 1999. Eye phospholipids and fatty acids from taxonomically related Finnish and Japanese crayfish of similar habitats, but separated by 25° of latitude. *Comparative Biochemistry and Physiology*, 123: 47–52.
- Meyer-Rochow, V.B., Benno, V.** 2001. The crustacean eye: dark/ light adaptation, polarization sensitivity, flicker fusion frequency, and photoreceptor damage. *Zoological Science*, 18: 1175–1197.
- Miguel, M.G.** 2010. Antioxidant activity of medicinal and aromatic plants. *Flavour and Fragrance Journal*, 25:291–312.
- Momot, W.T.** 1995. Redefining the role of crayfish in aquatic ecosystems. *Reviews in Fisheries Science*, 3(1): 33–63.
- Niedernhofer, L.J., Daniels, J.S., Rouzer, C.A., Greene, R.E., Marnett, L.J.** 2003. Malondialdehyde, a product of lipid peroxidation, is mutagenic in human cells. *Journal of Biological Chemistry*, 278(33): 31426–31433.

- Nijveldt, R.J., van Nood, E., van Hoorn, D.E.C., Boelens, P.G., van Norren, K., van Leeuwen, P.A.M. 2001. Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential applications. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 74: 418–425.
- Nyström, P., Pérez, J.R. 1998. Crayfish predation on the common pond snail (*Lymnaea stagnalis*): the effect of habitat complexity and snail size on foraging efficiency. *Hydrobiologia*, 368: 201-208.
- Nyström, P. 2002. Ecology. In *biology of freshwater crayfish*, eds. Holdich, D.M., Blackwell Science, Oxford.
- Özer, N., Aksu, Ö., Altınterim, B. 2019. Yem katkı maddesi olarak kullanılan ve farklı yöntemlerle elde edilen çörekotu (*Nigella sativa*) yağının gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) kan parametrelerine etkileri. 2. *Uluslararası GAP Matematik-Mühendislik-Fen ve Sağlık Bilimleri Kongresi*, Adıyaman, Türkiye, 21-23 Haziran 2019.
- Rabell, V.C., Estrada, M.S.L., Jaime, R.C., Ramírez, M.I.N. 2018. Current trends in alternative feed sources for fish culture: a review. *Conference: Current trends in alternative feed sources for fish culture: a review*, November 2018
- Radi, R., Turrens, J.F., Chang, L.Y., Bush, K.M., Crapo, J.D., Freeman, B.A. 1991. Detection of catalase in rat heart mitochondria. *Journal of Biological Chemistry*, 266: 22028-22034
- Ruscoe, I., Jones, P., Jones, C. 2000. Effects of feeding moist and dry diets to redclaw crayfish, *Cherax quadricarinatus*, in tanks. *International Association of Astacology*, 01.Juny.2000.
- Serdar, O. 2017. Tatlı su amfipodu *Gammarus pulex* (L., 1758)'te kadmiyum toksisitesi üzerine sıcaklığın etkisinin belirlenmesi. *Doktora tezi*, Munzur Üniversitesi, Tunceli, 62s.
- Serrano, J., Puupponen-Pimia, R., Dauer, A., Aura, A.M., Saura-Calixto, F. 2009. Tannins: current knowledge of food sources, intake bioavailability and biological effects. *Molecular Nutrition & Food Research*, 53:1–20.
- Shirsath, S., Sonawane, S., Gogate, P. 2012. Intensification of extraction of natural products using ultrasonic irradiations – a review of current status. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 53: 10–13.
- Singh, R.P., Sharad, S., Kapur, S. 2004. Free radicals and oxidative stress in neurodegenerative diseases: relevance of dietary antioxidants. *The Journal, Indian Academy of Clinical Medicine*, 5(3): 218–225.
- Singh, Z., Karthigesu, I.P., Singh, P., Kaur, R. 2015. Use of malondialdehyde as a biomarker for assessing oxidative stress in different disease pathologies: a review. *Iranian Journal of Public Health*, 43(3): 7-16.

- Sooch, B.S., Kauldhar, B.S., Puri, M.** 2016. Types, structure, applications and future Outlook. *In microbial enzyme technology in food applications*, pp. 241–254, eds. Ray, R.C. & Rosell, C.M., CRC Press, Boca Raton.
- Söderbäck, B., Appelberg, M., Odelström, T., Lindquist, U.** 1988. Food consumption and growth of the crayfish *Astacus astacus* L. in laboratory experiments. *Freshwater Crayfish*, 7: 145-153.
- Surai, P.F.** 2006. Selenium in nutrition and health. Nottingham University Press, Nottingham, 43 s.
- Sutli, F.J., Gatlin, D.M., Heinzmann, B.M., Baldisserotto, B.** 2018. Plant essential oils as fish diet additives: benefits on fishhealth and stability in feed. *Reviews in Aquaculture*, 10: 716–726
- Tarlovsky, F.V.** 2013. Role of antioxidants in cancer therapy. *Nutrition*, 29(1):1 5-21.
- Trontelj, P., Yoichi, M. Boris, S.** 2005. Phylogenetic and phylogeographic relationships in the crayfish genus *Austropotamobius* inferred from mitochondrial COI gene sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 34: 212–226.
- Uras, Ş.S., Silahtaroglu, S., İlçim, A., Kökdil, G.** 2010. *Nigella sativa* L.'nın yağ asidi, tokoferol, mineral bileşimi, total fenolik, flavonoit, timokinon miktarı ve antioksidan aktivitesi. *Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi*, 39(3): 173-186.
- URL-1,** 2017. <http://cografyaharita.com/haritalarim/2eturkiye-akarsular-haritasi.png>., 15 Eylül 2021.
- URL-2,** 2021. Türkiye Akarsular Haritası. <https://www.google.com.tr/maps/place/Keban+Baraj%C4%B1+ve+Hidroelektrik+Santrali/@38.8611252,38.9294658,10z/data=!4m5!3m4!1s0x40771f3437a51ff9:0x74c693e8ea5a974a!8m2!3d38.806449!4d38.7561418>, 15 Eylül 2021.
- Wang, L., Weller, C.L.** 2006. Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends in Food Science and Technology*, 17: 300–312.
- Warner, G.F.** 1996. Factors affecting the selection of pond snail prey by signal crayfish. *Freshwater Crayfish*, 11: 194-202.
- Wu, G., Fang, Y.Z., Yang, S., Lupton, J.R., Turner, N.D.** 2004. Glutathione metabolism and its implications for health. *The Journal of Nutrition*, 134(3): 489-92.
- Yakup, K.** 2007. Samsun yöresinde ve mısır ülkesinde yetiştirilen çörekotu (*Nigella sativa* L.) tohumlarının antioksidan aktivite yönünden incelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Dergisi*, 2(2): 197-203.

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.

Yousefi, M., Adineh, H., Reverter, M., Hamidi, M.K., Vatnikov, Y.A., Kulikov, E.V., Hoseinifar, S.H., Van Doan, H. 2021. Protective effects of black seed (*Nigella sativa*) diet supplementation in common carp (*Cyprinus carpio*) against immune depression, oxidative stress and metabolism dysfunction induced by glyphosate. *Fish & Shellfish Immunology*, 109: 12-19.

